

MONTAGEM DE ISOLAMENTO TÉRMICO A BAIXA TEMPERATURA

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

Esta Norma fixa as condições exigíveis na montagem de isolamento térmico em tubulações, vasos de pressão, permutadores de calor, tanques de armazenamento, bombas e turbinas operando a baixa temperatura, utilizando-se de isolantes de poliuretano expandido pré-moldado, projetado ou injetado e/ou isolante de poliestireno expandido pré-moldado, objeto da PETROBRAS [N-1618](#). Esta Norma se aplica a projetos iniciados a partir da data de sua edição e também a instalações/equipamentos já existentes.

2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

PETROBRAS N-2	- Pintura de Equipamento Industrial;
PETROBRAS N-133	- Soldagem;
PETROBRAS N-442	- Pintura Externa de Tubulação;
PETROBRAS N-894	- Isolamento Térmico a Baixa Temperatura;
PETROBRAS N-1205	- Pintura Externa de Tanque;
PETROBRAS N-1375	- Pintura de Esfera e Cilindro para Armazenamento de GLP;
PETROBRAS N-1618	- Material para Isolamento Térmico;
PETROBRAS N-2288	- Tinta Epoxi para Superfície Não Jateada.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as seguintes definições:

3.1 Acessório de Tubulação

É a denominação genérica de válvulas, respiros, purgadores de vapor, tês, tampões, flanges, uniões, reduções, niples, luvas, joelhos e curvas.

3.2 Baixa Temperatura

Toda temperatura de operação abaixo da temperatura média das máximas temperaturas ocorridas nos dois meses mais quentes do ano, o local onde se realizará o isolamento térmico.

3.3 Junta Semicircunferencial

É a região resultante da união de topo entre duas peças isolantes.

3.4 Peça Interferência

Qualquer suporte de escada, de vaso, braçadeira, tubulação ou qualquer peça metálica que se projeta para fora da barreira de vapor.

3.5 Peça Isolante

Calha, bloco, placa, quadrante, ou segmento de isolante pré-moldado.

3.6 Líquido Isolante de Poliuretano

3.6.1 O líquido isolante para geração da espuma de poliuretano deve ser formado pela mistura estequiometricamente balanceada das substâncias químicas do difenilmetano 4,4 diisocianato isômeros e homólogos (MDI) e um poliol com retardante a chama, previamente misturado com um agente de expansão tipo gás refrigerante R-11, ou outro que seja capaz de provocar a expansão durante a polimerização do líquido, e com baixo ponto de ebulição a fim de facilitar sua evaporação para a formação de uma estrutura celular fechada para a espuma.

3.6.2 O poliol a ser adicionado ao líquido isolante deve ser especificado para o tipo de aplicação prevista, por moldagem (fabricação de pré-moldados), projeção ou injeção.

3.6.3 O líquido isolante, sendo composto de isocianatos aromáticos, pode causar irritação às mucosas, pele e aparelho respiratório. Devido a este fato, os locais de trabalho devem ser previamente inspecionados quanto a segurança, ter boa exaustão/ventilação, de forma a manter a concentração desses aromáticos no ar, ao nível máximo de menos que 1 ppm à temperatura ambiente. Os aplicadores devem estar devidamente protegidos contra inalação de vapores, contra contato do líquido com os olhos, pele, evitando a ingestão oral.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Todos os materiais utilizados devem estar de acordo com a PETROBRAS [N-1618](#).

4.2 A aplicação do material isolante deve ser feita com base em procedimento de execução previamente qualificado, elaborado em conformidade com os itens 8.1.1, 8.2.1, 8.3.1, 9.1.1, 9.2.1 e 9.3.1.

4.2.1 Na aplicação feita por projeção, o procedimento de execução deve conter, pelo menos, as seguintes informações:

- a) distância da pistola à chaparia;
- b) pressão de operação da pistola;
- c) relação de mistura entre os componentes da resina;
- d) seqüência de aplicação com a indicação das espessuras por camada, e espessura final isolante;
- e) critérios e métodos para o controle da qualidade do revestimento isolante, e dos materiais constituintes.

4.2.2 Na aplicação feita por injeção, o procedimento de execução deve conter, pelo menos, as seguintes informações:

- a) relação entre o tempo de injeção e o volume do espaço vazio entre a peça a ser isolada e a caixa;
- b) relação de mistura entre os componentes da resina;
- c) posicionamento e número de furos para injeção e/ou respiro (exceto para tanques);
- d) pressão de operação da pistola;
- e) critérios e métodos para o controle da qualidade do revestimento isolante, e dos materiais constituintes.

Nota: No caso de tanques, utilizar a pistola de injeção para fazer o revestimento da mistura dentro do molde.

4.2.3 Na aplicação feita com isolante pré-moldado, o procedimento de execução deve conter, pelo menos, as seguintes informações:

- a) seqüência de aplicação detalhando as condições estabelecidas nesta Norma;
- b) materiais isolantes a serem aplicados (tipo, formato, fabricante e referência comercial);
- c) materiais acessórios tais como selantes, impermeabilizantes, adesivos, cintas, tecidos, indicando características, fabricante e referência comercial;
- d) método de aplicação dos selantes, impermeabilizantes e adesivos, incluindo o método de controle da espessura.

4.3 Os testes hidrostáticos de tubulações, vasos de pressão, permutadores de calor e tanques (inclusive teste de válvula quebra-vácuo) devem ser realizados antes da aplicação do isolante térmico.

4.3.1 Nas emendas dos tubos isolados na oficina, só deve ser aplicado o isolante térmico após os testes hidrostáticos.

4.4 Todas as soldas dos dispositivos de fixação de material isolante devem ser efetuadas de acordo com a PETROBRAS [N-133](#) e com as normas de construção e montagem dos equipamentos e tubulações.

4.5 As superfícies a serem isoladas devem receber preparo de superfície e aplicação de tinta de fundo e de acabamento de acordo com as seguintes normas:

- a) PETROBRAS [N-2](#) - para vasos de pressão;
- b) PETROBRAS [N-442](#) - para tubulações;
- c) PETROBRAS [N-1205](#) - para tanques;
- d) PETROBRAS [N-1375](#) - para esferas.

Nota: As superfícies pintadas devem estar isentas de resíduos oleosos, graxas, umidade e outros materiais estranhos, por ocasião da aplicação do material isolante.

4.6 A superfície externa do isolamento deve manter uma folga mínima de 80 mm com tubulações e 100 mm com equipamentos adjacentes, com vigas estruturais, ou algum obstáculo externo.

4.7 As recomendações técnicas, contidas em catálogos de fabricantes devem ser cumpridas, dando-se especial ênfase às relacionadas às prevenções de acidentes e incêndios.

4.8 O isolamento de acessórios deve ser executado com o mesmo material e espessura usada para o isolamento de tubulação ou de equipamento à qual pertencem (Ver FIGURA 5).

4.9 O início da aplicação do isolante só deve ser permitido após o tempo de secagem para repintura da tinta utilizada na proteção da tubulação, tanque, esfera ou outro equipamento.

4.10 Não devem ser programadas remoções do isolamento com equipamentos, tubulações, ou tanques em operação à baixa temperatura, a fim de preservar as áreas adjacentes isoladas.

4.10.1 Quando da ocorrência de remoção de parte do isolamento em pontos de interesse, para inspeção, a recomposição deve ser executada imediatamente a seguir, antes do retorno à operação.

4.10.1.1 Nos pontos de interesse de inspeção, devem ser instaladas caixas metálicas, conforme FIGURAS 25A e 25B).

4.10.2 Quando a remoção do isolamento for indispensável, e a aplicação for por projeção ou injeção, as partes a serem isoladas devem ser previamente envolvidas por folha de polietileno de 0,20 mm de espessura.

4.11 Durante a aplicação do isolante, deve-se providenciar a completa proteção contra umidade excessiva até que a barreira de vapor seja aplicada.

4.11.1 A barreira de vapor deve ser aplicada, preferencialmente, durante a mesma jornada de trabalho de aplicação do isolante.

4.11.2 A proteção contra intempéries e danos mecânicos deve ser aplicada imediatamente após a secagem da barreira de vapor.

4.12 O isolante projetado e/ou injetado deve ser aplicado quando as condições atmosféricas atenderem aos seguintes requisitos:

- a) umidade relativa do ar menor que 85%;
- b) temperatura ambiente acima de 10°C;
- c) velocidade do vento menor que 9 km/h (válido apenas para a aplicação por projeção);
- d) a temperatura da tubulação ou equipamento deve estar entre 20°C e 50°C.

Nota: Admite-se o uso de cabines para evitar a ação do vento.

4.1.3 As peças isolantes devem estar perfeitas, não sendo tolerados defeitos, tais como, quinas ou extremidades danificadas.

4.13.1 As peças isolantes devem ser preparadas para conformar-se 100% às superfícies onde devem ser aplicadas, bem às peças vizinhas.

4.14 Qualquer dano sofrido pela barreira de vapor deve receber reparos imediatos, para evitar que qualquer umidade penetre no sistema de isolamento.

4.15 Toda peça interferência deve ser isolada com uma espessura igual à do isolante do equipamento ou tubulação e estendendo-se de um comprimento igual a 4 vezes a espessura do isolante, ou no mínimo 300 mm (Ver FIGURA 5).

4.15.1 As peças-interferência devem ser seladas no contato da peça com a barreira de vapor, com selante não-secativo, a fim de evitar a penetração de umidade no isolamento (Ver FIGURA 5).

4.15.2 As peças-interferência do tipo suportes metálicos para tubulação, escadas ou plataformas, devem possuir em posição intermediária a inserção de um bloco de material não-metálico e de baixa condutividade térmica (Ver FIGURAS 23A, 23B e 23C).

4.16 Deve ser evitada a operação de steam-out em tubulações, equipamentos ou tanques que possuam isolamento à baixa temperatura, a fim de preservar o revestimento isolante. Preferencialmente devem ser utilizados gases inertes à temperatura ambiente.

4.17 As madeiras a serem utilizadas nos calços de suportes, blocos de sustentação de costado de tanques, clips de escadas e peça intermediária, devem ser selecionadas entre os tipos indicados nas FIGURAS 23A, 23B e 23C, com o respectivo tratamento preservativo. Alternativamente, quando não houver esforços de cisalhamento, devem ser utilizados materiais sintéticos, tais como: poliuretano de alta densidade (maior que 80 kg/m³) e plásticos de engenharia.

4.18 Para fins desta Norma, o impermeabilizante, o adesivo e o selante secativo podem ser o mesmo produto.

4.19 Alternativamente, os flocos de fibra de vidro podem ser substituídos por flocos de poliuretano.

5 ISOLANTE PRÉ-MOLDADO

5.1 Tubulação - Trecho Reto

5.1.1 A primeira camada isolante deve ser aplicada diretamente sobre a tubulação e as camadas subseqüentes devem ser aplicadas sobre um leito contínuo de selante secativo.

5.1.2 As juntas longitudinais e semicircunferenciais devem ser rejuntadas com selante secativo.

5.1.3 As juntas longitudinais devem ser defasadas de 90° (ou metade da largura no caso de placas ou segmentos) em relação às da camada anterior (Ver FIGURA 1).

5.1.3.1 As juntas semicircunferenciais de peças isolantes das camadas ímpares devem ser desencontradas de um comprimento igual à metade do comprimento da peça e as de camadas pares de um comprimento igual à quarta parte do comprimento da peça da camada anterior (Ver FIGURA 1).

5.1.4 Devem ser previstas juntas de expansão a cada 25 m de comprimento da tubulação, conforme mostrado na FIGURA 2, sendo que a existência de flange ou válvula substitui a junta de expansão.

5.1.5 As peças isolantes devem ser fixadas por meio de fita adesiva filamentosa e sobre a mesma deve ser aplicado arame de aço-carbono galvanizado de bitola BWG-16 para diâmetro de tubulação até 324 mm (12") e cinta de aço inoxidável de 12,7 mm de largura para diâmetros superiores (Ver FIGURA 3). Em isolamento de múltiplas camadas, as camadas internas devem ser fixadas apenas por meio de fita adesiva filamentosa.

5.1.6 Junto aos flanges de tubulações, onde termina o isolamento da linha e inicia o do flange, o acabamento das extremidades das camadas isolantes deve ser feito com selante não-secativo, tendo as camadas um defasamento de 10 mm (Ver FIGURA 4).

5.1.7 A superfície externa da última camada de isolante deve receber uma barreira de vapor constituída de um revetimento impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica, reforçado com tecido de fibra de vidro (Ver PETROBRAS [N-1618](#)) ou de poliéster, da seguinte maneira:

- a) aplicar uma camada de impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica sobre toda a superfície externa do isolante, de tal maneira que se tenha uma espessura mínima seca de 1mm;

- b) aplicar sobre a camada ainda úmida um tecido de fibra de vidro ou de poliéster, sendo que a sobreposição do tecido deve ser de 75 mm;
- c) aplicar outra camada de impermeabilizante, após a cura da primeira, de tal maneira que tenha uma espessura total mínima seca de 3 mm, e apresente um acabamento liso, sem fissuras e não apresente contornos visíveis do tecido.

5.1.7.1 Qualquer irregularidade apresentada, após a aplicação da camada impermeabilizante, deve ser imediatamente corrigida através da aplicação de um outro revestimento adicional.

5.1.8 Deve-se aplicar sobre a barreira de vapor uma proteção contra intempéries e danos mecânicos, constituída pela aplicação de um revestimento de chapa de alumínio corrugado, classe B, tipo II, na espessura de 0,15 mm para tubulações até 324 mm (12”), e 0,40 mm para diâmetros superiores.

5.1.8.1 As chapas de proteção devem ser aplicadas com uma sobreposição de 50 mm tanto circunferencial quanto longitudinal (Ver FIGURA 6).

5.1.8.2 Em trechos verticais ou com inclinação superior a 45°, a chapa superior sempre se sobrepõe à inferior, devendo ser instalados clips “S” para suporte das chapas espaçados de 300 mm, utilizando-se, no mínimo, dois (2) clips defasados de 180°. (Ver FIGURA 6).

5.1.8.3 A sobreposição longitudinal deve ser localizada sempre no sentido de evitar penetração de águas de chuvas ou de outras origens quaisquer.

5.1.8.4 A fixação de chapas deve ser feita com cintas (Ver FIGURA 6), da seguinte forma:

- a) fixar uma cinta no meio de cada sobreposição circunferencial;
- b) intercalar duas outras cintas entre as fixadas nas sobreposições.

Nota: A chapa inicial e final do revestimento deve receber uma cinta a 25 mm do início ou do término do revestimento.

5.1.8.5 As cintas e os selos a serem empregados na fixação das chapas de proteção devem ser de:

- a) alumínio com largura de 12,7 mm para diâmetro externo de revestimento isolante até 324 mm (12”);
- b) aço inoxidável com largura de 12,7 mm, para diâmetro externo do revestimento do isolamento maior que 324 mm (12”).

5.2 Tubulação - Trecho Curvo e Acessórios

5.2.1 No isolamento de trechos curvos e acessórios deve-se utilizar duas peças pré-moldadas ou fabricá-las no canteiro de obra a partir de calhas e segmentos utilizados em trechos retos de tubulação (Ver FIGURA 7).

5.2.2 A aplicação do isolante deve obedecer aos itens 5.1.1, 5.1.2 e 5.1.5.

5.2.3 Em flanges (Ver FIGURA 8) e válvulas (Ver FIGURA 9) o isolamento deve se superpor ao isolamento da tubulação de um comprimento igual à espessura do isolamento da tubulação.

5.2.3.1 As válvulas devem ser isoladas até o nível da gaxeta (Ver FIGURA 9).

5.2.4 Os suportes de tubulação devem ser isolados conforme mostrado, tipicamente, na FIGURA 10.

5.2.5 A barreira de vapor deve ser feita de acordo com o item 5.1.7.

5.2.6 Sobre a barreira de vapor deve ser aplicada uma proteção contra intempéries e danos mecânicos, da seguinte maneira:

- a) aplicar uma camada de massa asfáltica e fixar um envoltório de tecido de fibras de vidro ou poliéster (Ver PETROBRAS [N-1618](#)).
- b) aplicar uma segunda camada de massa asfáltica sobre o tecido de fibra de vidro ou poliéster, após a secagem da primeira camada, de modo que a espessura total mínima seja de 3 mm, quando seca, e tenha um acabamento liso, sem fissuras e não apresente contornos visíveis do tecido.

5.2.6.1 A camada de massa asfáltica deve se prolongar 50 mm sob a chapa de alumínio de proteção, que deve ser fixada depois da secagem da segunda camada de massa asfáltica.

5.3 Tampos de Vasos Cilíndricos Horizontais e Verticais (exceto Tampo Inferior) e Tampo Boleado de Permutadores de Calor

5.3.1 A aplicação de peças isolantes sobre a superfície a ser isolada deve ser iniciada no sentido da parte superior para a inferior do equipamento.

5.3.2 A primeira camada de isolante deve ser fixada, aplicando-se, por pontos, um adesivo de base asfáltica ou elastomérica na peça para fixá-la na superfície do equipamento até a colocação de cintas.

5.3.3 As juntas de topo devem ser desencontradas e (exceto a 1ª camada) rejuntadas com selante secativo.

5.3.4 As cintas devem ser de aço inoxidável com largura de 12,7 mm e espessura de 0,50 mm, colocadas sobre uma fita adesiva filamentosa.

5.3.4.1 A fixação das cintas deve ser feita por meio de selo de aço inoxidável de 12,7 mm de largura e com uma espessura de 0,50 mm.

5.3.5 Aplicar impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica, com uma espessura molhada de 3mm, cobrindo completamente a superfície externa da primeira camada de isolante, inclusive cintas e selos de fixação, não devendo apresentar bolhas ou crateras.

5.3.6 Aplicar a segunda camada de isolante, em cima do revestimento impermeabilizante citado no item 5.3.5, enquanto o mesmo ainda estiver úmido, permitindo com isto a fixação da 2ª camada de isolante.

5.3.6.1 O rejuntamento de juntas de topo deve ser feito com selante secativo, constituindo uma selagem completa de todas as juntas da peça isolante.

5.3.7 A fixação de outras camadas deve seguir o mesmo procedimento citado no item 5.3.6, sendo que a superfície externa da última camada de isolante deve receber uma barreira de vapor de acordo com o item 5.1.7.

5.3.8 A união de isolantes do tampo com o do casco de vasos cilíndricos horizontais ou verticais deve ser feita conforme mostrado nas FIGURAS 11 e 11A.

5.3.9 Nos tampos de vasos de pressão e permutadores de calor, sobre a barreira de vapor, deve-se aplicar uma proteção contra intempéries e danos mecânicos de acordo com o item 5.2.6.

5.3.10 O isolamento de tampos de permutadores deve obedecer ao disposto nas FIGURAS 18 e 19.

5.4 Conexão de Entrada/Saída de Equipamento, Boca de Visita e Conexão de Instrumento

5.4.1 Devem ser isolados, tipicamente, conforme mostrado nas FIGURAS 12 e 13.

5.4.2 A cobertura isolante removível deve ser fixada na superfície externa da camada de isolante do equipamento antes que seja aplicada no equipamento a barreira de vapor e a de proteção contra intempéries.

5.4.2.1 As várias partes que irão compor a cobertura removível devem ser unidas com adesivo de base asfáltica ou elastomérica e os vazios existentes com fibras de vidro em flocos.

5.4.2.2 A cobertura removível deve ser concêntrica em relação à conexão ou boca de visita a ser isolada.

5.4.3 Após a colocação da cobertura removível, deve-se proceder à aplicação da barreira de vapor, devendo ser idêntica e contínua com a do equipamento, bocas de visita ou conexão de instrumentos.

5.4.4 Aplicar uma barreira contra intempéries e danos mecânicos de acordo com o item 5.2.6 ou com chapa de alumínio liso com 1,00 mm de espessura, sendo de 100 mm o prolongamento da barreira sob a chapa de proteção do equipamento.

5.5 Vaso Cilíndrico Horizontal e Permutador de Calor - Casco

5.5.1 As juntas de topo de 2 camadas subseqüentes devem ser defasadas de um comprimento igual à metade do comprimento ou da largura da peça isolante.

5.5.2 A fixação das peças isolantes deve ser feita por meio de cinta de aço inoxidável, largura de 12,7 mm, espessura de 0,50 mm, aplicadas sobre uma fita adesiva filamentosa, utilizando-se 3 (três) cintas por peça isolante, devendo as cintas próximas às extremidades serem distanciadas de 50 mm da junta de topo mais próxima (Ver FIGURA 14).

5.5.2.1 As cintas devem ser fixadas por meio de selos de aço inoxidável de 12,7 mm de largura e espessura de 0,50 mm, sendo que de cada lado do selo, deve ficar uma folga de 100 mm.

5.5.3 A barreira de vapor deve seguir o mesmo procedimento do item 5.1.7.

5.5.4 A barreira contra intempéries e danos mecânicos (Ver FIGURA 14) deve seguir o mesmo procedimento do item 5.1.8, sendo de 75 mm a sobreposição longitudinal e circumferencial.

5.5.4.1 As chapas de proteção devem ser fixadas por meio de três cintas de aço inoxidável, sendo que duas são fixadas no meio das sobreposições circumferenciais e a outra no intervalo. A largura deve ser de 12,7 mm e a espessura de 0,50 mm, sendo fixadas por meio de selos de aço inoxidável aplicados na região de sobreposição longitudinal.

5.5.5 As conexões de entrada/saída e bocas de visita do vaso, bem como conexões de instrumentos, devem seguir o mesmo procedimento do item 5.4.

5.6 Vaso Cilíndrico Vertical - Casco

5.6.1 Aplicam-se para o isolamento deste equipamento o disposto nos itens 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4, 5.3.5, 5.3.6 e 5.3.7.

5.6.2 Os anéis de sustentação para o isolante devem ter espaçamento máximo de 8000 mm e na extremidade superior do equipamento, o último anel deve distar 300 mm da solda do tampo, e na inferior, 600 mm da solda da saia do equipamento. (Ver FIGURA 15).

5.6.2.1 Os anéis de reforço dos vasos devem ser considerados como anéis de sustentação.

5.6.3 Juntas de contração devem ser previstas ao longo da parte inferior de anéis de suporte, sendo de 25 mm a largura da junta. (Ver FIGURA 16).

5.6.3.1 A junta de contração deve se iniciar no casco e prolongar-se até a superfície externa da última camada isolante. (Ver FIGURA 16).

5.6.3.2 O espaço que constitui a junta deve ser preenchido com tiras obtidas de painel de fibra de vidro, densidade de 20 kg/m³, espessura de 50 mm, fortemente comprimida para a espessura da junta de expansão. (Ver FIGURA 16).

5.6.3.3 A cobertura deve ter espessura igual à metade da espessura do isolamento do vaso com largura igual a indicada na FIGURA 16.

5.6.3.4 A fixação da cobertura deve ser feita por meio de selos e cintas de aço inoxidável de 12,7 mm de largura, 0,50 mm de espessura, aplicadas a 25 mm das extremidades superior e inferior da cobertura. (Ver FIGURA 16).

5.6.4 A barreira de vapor do casco deve seguir o mesmo procedimento do item 5.1.7.

5.6.5 As conexões de entrada/saída e bocas de visita do vaso cilíndrico vertical, bem como conexões de instrumentos devem seguir o mesmo procedimento do item 5.4.

5.6.6 A barreira contra as intempéries e danos mecânicos deve seguir o mesmo procedimento do item 5.5.4 (Ver FIGURAS 17A e 17B).

5.6.6.1 O acabamento de chapas de proteção, junto às saias dos vasos, deve estar de acordo com as FIGURAS 17A e 17B.

5.6.6.2 Deve-se usar clips “S” espaçados de 600 mm, a fim de ajudar na fixação das chapas.

5.6.6.3 As chapas de proteção devem ser fixadas por selos e cintas de aço inoxidável, largura 12,7 mm, espessura de 0,50 mm.

5.6.6.4 No ponto médio de cada sobreposição circunferencial de chapas deve haver uma cinta, bem como no meio de cada série horizontal de chapas, sendo que, em nenhuma hipótese, deve haver espaço entre as cintas maior que 450 mm.

5.7 Vaso Cilíndrico Vertical - Saia e Tampo Inferior

5.7.1 A aplicação e fixação do isolante deve seguir o disposto nos itens 5.3.2 e 5.3.3.

5.7.2 Aplicar impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica, com espessura molhada de 3 mm, cobrindo completamente a superfície externa da primeira camada de isolante.

5.7.3 As camadas subseqüentes devem ser aplicadas sobre a camada impermeabilizante citada no item 5.7.2, enquanto a mesma estiver úmida.

5.7.4 Após a aplicação da última camada todo o conjunto deve ser sustentado por cintas, conforme mostrado na FIGURA 17b, recebendo posteriormente a barreira de vapor, como descrito no item 5.1.7.

5.7.5 Aplicar a proteção contra intempéries e danos mecânicos de acordo com o item 5.2.6.

6 ISOLANTE PROJETADO

6.1 Tubulação

Trecho reto (válido somente para dutos).

6.1.1 Os tubos devem ser isolados antes da montagem e, se as juntas forem soldadas ou rosqueadas, deve-se deixar sem revestimento um comprimento de 150 mm a partir das extremidades ou do fim da rosca (Ver FIGURA 20) para permitir a execução de soldas ou acoplamento rosqueado. Se flangeadas, deve ser deixado sem revestimento um comprimento de 1,5 vezes o comprimento do parafuso do flange, a fim de permitir a sua montagem.

6.1.2 Os tubos devem ser isolados segundo a seqüência abaixo:

- a) aplicar o líquido isolante de modo que após a expansão, tenha uma espessura aproximada de 7 mm;
- b) efetuar o teste de controle de qualidade do material expandido;
- c) regularizar a superfície externa do isolante expandido por meio mecânico, tais como usinagem ou lixamento;
- d) executar as alíneas a), b) e c) até a espessura total do isolamento;
- e) revestir a superfície externa da última camada de isolante com uma barreira de vapor constituída por uma camisa de polietileno extrudado diretamente sobre a última camada de isolante, sendo que a gramatura do polietileno deve ser superior a 700g/m;
- f) o acabamento superficial gerado pelo item c) deve ter um aspecto tipo “casca de laranja” sendo que a ondulação máxima admissível será de 5 % da espessura isolante total, acima daquela determinada pelo projeto do equipamento, ou da tubulação.

6.1.2.1 A aplicação do líquido isolante deve ser efetuada em uma câmara fechada, a fim de proteger a operação de aplicação da ação do vento e de outros agentes perturbadores, devendo também serem previstos cuidados especiais para a eliminação de gases tóxicos liberados durante a fase de aplicação.

6.1.2.2 A aplicação referida no item 6.1.2.1 deve ser feita, dando-se ao tubo um movimento helicoidal (rotação e avanço uniformes), fazendo-o passar na câmara onde recebe, por jato de pistola, uma película que, após a expansão, constitui o isolante térmico.

6.1.2.3 As extremidades do isolante devem ser chanfradas a 45° e receberem uma proteção constituída de um revestimento impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica.

6.1.3 Após a acoplagem de tubos, sendo atendidos os itens 4.3 e 4.5, efetuar o isolamento de juntas de acordo com o seguinte procedimento:

- a) aplicar sobre a junta um molde removível;
- b) injetar espuma através de um orifício feito no molde;

- c) remover o molde após a expansão do líquido isolante;
- d) aplicar uma barreira de vapor de acordo com o item 5.1.7, sobrepondo-se de um comprimento de 50 mm a barreira de vapor do tubo.

Nota: Pode-se usar uma luva termo-retrátil em vez de barreira de vapor.

6.1.4 A proteção contra as intempéries e danos mecânicos para tubos deve seguir o mesmo procedimento do item 5.1.8.

6.2 Tubulação - Trecho Curvo, Acessórios e Conexões

6.2.1 A aplicação do líquido isolante deve seguir o procedimento dos itens 6.1.3 e 6.1.2.1 para trechos curvos, curvas de raio longo e item 6.1.3 para os outros acessórios e conexões.

6.2.2 As curvas de raio longo e trechos curvos devem ser isolados individualmente e se as juntas forem soldadas ou rosqueadas, deve-se deixar sem revestimento um comprimento de 150 mm a partir das pontas ou do fim das roscas (Ver FIGURA 21) para permitir a execução de soldas ou acoplamento rosqueado no campo. Se flangeadas, deixa-se sem revestimento 1,5 vezes o comprimento do parafuso do flange, a fim de permitir a sua montagem.

6.2.2.1 Após a acoplagem de curvas de raio longo ou dos trechos curvos, o procedimento para o isolamento de juntas deve ser o prescrito nos itens 6.1.3 e 6.1.4.

6.2.3 Após a aplicação da barreira de vapor deve-se aplicar uma proteção contra intempérie e danos mecânicos, de acordo com o item 5.2.6.

6.3 Esferas, Tampos e Cascos de Vasos Cilíndricos Horizontais, Verticais e Permutadores de Calor

6.3.1 Devem ser tomados os seguintes cuidados antes e depois da aplicação do líquido isolante:

- a) isolar a área periférica ao equipamento;
- b) colocar placas de aviso proibindo fumar, soldar e a aproximação de pessoas estranhas ao serviço;
- c) proteger os equipamentos vizinhos contra a ação de partículas do líquido isolante que está sendo aplicado;
- d) remover totalmente o material projetado e não depositado na superfície a ser isolada;
- e) dimensionar a área do equipamento a ser isolado, de forma a garantir-se que a aplicação da espuma e barreira de vapor preferencialmente seja feita na mesma jornada de trabalho.

6.3.2 A aplicação de líquido isolante e da barreira de vapor deve seguir o procedimento dos itens 6.1.2 a), b), c), d), f) e 5.1.7 com os seguintes acréscimos:

- a) iniciar a aplicação do líquido isolante no sentido descendente;
- b) proteger, preferencialmente, a área isolada numa jornada de trabalho por uma barreira de vapor com uma espessura 50% da total prevista;
- c) sobrepor em 200 mm as barreiras de vapor nas regiões de emenda de duas jornadas de trabalho;
- d) aplicar os 50% restantes da espessura da barreira de vapor, após o final do trabalho de aplicação de todo o isolante.

Nota: Se o impermeabilizante usado na barreira de vapor for de base elastomérica, pode ser dispensado o reforço de fibra de vidro.

6.3.2.1 No caso de tampos deve-se colocar uma proteção contra intempérie e danos mecânicos de acordo com o item 5.2.6.

6.3.3 A cor do impermeabilizante deve ser preferencialmente preta, desde que o dimensionamento da espessura do isolante tenha sido feito com base no ganho de calor (minimizar a condensação).

6.3.3.1 Se usado um impermeabilizante de base elastomérica de cor diferente da preta, e desde que se necessite que a superfície tenha aquela cor preta, devem ser aplicadas duas demãos de tinta compatível com o impermeabilizante usado, com no mínimo 25 micra por demão.

6.4 Conexões de Entrada/Saída de Equipamentos, Bocas de Visita e Conexões de Instrumentos

6.4.1 O isolamento deve obedecer ao mesmo procedimento do item 6.3, tomando-se o devido cuidado para se proteger as partes que não devem ser isoladas.

6.5 Isolamento de Tanques Cilíndricos Verticais

6.5.1 Utilizar FIGURA 24 como desenho típico de montagem da isolação.

6.5.2 As partes devem ser isoladas segundo a seqüência abaixo:

- a) colagem das mestras conforme item 6.5.3;
- b) aplicar o líquido isolante de modo que após a expansão da camada se obtenha uma espessura aproximada de 7 milímetros;
- c) efetuar o teste de controle de qualidade do material expandido, conforme disposto no item 8.2;

- d) regularizar a superfície externa do isolante expandido, utilizando procedimento semelhante ao disposto no item 6.1.2.c);
- e) executar as alíneas a), b), c) e d) até a espessura total especificada para o isolamento;
- f) revestir a superfície externa da última camada projetada, com uma barreira de vapor constituída pela aplicação por meio de air less de película elastomérica não secativa, com espessura final mínima de 2,5 milímetros, preferencialmente logo após a conclusão da aplicação do poliuretano.

6.5.3 A espessura total do isolamento deve ser orientada no campo pela aplicação de mestras trapezoidais, com base maior de 100 mm, base menor 20 mm, altura de 10 milímetros menor que a espessura total prevista para o isolamento, e comprimento de 1000 mm.

6.5.3.1 As mestras devem ser coladas com o próprio líquido isolante, ao costado do equipamento, e imediatamente após, receber uma camada de poliuretano projetada, para fechamento das células da sua superfície externa exposta.

6.5.3.2 As mestras devem ser fabricadas a partir da moldagem em caixa aberta, em poliuretano de mesma densidade e condutividade térmica do isolamento, e cortadas nas dimensões estabelecidas.

6.5.3.3 As mestras formam quadros delimitadores das regiões para aplicação do poliuretano, sendo fixadas com distanciamento na vertical de 1 metro uma da outra, e cinco metros de distanciamento na horizontal, de tal modo a formar um quadro de dimensões aproximadas de 5 x 5 metros.

6.5.4 A projeção do poliuretano deve ser efetuada de cima para baixo, ou seja, do último anel próximo à junção teto-costado, em direção do primeiro anel na junção fundo-costado.

6.5.5 A aplicação do poliuretano deve ser por anel completo, e não em faixas verticais.

6.5.6 Deve ser prevista obrigatoriamente, junto ao 1º anel, uma junta de dilatação, conforme segue:

- a) até uma altura de 1700 milímetros, aplicar uma camada de painel de lã de vidro com espessura de 25,4 mm, e densidade de 40 kg/m³, com facing de alumínio, tendo a junta entre painéis, vedação por meio da colagem com fita de rayon filamentosa de largura mínima de 50 mm;
- b) fixar os painéis com facing para lado externo, na circunferência do costado, pela utilização de quatro cintas de aço inoxidável AISI-304, 12,7 mm de largura com 0,5 mm de espessura, uma na extremidade inferior outra na superior dos painéis, e duas outras ao centro, igualmente espaçadas a partir da parte baixa;
- c) tratamento idêntico deve ser dado às barras de ancoragem do costado;
- d) aplicar o líquido isolante sobre toda a junta de dilatação e barras de ancoragem.

6.5.7 A borda superior do teto, constituída por uma chapa de compressão deve possuir, em toda circunferência, uma barra chata em aço inoxidável AISI 304 de 50,8 mm x 1/8" soldada, que serve para fixação do rufo protetor do isolante.

6.5.8 O ponto inicial de aplicação do líquido isolante, sobre o costado, deve permitir a montagem do rufo sem que ocorram danos no isolamento.

6.5.9 Os acessórios do tanque, tais como bocas de visita, conexões de tubulações, suportes estruturais, devem ser isolados adotando-se o sistema por injeção em caixa fechada, conforme disposto no item 7.2, e na FIGURA 22.

6.5.10 Após a aplicação de toda barreira de vapor, aplicar em todo o costado painéis de lã de vidro de 40 kg/m³ e espessura de 25,4 mm, fixados com cintas de aço inoxidável AISI 304 de 12,7 mm de largura e 0,5 mm de espessura, com as emendas coladas com fita adesiva filamentosa de 50 mm de largura mínima, conforme disposição apresentada na FIGURA 24. Esta camada serve de acomodação da chapa protetora externa em alumínio, a fim de evitar a perfuração do isolamento pelos rebites e fixadores.

6.5.11 Montar a proteção externa, sobre os painéis de lã de vidro, utilizando chapa ondulada em alumínio de 3000 mm x 1473 mm x 0,8 mm x passo 76 mm e altura de onda de 17 mm, com ondulações posicionadas na vertical, cuja fixação deve ser obtida por meio de rebites herméticos.

6.5.12 Na proximidade do teto deve ser utilizada a proteção metálica tipo rufo misto, de 1120 mm x 300 mm liso x 300 mm ondulado x 0,8 mm espessura, fixados por meio de rebites herméticos.

6.5.13 Na proximidade da base de assentamento do tanque, a chapa de proteção deve ser fixada em cantoneira de abas iguais, montada em toda circunferência e hermeticamente selada nas emendas, em alumínio de 38 mm x 38 mm x 1/8" de espessura.

6.5.14 A montagem da proteção externa deve atender ao disposto na FIGURA 24.

6.5.15 A proteção externa deve ser montada anel por anel, a partir da base do tanque em direção ao teto, com amarração por cintas de aço inoxidável AISI 304 de 19 mm de largura e 0,5 mm de espessura, distanciadas na vertical entre 430 mm (mínimo) e 450 mm (máximo), possuindo quatro expansores cada uma. A fixação das chapas deve ser feita através de aplicação de rebites herméticos.

6.5.15.1 Os expansores devem ser compostos de dupla mola senoidal de aço inoxidável AISI 304, conforme a norma PETROBRAS [N-1618](#).