

Projeto de Sistema de Aquecimento Externo de Tubulação, Equipamento e Instrumentação, com Vapor

Procedimento

Esta Norma substitui e cancela a sua 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 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 pelo Órgão da PETROBRAS usuário 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 pelo Órgão da PETROBRAS usuário 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."

CONTEC

Comissão de Normalização
Técnica

SC - 17

Tubulação

Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho - GTs (formados por Técnicos Colaboradores especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelas Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias, são aprovadas pelas Subcomissões Autoras - SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando as Unidades da Companhia e as suas Subsidiárias) e homologadas pelo Núcleo Executivo (formado pelos representantes das Unidades da Companhia e das suas 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.

Sumário

1	Escopo.....	6
2	Referências Normativas	6
3	Termos e Definições.....	6
4	Condições Gerais	9
4.1	Simbologia.....	9
4.2	Identificação	9
4.3	Requisitos Gerais para Sistema de Aquecimento Externo com Vapor	10
4.4	Isolamento Térmico.....	11
4.5	Aquecimento de Tubulação	11
4.5.1	Diâmetros Utilizados para Ramal de Aquecimento	11
4.5.2	Seleção do Sistema de Aquecimento	11
4.5.3	Comprimento Máximo Básico Contínuo de Cada Ramal de Aquecimento	12
4.5.4	Seleção dos Troncos de Suprimento de Vapor e de Recolhimento de Condensado ..	13
4.5.5	Profundidade Total das Bolsas	13
4.5.6	Detalhes de Instalação.....	14
4.5.7	Sistema de Purga.....	14
4.6	Aquecimento Externo de Equipamentos.....	15
4.6.1	Vasos de Pressão	15
4.6.2	Detalhes Típicos das Instalações de Vapor de Aquecimento em Bombas	15
4.6.3	Requisitos Gerais para o Sistema de Purga.....	15
4.7	Aquecimento de Instrumentos	15
4.8	Cálculo do Consumo de Vapor	16
4.9	Cálculo da Capacidade do Purgador	16
4.10	Materiais para Linhas de Aquecimento.....	16
Anexo A	- Figuras.....	17
Anexo B	- Roteiro de Cálculo de Aquecimento de Tubulações por Traço de Vapor	56
B.1	Objetivo	56
B.2	Roteiro.....	56
B.2.1	Calor Fornecido pelo Ramal ao Tubo de Processo (Q_{ST})	56
B.2.1.1	Calor por Radiação do Ramal para o Tubo de Processo (Q_R).....	56

B.2.1.2 Calor por Condução do Ramal para Tubo de Processo (Q_c)	57
B.2.2 Calor Perdido pelo Tubo de Processo ao Ambiente (Q_A).....	59
B.2.2.1 Convecção e Radiação Externa (Q_e)	59
B.2.2.2 Condução no Isolamento Térmico (Q_k)	60
B.2.2.3 Radiação, Condução e Convecção na Camada de Ar entre o Tubo de Processo e o Isolamento Térmico (Q_i).....	61
B.2.3 Perda Direta de Calor para o Ambiente (Q_{DIR})	61
B.3 Consumo De Vapor Em Regime Permanente (C_v)	62
B.4 Lista de Variáveis e Propriedades	62
B.4.1 Variáveis Utilizadas	62
B.4.2 Propriedades Utilizadas	62

Figuras

Figura 1 - Profundidade de Bolsa.....	8
Figura 2 - Identificação de Sistemas de Aquecimento	9
Figura 3 - Identificação de Sistema de Aquecimento em Trecho de Mudança de Número de Linha.....	9
Figura 4 - Identificação de 2 ou Mais Sistemas no Mesmo Suprimento de Vapor	10
Figura 5 - Identificação de Sistema que Aquece Derivação	10
Figura A.1 - Esquema Geral De Aquecimento Por Vapor.....	17
Figura A.2 - Arranjos Típicos de Suprimento de Vapor	18
Figura A.3 - Tomadas Verticais para 2 ou Mais Linhas de Aquecimento Verticais	19
Figura A.4 - Arranjo Típico de Recolhimento de Vapor e Recolhimento de Condensado.....	20
Figura A.5 - Arranjo Típico de Suprimento para Dois Ramais de Aquecimento	20
Figura A.6 - Vapor de Aquecimento para Troncos e Ramais	21
Figura A.7 - Ancoragens Típicas para Linhas de Aquecimento de DN Ø 3/4" e Maiores em Tubos de Aço carbono ou aço inoxidável	22
Figura A.8 - Guias para Linhas de Aquecimento	22
Figura A.9 - Curvas de Expansão (Dilatadores) para Linhas de Aquecimento, Usando Vapor Saturado de Pressões Até 1,7 Mpa (17 Kgf/cm ²)	23
Figura A.10 - Aquecimento De Válvulas	24
Figura A.11 - Aquecimento de Flanges.....	24
Figura A.12 - Detalhe Típico para Aquecimento de Estação de Controle	25
Figura A.13 - Aquecimento de Linhas Horizontais e Verticais com Um Ramal de Aquecimento (RA).....	25

Figura A.14 - Fixações Típicas para Ramais de Aquecimento	26
Figura A.14.1 - Aquecimento com 3 RA (Linhas Horizontais)	26
Figura A.14.2 - Aquecimento com 4 RA (Linhas Verticais).....	26
Figura A.14.3 - Aquecimento com 2 RA (Linhas Horizontais)	26
Figura A.14.4 - Aquecimento com 2 RA (Linhas Verticais).....	26
Figura A.15 - Arranjos de Tubulação	27
Figura A.15.1 - Suprimento de Vapor	27
Figura A.15.2 - Retorno de Condensado	27
Figura A.16 - Instalações Típicas para Aquecimento de Vasos	28
Figura A.17 - Instalação Típica de Vapor de Aquecimento para Bombas.....	29
Figura A.18 - Esquema Aquecimento Comum para Linhas de Pequeno Diâmetro	30
Figura A.19 - Linha de Aquecimento para Válvulas de Controle e Tomadas de Pressão em Linhas Aquecidas.....	30
Figura A.20 - Aquecimento para Medidor de Fluxo - Serviço com Líquido de Selagem	31
Figura A.20.1 - Caso 1	31
Figura A.20.2 - Caso 2	32
Figura A.21 - Aquecimento para Medidor de Fluxo com Caixa de Aquecimento	33
Figura A.22 - Aquecimento para Medidor de Fluxo com Caixa de Aquecimento - Serviços de Vapor (Usado em Regiões com Temperatura Abaixo de 0 °C).....	34
Figura A.23 - Alarme de Nível em Vaso.....	35
Figura A.24 - Controlador de Nível em Vaso	36
Figura A.25 - Controlador e Visor de Nível em "Bridle"	36
Figura A.26 - Visor de Nível Duplo em Vaso.....	37
Figura A.27 - Caixa com Aquecimento a Vapor	38
Figura A.28 - Aquecimento de Ramais para Manômetros	39
Figura A.28.1 - Manômetro Montado a Distância	39
Figura A.28.2 - Manômetro com Sifão (Temperatura Abaixo de 0 °C	40
Figura A.28.3 - Manômetro Comum.....	40
Figura A.29 - Aquecimento para Medidor de Pressão - Serviço com Líquido de Selagem.....	41
Figura A.30 - Ábaco para Cálculo do Aquecimento de Tubulações	42
Figura A.31 - Detalhes de Montagem do Sistema com Perfil de Alumínio	43
Figura A.31.1 - Fixação e Montagem do Conjunto	43

Figura A.31.2 - Montagem Junto a Patins.....	43
Figura A.31.3 - Montagem Junto a Luvas.....	43
Figura A.31.4 - Montagem em Curva ou Acessórios (Tês, Reduções)	44
Figura A.31.5 - Montagem Junto a Soldas Circunferenciais da Tubulação.....	44
Figura A.32 - Geometria do Perfil.....	45
Figura A.33 - Detalhes de Montagem do Sistema com Fita de Alumínio	46
Figura A.33.1 - Montagem em Trecho Reto	46
Figura A.33.2 - Montagem em Válvulas ou Filtros (1 Ramal Reto)	46
Figura A.33.3 - Montagem em Válvulas ou Filtros (1 Ramal Enrolado)	46
Figura A.34 - Montagem da Fita em Configurações Complexas do Ramal de Aquecimento (Exemplo: Ramal em Hélice) 47	
Figura A.35 - Comprimento Máximo Para Ramal 3/4"	48
Figura A.36 - Comprimento Máximo para Ramal 1/2"	49
Figura A.37 - Comprimento Máximo para Ramal 3/4" com Fita ou Perfil de Alumínio	50
Figura A.38 - Comprimento Máximo para Ramal 1/2" com Fita ou Perfil de Alumínio	51
Figura A.39 - Consumo de Vapor para Ramal de 3/4"	52
Figura A.40 - Consumo de Vapor para Ramal de 1/2"	53
Figura A.41 - Consumo de Vapor para Ramal de 1/2" ou 3/4" com Fita ou Perfil de Alumínio	54
Figura A.42 - Instalações Típicas para Aquecimento de Tanque de Enxofre.....	55
Figura B.1 - Passo da Hélice do Traço de Vapor.....	57
Figura B.2 - Dimensões Características De Montagem Da Fita	58
Figura B.3 - Perfil de Alumínio - Perímetro da Fita	59
Figura B.4 - Ângulos de Troca Térmica Direta.....	60

Tabelas

Tabela 1 - Seleção de Sistemas de Aquecimento de Alta Performance	12
Tabela 2 - Diâmetro do Tronco de Suprimento	13
Tabela 3 - Diâmetro do Tronco de Recolhimento de Condensado.....	13

1 Escopo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para a elaboração de projetos de sistemas de aquecimento externo de tubulações, equipamentos e instrumentos, utilizando-se vapor d'água, destinados às unidades industriais, compreendendo instalações de perfuração e produção terrestres e em plataformas marítimas, áreas de processo, áreas de utilidades, parques de armazenamento, terminais, bases de provimento, instalações auxiliares e estações de oleodutos.

1.2 Esta Norma não se aplica aos projetos de outros tipos de sistemas de aquecimento, tais como: aquecimento por camisa externa de vapor e aquecimento elétrico.

1.3 Esta Norma se aplica a projetos para a PETROBRAS, 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 desta Norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes dos referidos documentos (incluindo emendas).

PETROBRAS [N-58](#) - Símbolos Gráficos para Fluxogramas de Processo e de Engenharia;

PETROBRAS [N-59](#) - Símbolos Gráficos para Desenhos de Tubulação;

PETROBRAS [N-75](#) - Abreviaturas para os Projetos Industriais;

PETROBRAS [N-76](#) - Materiais de Tubulação Para Instalações de Refino e Transporte;

PETROBRAS [N-116](#) - Sistemas de Purga de Vapor em Tubulações e Equipamentos;

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

PETROBRAS [N-381](#) - Execução de Desenho e Outros Documentos Técnicos em Geral;

PETROBRAS [N-550](#) - Projeto de Isolamento Térmico a Alta Temperatura;

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

PETROBRAS [N-1931](#) - Tubulação Para Instrumentação.

3 Termos e Definições

Para os propósitos desta Norma são adotados os termos e definições indicadas em 3.1 a 3.18.

3.1

aquecimento externo

aquecimento utilizando-se tubos com vapor d'água dispostos externamente à tubulação, equipamento ou instrumento a ser aquecido

3.2

temperatura de equilíbrio

temperatura do equipamento ou tubulação, para determinadas condições ambientais, em regime permanente e na condição de inexistência de fluxo de produto. A temperatura de equilíbrio é obtida quando o calor fornecido pelo sistema de aquecimento se iguala ao calor perdido para o ambiente

3.3

Sistema de Aquecimento (SA)

sistema constituído pelos ramais de suprimento, aquecimento e sistema de purga

3.3.1

sistema de aquecimento convencional

sistema para o qual a transferência de calor se dá, basicamente, por contato direto do ramal de aquecimento com a tubulação

3.3.2

sistemas de aquecimento de alta performance

sistemas para os quais a transferência de calor do ramal de aquecimento para a tubulação é significativamente aumentada, possibilitando obter-se temperaturas mais próximas à do vapor. Destacam-se: sistema com perfil de alumínio e sistema com fita de alumínio

3.4

ramal de aquecimento ou traço de vapor

linha de pequeno diâmetro, disposta externamente à tubulação ou equipamento, com a função de promover o aquecimento da tubulação ou equipamento (ver Figura A.5)

3.4.1

ramal de aquecimento reto

apresenta configuração reta e paralela à tubulação

3.4.2

ramal de aquecimento helicoidal

apresenta configuração em forma de hélice, enrolado externamente à tubulação ou equipamento

3.5

tronco principal de vapor

tubulação de onde são alimentados os sistemas de aquecimento com vapor (ver Figura A.1)

3.6

tronco principal de condensado

tubulação para onde é descarregado o condensado coletado pelos troncos de recolhimento de condensado (ver Figura A.1)

3.7

ramal principal de vapor

tubulação de interligação entre o tronco principal de vapor e o tronco de suprimento de vapor (ver Figura A.1)

3.8

tronco de suprimento de vapor

tubulação de onde são alimentados os diversos ramais de aquecimento de vapor (ver Figura A.1)

3.9

ramal de suprimento

tubulação intermediária que interliga o tronco de suprimento a ramais de aquecimento (ver Figura A.1)

3.10

ramal de condensado

linha de pequeno diâmetro que transfere o condensado coletado no sistema de purga para o tronco de recolhimento ou tronco principal de condensado (ver Figura A.1)

3.11

tronco de recolhimento de condensado

tubulação para onde é descarregado o condensado pelos sistemas de aquecimento (ver Figura A.1)

3.12

Vapor de Aquecimento (VA)

vapor d'água saturado ou superaquecido que se constitui no fluido de aquecimento

3.13

sistema de purga

ver PETROBRAS [N-116](#)

3.14

perfil de alumínio

peça perfilada, fabricada por extrusão, utilizada para acoplar o ramal de aquecimento à tubulação, de forma a aumentar a troca de calor por condução térmica (ver Figura A.32)

3.15

fita de alumínio

fita de largura 1/2" ou 3/4" e espessura 0,5 mm, disposta em forma de hélice externamente à tubulação e ramal de aquecimento, de forma a aumentar a troca térmica por condução e radiação (ver Figura A.33)

3.16

massa termocondutora

massa de alta condutividade térmica utilizada para incrementar a transferência de calor por condução, entre 2 superfícies (ver 4.5.2.4)

3.17

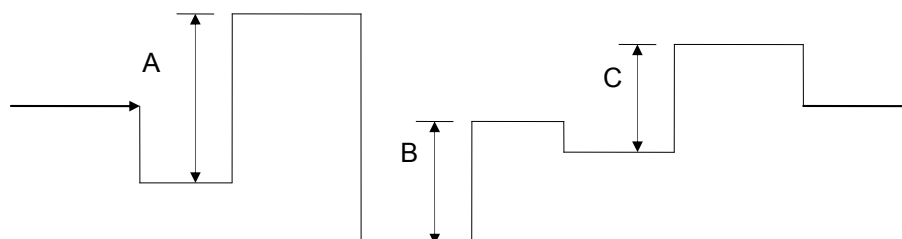
comprimento básico contínuo de um ramal de aquecimento

comprimento de tubo medido desde a válvula de bloqueio até o purgador

3.18

profundidade de bolsa

compreende-se como a distância vertical, medida entre pontos baixos e altos sucessivos em um ramal de aquecimento, no sentido do fluxo, conforme Figura 1



NOTA: PROFUNDIDADE TOTAL DAS BOLSAS = A + B + C

Figura 1 - Profundidade de Bolsa

4 Condições Gerais

4.1 Simbologia

4.1.1 Toda linha aquecida por vapor de aquecimento deve ser representada pelos símbolos e abreviaturas constantes das PETROBRAS N-58, N-59 e N-75.

4.1.2 Com relação a equipamentos e a instrumentos aquecidos, para os quais não existam símbolos nas normas citadas no 4.1.1, deve ser feita a indicação dos símbolos que venham a ser utilizados em todos os documentos (tais como: fluxogramas de engenharia, plantas de tubulação e folhas de dados) onde os equipamentos e instrumentos aquecidos apareçam.

4.2 Identificação

4.2.1 A identificação de um sistema de aquecimento (SA) em plantas de tubulação deve ser conforme a Figura 2.

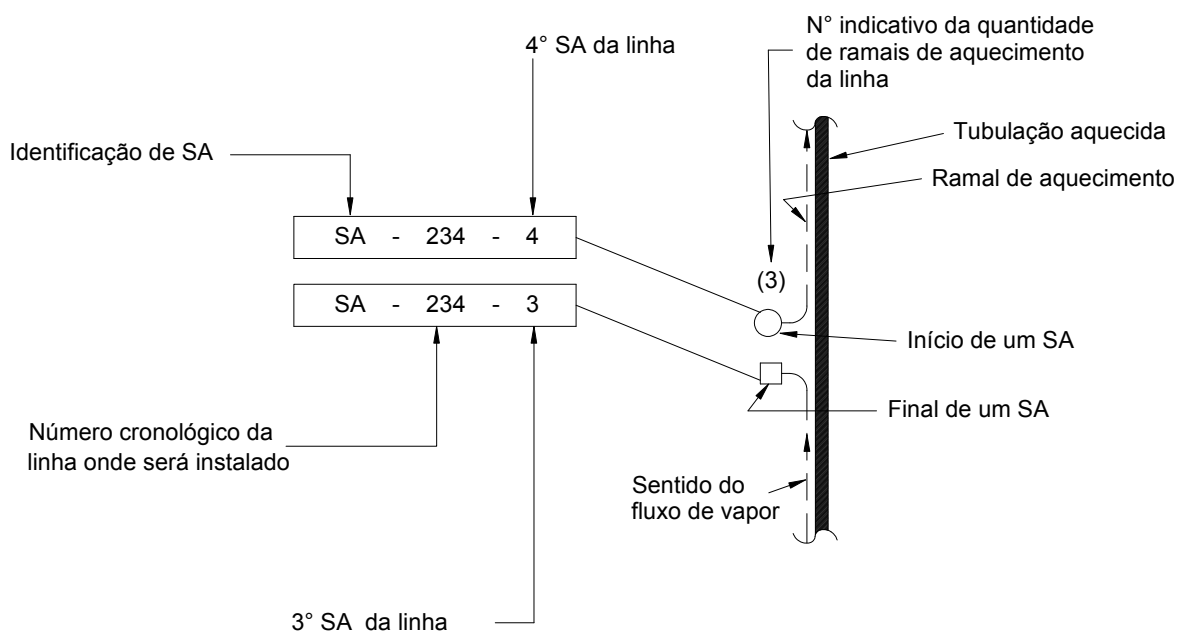


Figura 2 - Identificação de Sistemas de Aquecimento

4.2.2 Sempre que uma tubulação aquecida mudar de número, o número do SA continua inalterado até o ramal de condensado. Desse ponto em diante deve receber o número de outra linha conforme a Figura 3.

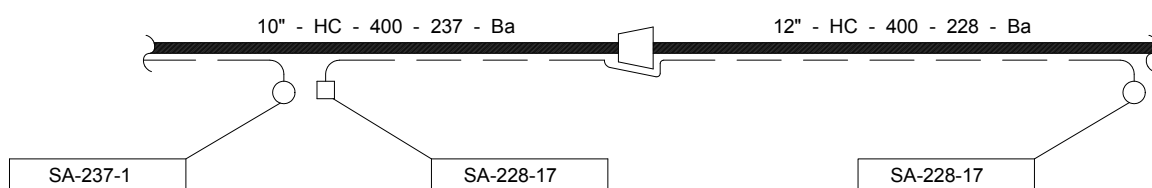


Figura 3 - Identificação de Sistema de Aquecimento em Trecho de Mudança de Número de Linha

4.2.3 Quando se instalar 2 ou mais sistemas no mesmo suprimento de vapor, deve-se fazer a identificação conforme o exemplo da Figura 4.

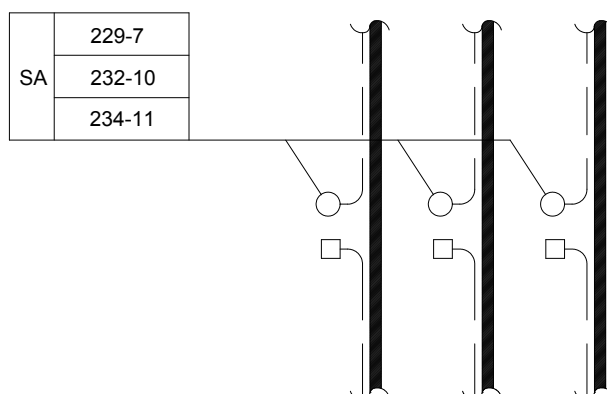


Figura 4 - Identificação de 2 ou Mais Sistemas no Mesmo Suprimento de Vapor

4.2.4 Quando um sistema de uma determinada linha aquecer também uma derivação, deve ser indicada a quantidade de sub-ramais que aquecem a derivação, conforme Figura 5.

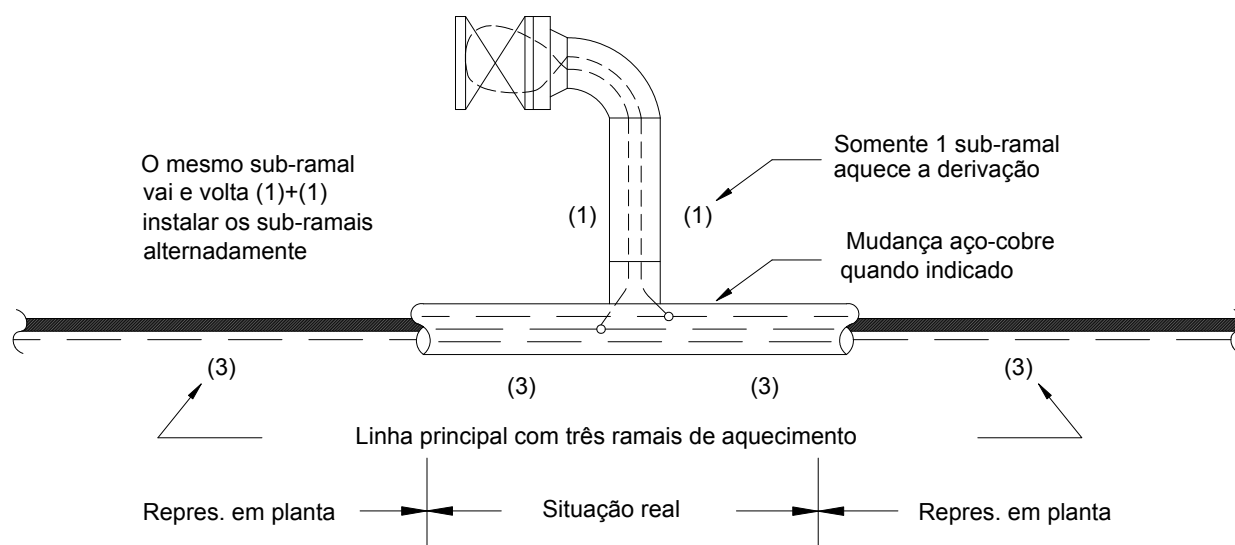


Figura 5 - Identificação de Sistema que Aquece Derivação

4.2.5 Deve ser feita uma lista dos sistemas de aquecimento, em formulário próprio, respeitando a PETROBRAS N-381. O modelo é apresentado no Anexo C.

4.3 Requisitos Gerais para Sistema de Aquecimento Externo com Vapor

4.3.1 Não deve ser utilizada conexão roscada nas ligações. Utilizar solda de topo com o processo "TIG" ou solda de encaixe. Em sistemas passíveis de desmontagem utilizar flanges.

4.3.2 Utilizar aço-carbono em todo o sistema, a exceção dos casos em que for tecnicamente conveniente o uso de tubo de aço carbono ou de aço inoxidável. Observar o limite admissível de pressão X temperatura para tubos de aço carbono ou aço inoxidável conforme padronização Xb da PETROBRAS N-76.

4.3.3 No caso de conformação e mudança de direção de tubo de aço-carbono, curvar a quente com areia, com raio de curvatura mínimo igual a 5 vezes o diâmetro externo do tubo.

4.3.4 O arranjo dos tubos ao redor de válvulas, bombas, etc., deve permitir sua remoção sem a necessidade de remoção do aquecimento.

4.3.5 Na alimentação das linhas de aquecimento (vapor e condensado) devem ser instalados suspiros em todos os pontos altos e drenos em todos os pontos baixos que não possuem purgadores, mesmo que não sejam indicados no projeto.

4.4 Isolamento Térmico

4.4.1 As tubulações, equipamentos e instrumentos aquecidos devem ser isolados para a conservação de calor, em conjunto com as linhas de aquecimento.

4.4.2 Os materiais para isolamento a serem utilizados estão previstos na PETROBRAS [N-1618](#) em função da sua melhor aplicação.

4.4.3 A montagem do isolamento deve estar de acordo com a PETROBRAS [N-250](#). Deve-se garantir a inexistência de materiais de isolamento térmico entre o ramal de aquecimento e a tubulação.

4.4.4 A espessura do isolamento deve ser determinada pela PETROBRAS [N-550](#). Em casos específicos, a espessura pode ser calculada e definida em função do sistema de aquecimento utilizado, de forma a permitir a economia decorrente de uma possível redução do número de ramais de aquecimento.

4.5 Aquecimento de Tubulação

4.5.1 Diâmetros Utilizados para Ramal de Aquecimento

Os diâmetros utilizados para ramais de aquecimento devem ser de 3/8" para aço carbono ou aço inoxidável, 1/2" para aço inoxidável (OD) e 1/2" e 3/4" para aço-carbono.

4.5.2 Seleção do Sistema de Aquecimento

O sistema de aquecimento deve ser especificado de forma a se obter a temperatura de equilíbrio requerida.

4.5.2.1 Sistema de Aquecimento Convencional com Ramais Retos

A seleção dos diâmetros e quantidades de ramais de aquecimento deve ser feita utilizando-se a metodologia de cálculo do Anexo B ou através do ábaco da Figura A.30.

4.5.2.2 Sistema de Aquecimento Convencional com Ramal Helicoidal

Usar tubos de aço carbono ou de aço inoxidável, conforme o 4.5.1.

Deve ser utilizado em tubulações de pequeno diâmetro (até 2"), que apresentam muitas mudanças de direção e acessórios, bem como em válvulas. O passo de hélice é definido utilizando-se a metodologia de cálculo do Anexo B.

Deve ser utilizado em tubulações de grande diâmetro (igual e acima de 24") bem como em válvulas. O passo de hélice é definido utilizando-se a metodologia de cálculo do Anexo B.

4.5.2.3 Sistemas de Aquecimento de Alta Performance

Devem ser utilizados nos casos em que se deseja reduzir o número de ramais de aquecimento, principalmente para produtos de alta viscosidade. Para a escolha do tipo de sistema de alta performance, consultar Tabela 1.

NOTA 1 Número de ramais para os sistemas de alta performance deve ser determinado de acordo com a metodologia de cálculo do Anexo B. Como aproximação, pode-se considerar o número de ramais igual à metade do número definido pelo ábaco da Figura A.30.

NOTA 2 Em trechos longos, como em tubovias, recomenda-se o uso do sistema com perfil de alumínio. Deve-se garantir um bom acoplamento do perfil de alumínio com o ramal e a tubulação a ser aquecida. A geometria do perfil, bem como detalhes de montagem estão mostrados nas Figuras A.31 e A.32. **[Prática Recomendada]**

NOTA 3 Em curvas, conexões e acessórios, onde a montagem do sistema com perfil é inviável, o sistema deve ser complementado com o uso da fita de alumínio.

NOTA 4 Para o sistema com fita, recomenda-se o recobrimento total da tubulação e ramal. Os detalhes de montagem estão mostrados na Figura A.33. Para configurações complexas do ramal de aquecimento, onde é difícil o recobrimento total, adotar o esquema de montagem indicado na Figura A.34. **[Prática Recomendada]**

NOTA 5 Para sistemas de alta performance o diâmetro do ramal de aquecimento deve ser de 1/2".

Tabela 1 - Seleção de Sistemas de Aquecimento de Alta Performance

Configuração		Sistema recomendado
$\varnothing \leq 4"$	Trechos curtos	Fita
	Trechos longos	Fita ou perfil
$\varnothing \geq 6"$	Trechos curtos e com muitas curvas	Fita
	Trechos longos	Perfil
Válvulas, filtros, potes de selagem	-	Ramal helicoidal de aço carbono ou aço inoxidável ou opcionalmente fita
Curvas, conexões, e acessórios	-	Fita

4.5.2.4 A massa termocondutora não deve ser usada, visto que perde eficácia ao longo do tempo.

4.5.2.5 Para o aquecimento de válvulas, filtros ou acessórios, com produtos de alta viscosidade, utilizar sistema de aquecimento helicoidal ou, opcionalmente, sistema com fita de alumínio.

4.5.3 Comprimento Máximo Básico Contínuo de Cada Ramal de Aquecimento

O comprimento máximo básico contínuo de cada ramal de aquecimento deve ser determinado pelos gráficos das Figuras A.35 a A.38.

4.5.3.1 No caso de projetos em tubovias com 2 ou mais tubulações aquecidas em paralelo, padronizar o comprimento, utilizando o menor valor obtido para cada linha individualmente, a fim de reduzir o número de estações de purga.

4.5.3.2 Para sistemas com baixa pressão de vapor (menor que $3,0 \text{ kgf/cm}^2$), verificar o comprimento máximo em função da capacidade do purgador selecionado. O comprimento é igual à capacidade dividida pelo consumo por unidade de comprimento conforme o 4.8.

4.5.3.3 Para cada curva empregada, o comprimento máximo básico contínuo deve ser reduzido em 0,50 m.

4.5.3.4 Reduções no diâmetro são aceitáveis para aquecimento de instrumentos ou pequenos equipamentos. Nesse caso, deve ser observada uma redução de comprimento da linha para compensar a perda de capacidade pela diminuição do diâmetro.

4.5.4 Seleção dos Troncos de Suprimento de Vapor e de Recolhimento de Condensado

4.5.4.1 O diâmetro do tronco de suprimento de vapor deve obedecer a Tabela 2.

Tabela 2 - Diâmetro do Tronco de Suprimento

Número de Ramais de Aquecimento			Diâmetro do Tronco Suprimento
DN 3/8"	DN 1/2"	DN 3/4"	
1 a 2	1	-	1/2"
3 a 5	2 a 4	1	3/4"
6 a 8	5 a 6	2 a 3	1"
09 a 18	7 a 12	4 a 7	1 1/2"
19 a 28	13 a 16	8 a 11	2"
-	-	12 a 16	3"
NOTA 1 Os ramais de aquecimento devem ser selecionados conforme o 4.5.2. NOTA 2 Para DN de ramais de aquecimentos heterogêneos, considerar as seções e reduzir a um único número de DN equivalente. NOTA 3 Pode ser utilizada para determinar diâmetro do ramal de suprimento. [Prática Recomendada] NOTA 4 Para sistema de alta performance o diâmetro do tronco deve ser selecionado conforme Tabela 2 com o dobro do número de ramais.			

4.5.4.2 Para a seleção do diâmetro mínimo do tronco de recolhimento de condensado, deve ser usada a Tabela 3.

Tabela 3 - Diâmetro do Tronco de Recolhimento de Condensado

Número de purgadores	Diâmetro do tronco de condensado
1 a 2	3/4"
3 a 5	1"
6 a 15	1 1/2"
16	2"

4.5.5 Profundidade Total das Bolsas

4.5.5.1 A profundidade total das bolsas não deve ultrapassar 20 % da altura manométrica equivalente à pressão do vapor ($PTB_{[m]} < 2 \times P_{\text{vapor}}_{[kgf/cm^2]}$).

4.5.5.2 A profundidade das bolsas consideradas individualmente não deve ultrapassar 5 % da altura manométrica equivalente à pressão de vapor ($PB_{[m]} < 0,5 \times P_{vapor_{[kgf/cm^2]}}$).

4.5.6 Detalhes de Instalação

4.5.6.1 Devem ser instaladas válvulas de bloqueio nos pontos de conexão com os troncos de suprimento de vapor e recolhimento de condensado, a fim de que o sistema de aquecimento possa ser liberado sempre que necessário.

4.5.6.2 Devem ser usados preferencialmente “manifolds” compactos de suprimento de vapor e recolhimento de condensado.

4.5.6.3 Deve ser usado, sempre que possível tubos curvados, reduzindo o uso de conexões a um valor mínimo.

4.5.6.4 Os efeitos dos movimentos de expansão dos ramais de aquecimento devem ser controlados por restrições e dilatadores, conforme indicado na Figura A.9. Para absorver os movimentos de expansão devem ser deixadas folgas nas aberturas por onde os dilatadores saem do isolamento. Deve ser aproveitada a presença de flanges e válvulas para a instalação de dilatadores.

4.5.6.5 Os ramais de aquecimento retos devem ser fixados a cada intervalo de 1 m, através de fitas de aço largura 12,7 mm x 0,5 mm espessura ou arame BWG 16, de aço galvanizado e recozido, conforme a PETROBRAS [N-1618](#). Para ramais com perfil de alumínio, utilizar sempre fita de aço.

4.5.6.6 A posição do ramal de aquecimento está indicada nas Figuras A.13 e A.14. No caso específico de um ramal, deve ser fixado na geratriz inferior do tubo.

4.5.6.7 Linhas de DN até 1 1/2”, a serem aquecidas, podem ser agrupadas e isoladas em um único bloco de aquecimento, como na Figura A.18. Linhas de DN 2” e maiores sempre devem ser aquecidas individualmente. **[Prática Recomendada]**

4.5.6.8 Cada ramal de aquecimento deve ter sua válvula de bloqueio, colocada o mais próximo possível do tronco de suprimento de vapor.

4.5.6.9 Para ramais de aquecimento de aço-carbono ver Figuras A.10 e A.11.

4.5.6.10 Somente devem ser previstos flanges, nos ramais de aquecimento, junto a válvulas quando estritamente necessário. (Ver Figura A.10).

4.5.6.11 Os arranjos típicos de tubulação de suprimento de vapor e recolhimento de condensado são apresentados nas Figuras A.2 a A.6, A.12 e A.15.

4.5.7 Sistema de Purga

Para detalhes de instalação do sistema de purga, deve ser consultada a PETROBRAS [N-116](#).

4.6 Aquecimento Externo de Equipamentos

4.6.1 Vasos de Pressão

4.6.1.1 Os vasos que necessitem aquecimento externo devem ser aquecidos, preferencialmente, com tubos de aço carbono ou aço inoxidável em disposição helicoidal. O isolamento deve obedecer ao 4.4.

4.6.1.2 Devem ser indicados na folha de dados do equipamento e fluxogramas o diâmetro da linha de aquecimento, a área coberta pelo aquecimento e as características do isolamento.

4.6.1.3 Detalhes típicos de instalações para aquecimento de vasos encontram-se na Figura A.16.

4.6.2 Detalhes Típicos das Instalações de Vapor de Aquecimento em Bombas

4.6.2.1 Os detalhes típicos das instalações de vapor de aquecimento em bombas encontram-se na Figura A.17, podendo também ser empregado o sistema de aquecimento helicoidal.

4.6.2.2 As tubulações de sucção, descarga e a carcaça da bomba devem ter ramais de aquecimento independentes.

4.6.2.3 A linha de aquecimento deve ser colocada junto à carcaça da bomba e presa por meio de arames ou cliques.

4.6.2.4 Os flanges devem ser colocados de modo que a remoção da bomba não seja dificultada pelo sistema de aquecimento.

4.6.3 Requisitos Gerais para o Sistema de Purga

Os requisitos gerais para o sistema de purga (subseção 4.5.7) também são aplicáveis ao aquecimento de equipamentos.

4.6.4 Aquecimento interno de tanque de enxofre

Os detalhes típicos para aquecimento de tanque de enxofre devem ser conforme Figura A.42.

4.7 Aquecimento de Instrumentos

4.7.1 Os requisitos gerais para linhas com vapor de aquecimento se aplicam também a instrumentos, com as exceções abaixo:

- a) indicadores de nível devem ser aquecidos com tubos de aço carbono ou de aço inoxidável, conforme 4.5.1;
- b) linhas de medidores de fluxo devem ser aquecidas com tubos de aço carbono ou de aço inoxidável, conforme 4.5.1.

4.7.2 Linhas de pequenos diâmetros, para instrumentos, podem ser agrupadas e isoladas conforme 4.5.6.7. **[Prática Recomendada]**

4.7.3 Os detalhes típicos das instalações de aquecimento de instrumentos podem ser vistos nas Figuras A.12, A.19 a A.29.

4.8 Cálculo do Consumo de Vapor

O consumo de vapor, em kg/h, de um ramal é igual ao consumo por unidade de comprimento dado nas Figuras A.39, A.40 e A.41, multiplicado pelo comprimento do ramal em metro.

4.9 Cálculo da Capacidade do Purgador

A capacidade é determinada através da curva do fabricante em função da pressão diferencial entre os pontos a montante e a jusante do purgador.

Devem ser usados os purgadores qualificados e aprovados conforme a PETROBRAS [N-116](#). Caso a capacidade do purgador seja ultrapassada, o ramal deve ser dividido.

4.9.1 A pressão a jusante é igual à pressão atmosférica ou à pressão da linha de retorno de condensado.

4.9.2 A pressão a montante é igual à pressão do vapor menos a perda de carga máxima esperada no ramal.

4.9.3 Para os comprimentos de ramal obtidos conforme o 4.5.3 e considerando a profundidade máxima das bolsas conforme o 4.5.5.1, a perda de carga pode ser estimada pela seguinte fórmula:

$$\Delta P_{[\text{kgf} / \text{cm}^2]} = 0,286 \times P_{\text{vapor}} + 0,38$$

4.10 Materiais para Linhas de Aquecimento

Os materiais para linhas de aquecimento devem ser conforme a PETROBRAS [N-116](#).

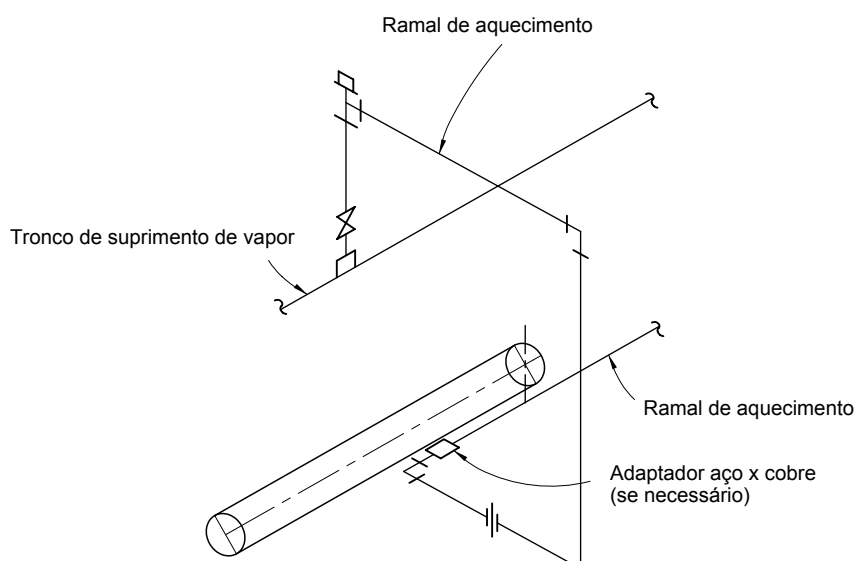
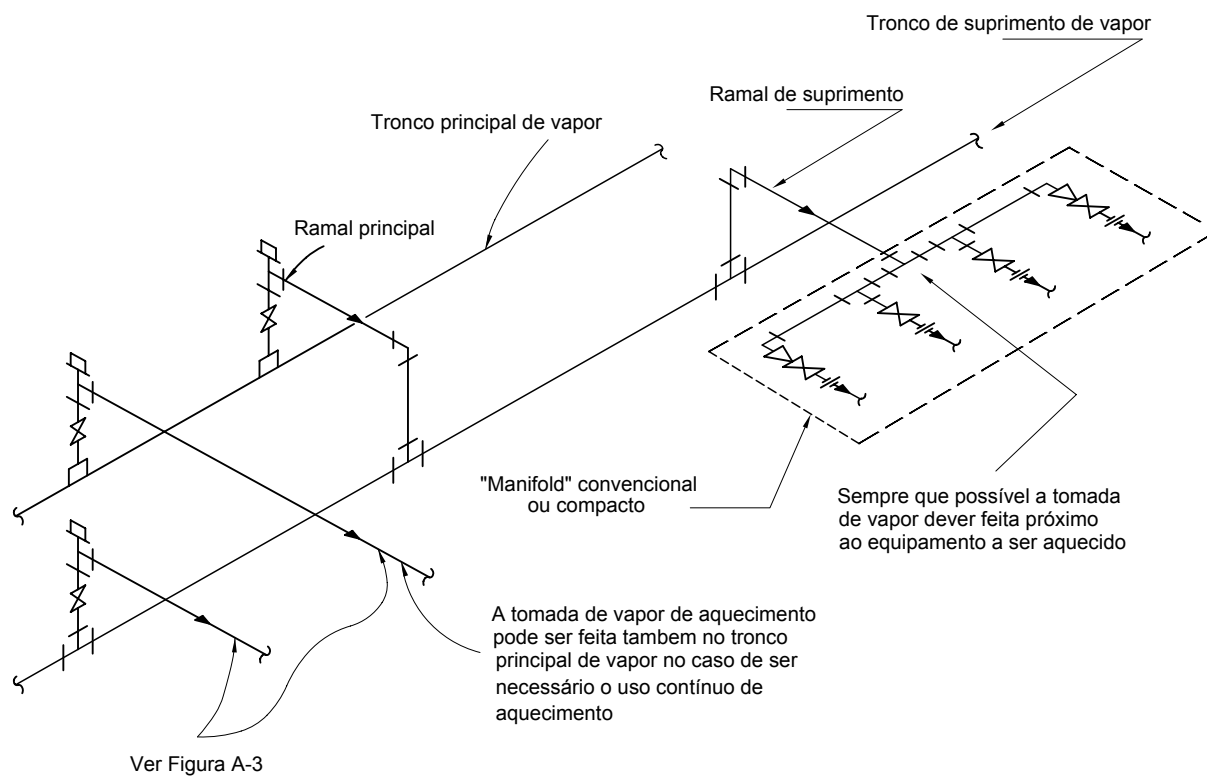


Figura A.2 - Arranjos Típicos de Suprimento de Vapor

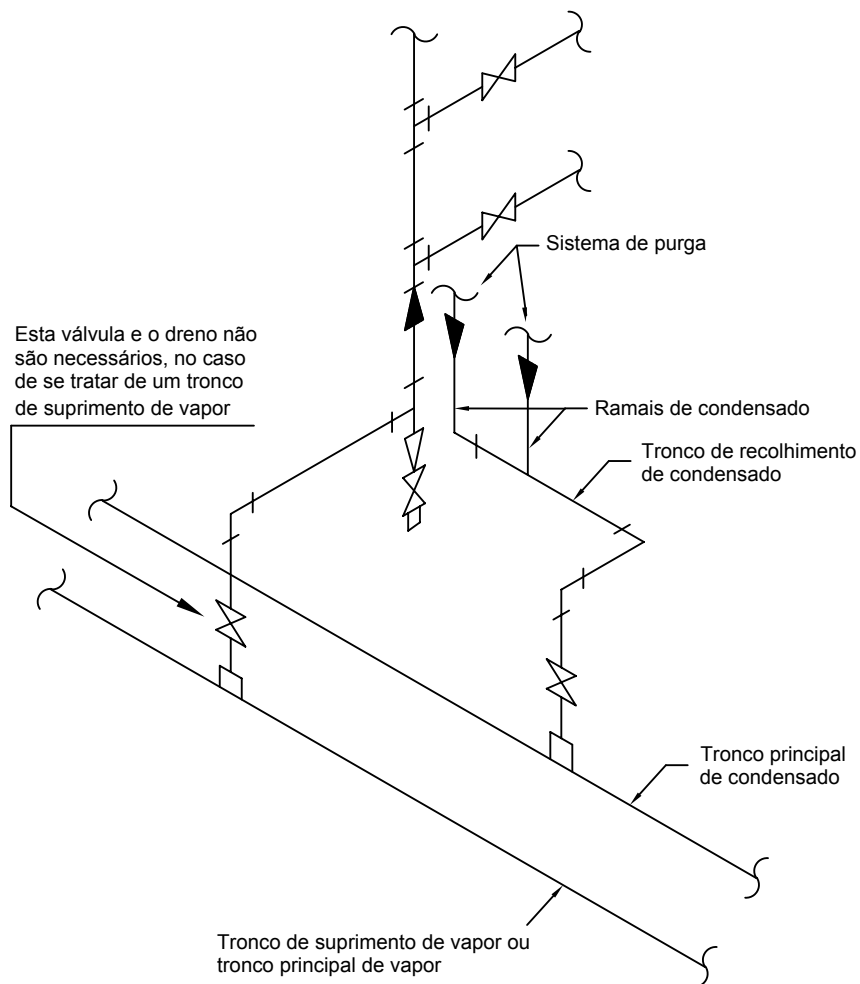


Figura A.3 - Tomadas Verticais para Duas ou mais Linhas de Aquecimento Verticais

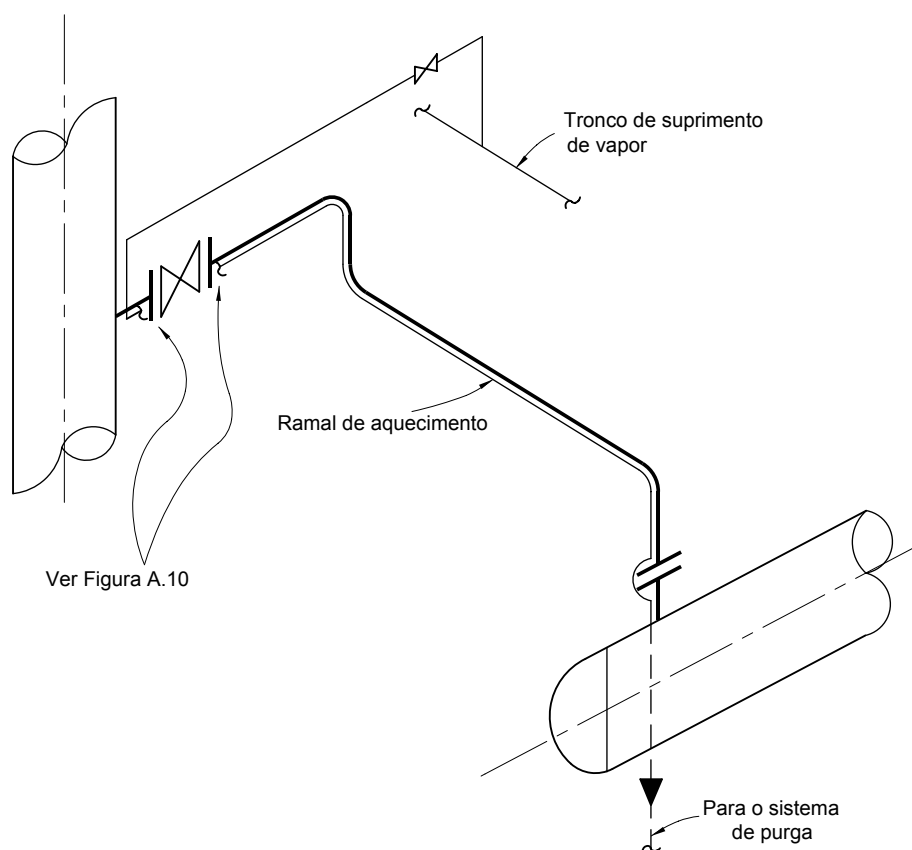


Figura A.4 - Arranjo Típico de Recolhimento de Vapor e Recolhimento de Condensado

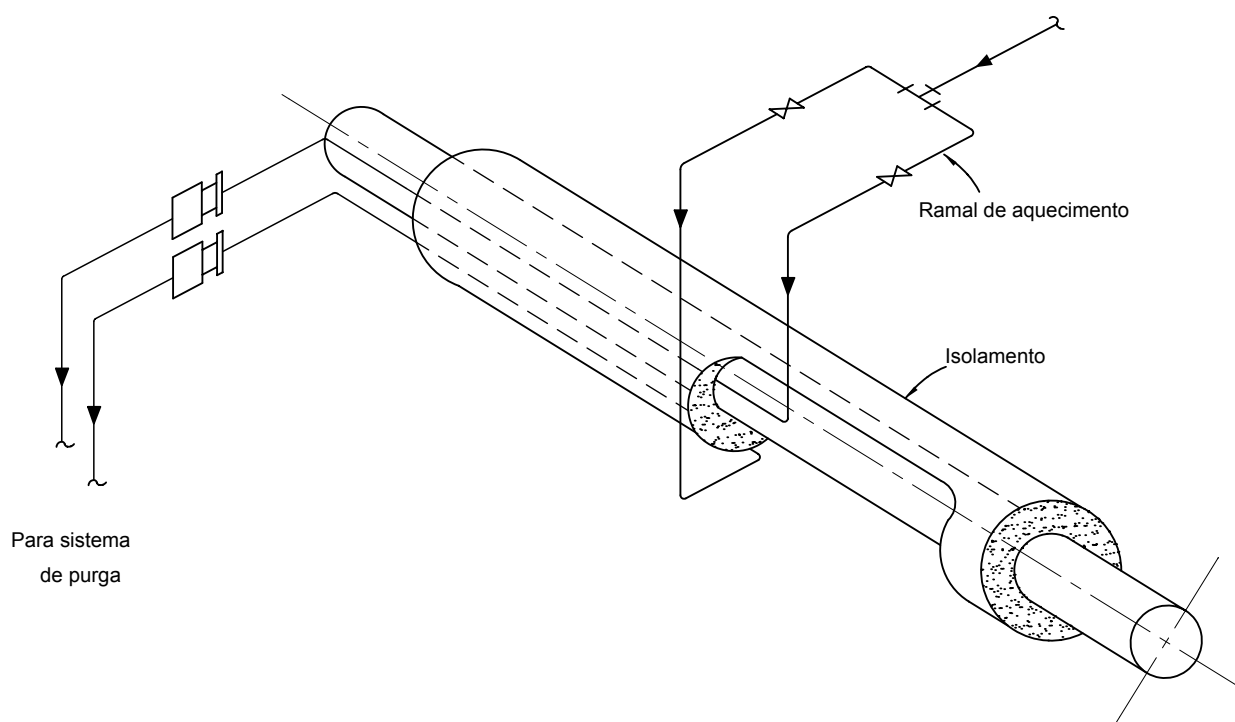


Figura A.5 - Arranjo Típico de Suprimento para Dois Ramais de Aquecimento

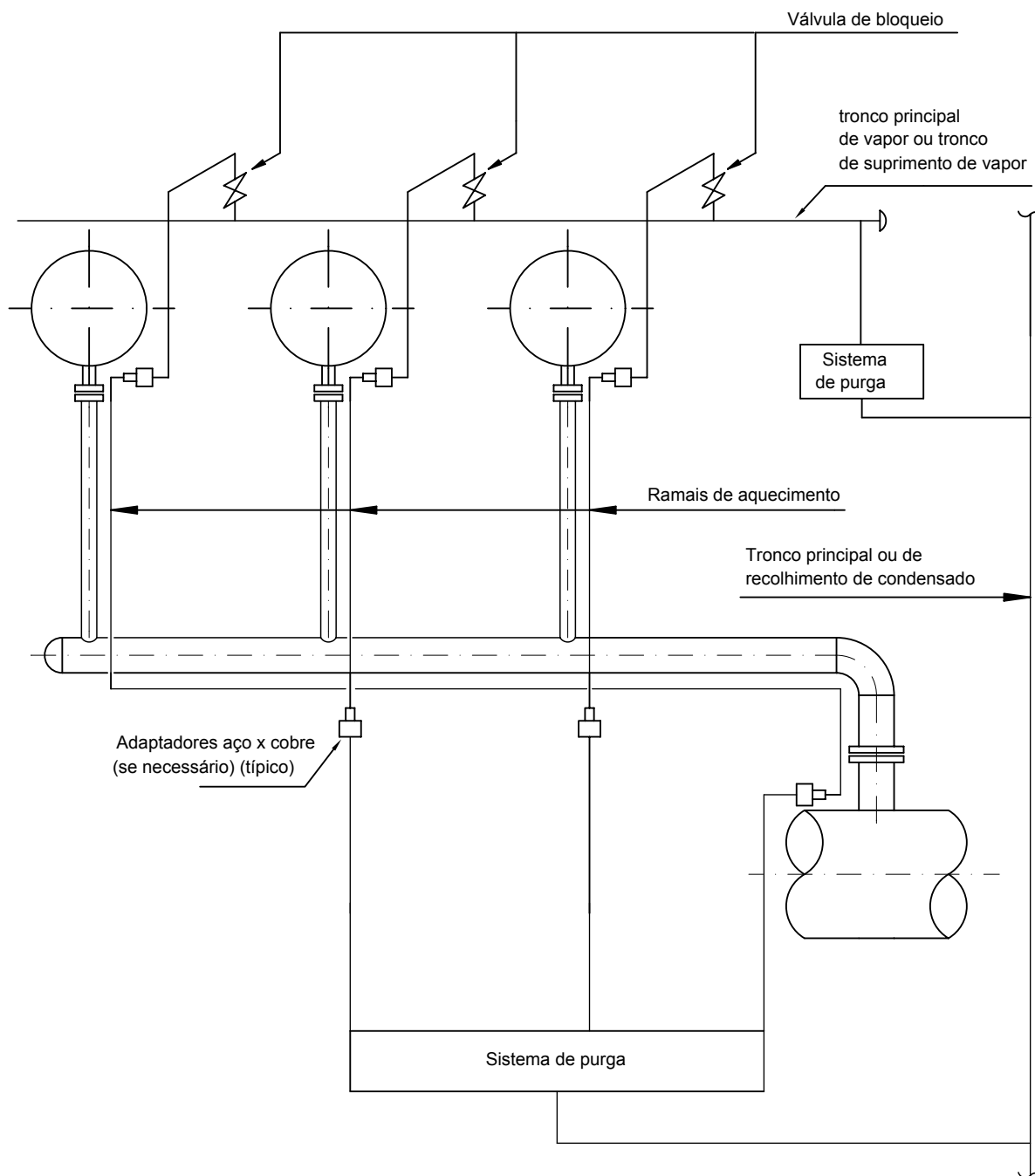


Figura A.6 - Vapor de Aquecimento para Troncos e Ramais