

Projeto de Isolamento Térmico a Alta Temperatura

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 do Sistema 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 decisão de não a adotar deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pela unidade do Sistema Petrobras usuária desta Norma. É caracterizada por verbos de caráter impositivo.

Para adoção da Norma, o prazo efetivo para implementação ou substituição à revisão anterior é de até 180 dias a partir da data de sua publicação. Caso a unidade do Sistema Petrobras que está aplicando a Norma entenda que não é possível implementá-la neste prazo, deve registrar em até 180 dias um Plano de Implementação definindo as ações necessárias e os respectivos prazos.

A definição do prazo efetivo de implementação dos requisitos desta Norma, quando esta é referenciada em contratos de prestação de serviços e aquisição de bens, é prerrogativa exclusiva do Sistema Petrobras.

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 do Sistema Petrobras usuária desta Norma. É caracterizada por verbos de caráter não-impositivo. É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Para a melhoria contínua da Norma, solicita-se o envio à Subcomissão Autora das cópias dos registros das decisões técnico-gerenciais elaboradas pelas unidades do Sistema Petrobras que possam contribuir para o aprimoramento desta Norma.

“A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, de uso interno no Sistema 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.”

Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho (GT), formados por especialistas do Sistema Petrobras, comentadas e votadas pelas unidades do Sistema Petrobras e aprovadas pelas Subcomissões Autoras (SC). A Norma Técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela SC 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.

CONTEC

Comissão de Normalização
Técnica

SC - 09

Isolamento Térmico
e Refratários

Sumário

1	Escopo.....	4
2	Referências Normativas	4
3	Termos e Definições.....	5
4	Condições Gerais	6
4.1	Critérios de Dimensionamento.....	6
4.2	Materiais.....	7
4.3	Equipamentos e Tubulações.....	10
5	Condições Específicas	11
5.1	Conservação de Energia.....	11
5.2	Proteção Pessoal	11
5.3	Estabilização de Fases de Processos Industriais.....	12
5.4	Manutenção de Fluidez de Produto em Tubulações	12

Anexos

Anexo A - Seleção dos Grupos Isolantes.....	13
Anexo B - Especificação de Espessuras para Materiais Isolantes	16

Tabelas

Tabela 1 - Categorias Climáticas e Ambientais	7
Tabela 2 - Seleção por Grupo Isolante, Temperatura Limite de Uso e Equipamento	9
Tabela B.1 - Silicato de Cálcio - Conservação de Energia (Espessura Econômica).....	16
Tabela B.2 - Silicato de Cálcio - Proteção Pessoal.....	17
Tabela B.3 - Perlita Expandida - Conservação de Energia (Espessura Econômica)	18
Tabela B.4 - Perlita Expandida - Proteção Pessoal	19
Tabela B.5 - Fibra Cerâmica - Conservação de Energia (Espessura Econômica).....	20
Tabela B.6 - Fibra Cerâmica - Proteção Pessoal.....	21
Tabela B.7 - Lã de Rocha - Conservação de Energia (Espessura Econômica).....	22
Tabela B.8 - Lã de Rocha - Proteção Pessoal	23

Tabela B.9 - Aerogel - Conservação de Energia (Espessura Econômica)	24
Tabela B.10 - Aerogel - Proteção Pessoal	25

Figuras

Figura 1 - Critério de Conservação de Energia (Espessura Econômica)	11
Figura A.1 - Seleção dos Grupos Isolantes para a Categoria “Interiorana”	13
Figura A.2 - Seleção dos Grupos Isolantes para as Categorias “Costeira”, “Industrial de Alta Precipitação” e “Microclima Agressivo”	14
Figura A.3 - Seleção dos Grupos Isolantes para as Categorias “Marítima” e “Microclima Muito Agressivo”	15

1 Escopo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para o projeto de isolamento térmico de tubulações, vasos de pressão, torres, trocadores de calor, caldeiras, tanques, bombas e turbinas operando a alta temperatura em instalações industriais.

1.2 Esta Norma se aplica na seleção de material e no dimensionamento de espessura de isolante térmico.

1.3 Esta Norma se aplica a projetos iniciados a partir da data de sua publicação e também a instalações/equipamentos já existentes, quando da sua manutenção ou reforma.

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.

PETROBRAS [N-2](#) - Revestimento Anticorrosivo de Equipamento Industrial;

PETROBRAS [N-42](#) - Projeto de Sistema de Aquecimento Externo de Tubulação, Equipamento e Instrumentação, com vapor;

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

PETROBRAS [N-442](#) - Revestimento Externo de Tubulação em Instalações Terrestres;

PETROBRAS [N-894](#) - Projeto de Isolamento Térmico a Baixa Temperatura;

PETROBRAS [N-1021](#) - Pintura de Aço Galvanizado, Aço Inoxidável, Aço-Liga, Ferro Fundido, Ligas não Ferrosas, Materiais Compósitos Poliméricos e Termoplásticos;

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

IEC/IEEE [60079-30-1](#) - Explosive atmospheres - Part 30-1: Electrical resistance trace heating - General and testing requirements;

IEC/IEEE [60079-30-2](#) - Explosive atmospheres - Part 30-2: Electrical resistance trace heating - Application guide for design, installation and maintenance;

ISO [12241](#) - Thermal insulation for building equipment and industrial installations – Calculation rules;

ASTM [C 680](#) - Standard Practice for Estimate of the Heat Gain or Loss and the Surface Temperatures of Insulated Flat, Cylindrical, and Spherical Systems by Use of Computer Programs;

ASTM [C 795](#) - Standard Specification for Thermal Insulation for Use in Contact with Austenitic Stainless Steel.

3 Termos e Definições

Para os propósitos desta Norma são adotados os termos e definições indicadas em 3.1 a 3.9.

3.1

alta temperatura

toda temperatura de operação acima da média das máximas temperaturas ambiente nos 2 meses mais quentes do ano

3.2

isolante ou isolante térmico

material empregado para reduzir a transferência de calor

3.3

isolamento térmico

conjunto de materiais que, aplicados, reduz a transferência de calor

3.4

conservação de energia

critério para determinação da espessura econômica do(s) isolante(s), levando-se em consideração os custos de energia perdida, do investimento no isolamento térmico e de manutenção

3.5

proteção pessoal

critério para determinação da espessura do(s) isolante(s), com objetivo de evitar queimaduras causadas pelo contato de pessoas com superfícies aquecidas

3.6

estabilização de fases de processos industriais

critério para determinação da espessura do(s) isolante(s), levando-se em consideração o valor máximo admissível para a perda térmica (fluxo de calor), em função das necessidades e limitações de um determinado processo industrial

3.7

manutenção da fluidez do produto

critério para a determinação da espessura do(s) isolante(s), com o objetivo de manter a temperatura do fluido acima de seu ponto de fluidez

3.8

corrosão sob isolamento ou CUI (*Corrosion Under Insulation*)

mecanismo de dano relacionado à corrosão de equipamentos ou tubulações isoladas a partir da infiltração de água e sua absorção ou aprisionamento provocado pelo isolamento térmico

3.9

grau repelente à água ou WRG (*Water Repellent Grade*)

grau referente aos isolantes térmicos aditivados com hidrorrepelentes orgânicos

4 Condições Gerais

4.1 Critérios de Dimensionamento

4.1.1 Para dimensionamento do isolamento térmico a alta temperatura, deve ser adotado um ou mais dos critérios a seguir:

- a) conservação de energia;
- b) proteção pessoal;
- c) manutenção da fluidez do produto;
- d) estabilização de fases.

4.1.2 O critério básico para determinação da espessura do(s) isolante(s) deve ser o de conservação de energia.

4.1.3 Os critérios de conservação de energia, manutenção da fluidez do produto e estabilização de fases devem ser sempre empregados conjuntamente com o critério de proteção pessoal, nas situações em que este último for aplicável, conforme descrito em 5.2.

4.1.4 Quando houver mais de um motivo de dimensionamento, deve ser determinada a espessura correspondente para cada critério e selecionada a maior entre elas.

4.1.5 As Tabelas A.1 a A.10 devem ser usadas como referência para dimensionamento da espessura, pelos critérios de conservação de energia e proteção pessoal, para os isolantes tabelados.

4.1.5.1 Para dimensionamento da espessura de outros isolantes ou para os critérios de manutenção de fluidez do produto (sem traço de vapor ou elétrico) e estabilização de fases, deve ser realizado cálculo específico conforme orientações desta Norma.

4.1.5.2 Para dimensionamento da espessura do isolante pelo critério de manutenção de fluidez com uso de traço de vapor ou elétrico, deve ser usado o critério de conservação de energia, conforme Tabelas A.1, A.3, A.5, A.7 e A.9, ou cálculo específico.

4.1.6 Para estimativa do fluxo térmico através do isolamento térmico de equipamentos e tubulações, recomenda-se a aplicação das ASTM [C 680](#) ou ISO [12241](#). **[Prática Recomendada]**

4.1.7 Adequação do projeto do isolamento em serviços de manutenção.

4.1.7.1 Recomenda-se a dispensa da adequação do projeto do isolamento em pequenos reparos, podendo ser mantido o projeto original. **[Prática Recomendada]**

4.1.7.2 Para reparos de grandes trechos do isolamento, o projeto deve ser revisado em conformidade com esta norma, observando eventuais interferências físicas no campo.

4.2 Materiais

4.2.1 Os materiais a serem utilizados devem ser os padronizados pela PETROBRAS [N-1618](#), respeitando-se as limitações de uso nela definidas.

4.2.2 Os materiais devem ser instalados em conformidade com a PETROBRAS [N-250](#).

4.2.3 Quando o isolante térmico for aplicado em equipamentos ou tubulações de aço inoxidável das séries 300 e 400, o isolante deve atender aos critérios da ASTM [C 795](#).

4.2.4 Nos casos dos equipamentos e tubulações que sejam submetidos às condições de alta e baixa temperatura, consultar também a PETROBRAS [N-894](#) para seleção e dimensionamento dos isolantes.

4.2.5 A seleção do isolante térmico deve considerar aspectos operacionais (temperatura, ciclos térmicos, intermitência, vibração etc.), fatores ambientais, qualidade do revestimento anticorrosivo e da proteção contra intempéries, tipo e complexidade do equipamento ou tubulação e existência de traço de aquecimento. A seleção do isolante deve seguir o roteiro abaixo:

- 1) Identificar na Tabela 1 a respectiva *Categoria Climática e Ambiental*, conforme a localidade da unidade ou microclima específico.

Tabela 1 - Categorias Climáticas e Ambientais

Categoria Climática e Ambiental	Condições de Referência	Exemplos	NOTA ⁽¹⁾
Microclima Abrigado	Locais abrigados da chuva, não sujeitos à condensação ou à infiltração de água de outras fontes externas (vazamentos, testes de segurança, manobras operacionais etc.)	Áreas de utilidades abrigadas, casas de máquinas etc.	Não aplicável
Interiorana	> 5 km do mar	Instalações localizadas no entorno de Porto Alegre (RS), Curitiba (PR), São Paulo (SP), São José dos Campos (SP), Campinas (SP), Belo Horizonte (MG), Três Lagoas (MS), Alto do Rodrigues (RN), Manaus (AM), Uruçu (AM) etc.	Figura A.1
Industrial de Alta Precipitação	> 5 km do mar > 2.000 mm H ₂ O/ano ⁽²⁾ > 30 mg Cl ⁻ /m ² .dia ⁽³⁾	Cubatão (SP)	Figura A.2
Costeira	< 5 km do mar	Instalações localizadas no entorno do Rio de Janeiro (RJ), Macaé (RJ), Anchieta (ES), Caraguatatuba (SP), Recife (PE), Fortaleza (CE), Salvador (BA), unidades e terminais próximos do mar	

(continua...)

Tabela 1 - Categorias Climáticas e Ambientais (continuação)

Categoria Climática e Ambiental	Condições de Referência	Exemplos	NOTA ⁽¹⁾
Microclima Agressivo ⁽⁴⁾	Locais (mesmo que abrigados) sujeitos à névoa/aspersão de água ou produtos corrosivos, sob a influência de vazamentos frequentes de água, condensação em equipamentos próximos, linhas enterradas, regiões sujeitas a alagamento etc.	Áreas próximas de torres de resfriamento, UREs, ETDIs, regiões sujeitas a manobras operacionais, testes de segurança e procedimentos de manutenção com aspersão de água etc.	Figura A.2
Microclima Muito Agressivo ⁽⁴⁾			Figura A.3
Marítima	Instalações marítimas	Todas as unidades marítimas	
<p>NOTA 1 Figura de referência para a identificação dos <i>Grupos Isolantes</i> aceitáveis, conforme o grau de suscetibilidade à corrosão sob isolamento.</p> <p>NOTA 2 Índice pluviométrico anual médio. Recomenda-se a consulta ao Atlas Pluviométrico do Brasil (Isoietas Anuais Médias), disponível no site do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/22220).</p> <p>NOTA 3 Taxa de deposição de cloretos (média anual).</p> <p>NOTA 4 O nível de agressividade dos microclimas depende da frequência e intensidade com que são expostos à umidade (névoa, aspersão ou infiltração de água de qualquer origem) e à taxa de deposição de cloretos, cabendo análise qualitativa da agressividade.</p>			

- 2) A partir da *Categoria Climática e Ambiental* (alínea anterior), devem ser identificados os *Grupos Isolantes* (I a IV) aceitáveis conforme indicado nos diagramas das Figuras A.1 a A.3. A Tabela 1 indica a respectiva Figura do diagrama correspondente a cada *Categoria Climática e Ambiental*.

NOTA 1 Os diagramas das Figuras A.1 a A.3 assumem a aplicação de revestimentos anticorrosivos conforme esquemas de pintura das normas Petrobras (N-2, N-442, N-1021 etc.) e proteção contra intempéries típicas conforme Petrobras N-250.

NOTA 2 Para o *Microclima Abrigado* todos os *Grupos Isolantes* (I a IV) são aplicáveis, não sendo necessário consultar as Figuras A.1 a A.3.

- 3) Selecionar na Tabela 2 o tipo de isolante térmico, considerando os *Grupos Isolantes* aplicáveis (identificados alínea anterior), temperatura limite de uso e tipo de equipamento ou tubulação.

Tabela 2 - Seleção por Grupo Isolante, Temperatura Limite de Uso e Equipamento

Grupo Isolante	Isolante Térmico	Temperatura Limite de Uso (°C)	Tipo de Equipamento/Tubulação												NOTAS		
			Tubulação			Torre e Vaso	Trocador de Calor	Reator Coque		Tanque		Bomba e Turbina	Caldeira			Duto	
			Aérea	Enterrada	Acessório			Costado/Tampo	Cone Inferior	Costado	Teto		Parede	Teto			Acessório
Grupo I	Silicato de Cálcio	650	•	•	•	•	•			•	•		•				
	Lã de Rocha	600	•		•	•	•			•		•	•	•	•	(3)	
	Fibra de Vidro	450	•		•	•	•			•		•	•	•	•		
	Fibra Cerâmica	815	•		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•		
Grupo II	Perlita Expandida	649	•	•	•	•	•			•	•		•				
	Silicato de Cálcio WRG	650	•	•	•	•	•				•		•	•			
	Lã de Rocha WRG	600	•		•	•	•			•		•	•	•	•	(3)	
	Fibra Cerâmica WRG	815	•		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•		
Grupo III	Vidro Celular	121 a 427 ⁽²⁾	•	•	•	•	•			•	•					(1), (2), (3)	
	Poliuretano Expandido (PUR)	90	•	•	•	•	•			•						(3)	
	Poliisocianurato Expandido (PIR)	110 a 149 ⁽⁴⁾	•	•	•	•	•			•						(3), (4)	
	Espuma Elastomérica	85 ⁽⁵⁾ a 150	•		•	•	•			•		•			•	(5)	
Grupo IV	Aerogel em Manta	649	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
NOTA 1		Não deve ser utilizado em serviços com taxas de aquecimento ou resfriamento > 112 °C/min.															
NOTA 2		Para serviços > 121 °C o fabricante deve ser previamente consultado, pois podem ser necessários processos ou técnicas especiais de fabricação para esta faixa de temperatura.															
NOTA 3		Não deve ser utilizado em serviços sujeitos à vibração. Para lã de rocha, não é indicado o uso de tubos, calhas e feltro de lamelas para serviços sujeitos à vibração.															
NOTA 4		Para serviços < -51 °C ou > 110 °C o fabricante deve ser previamente consultado para confirmação de suas propriedades na condição de operação desejada.															
NOTA 5		Para serviços > 85 °C o fabricante deve ser previamente consultado para confirmação de suas propriedades na condição de operação desejada (alguns produtos e adesivos podem não ser adequados para temperaturas mais altas).															

4.3 Equipamentos e Tubulações

4.3.1 Os acessórios de tubulação ou equipamentos não devem ser isolados nas situações abaixo, exceto quando recomendado pelo projetista ou fornecedor:

- a) se a perda de calor for necessária, atendendo à necessidade de processo;
- b) bombas operando em temperaturas abaixo de 60 °C, exceto se o ponto de fluidez do produto estiver acima da temperatura ambiente;
- c) ventiladores, sopradores e compressores alternativos, centrífugos e rotativos;
- d) flanges de linha e conexões flangeadas;
- e) tubulações e equipamentos aquecidos intermitentemente, tais como:
 - válvulas de alívio e sistemas de alívio (exceto para produtos com ponto de fluidez acima da temperatura ambiente);
 - suspiros e drenos (exceto para produtos com ponto de fluidez acima da temperatura ambiente);
 - sistema de tocha;
 - sistema de drenagem;
- f) equipamentos ou dutos isolados internamente (ex.: revestidos com concreto refratário, fibra cerâmica e outros materiais isolantes);
- g) conexões do tipo união, em tubulação;
- h) purgadores de vapor;
- i) misturadores;
- j) foles de juntas de expansão;
- k) indicadores visuais de fluxo;
- l) mangueiras;
- m) resfriadores e condensadores, com suas tubulações associadas;
- n) placa de identificação ou outras;
- o) pescoço de bocais flangeados com comprimento igual ou menor que 300 mm; ou
- p) suportes de tubulações ou equipamentos.

4.3.2 Para isolamento térmico removível (ex.: caixas bipartidas ou jaquetas térmicas) recomenda-se o uso de isolantes flexíveis. **[Prática Recomendada]**

4.3.3 Não deve ser selecionado isolante flexível para tubulações e equipamentos sujeitos a vibrações (exceto equipamentos rotativos).

4.3.4 Para isolamento com materiais flexíveis em locais onde a resistência mecânica é necessária (ex.: trânsito de pessoas), deve ser prevista proteção rígida adicional.

4.3.5 Caso o projeto defina que o equipamento isolado termicamente necessite de proteção contra fogo, a camada base do material isolante localizado dentro da área sujeita a incêndio, deve ser de um dos seguintes materiais:

- a) silicato de cálcio;
- b) fibra cerâmica;
- c) perlita expandida;
- d) lã de rocha; ou
- e) aerogel em manta.

NOTA Nessa condição não é permitido o uso de tubo rígido PEAD ou plástico reforçado com fibra de vidro.

4.3.6 O dimensionamento da espessura do isolante usado em jaquetas térmicas e caixas bipartidas deve ser coerente com os critérios exigidos para o serviço.

5 Condições Específicas

5.1 Conservação de Energia

5.1.1 O critério de conservação de energia busca determinar a espessura que oferece o menor custo total, considerando os custos operacionais e de investimento em isolamento térmico.

5.1.2 Os custos operacionais são compostos pelos custos da energia perdida ao longo de sua vida útil (em valores atuais). Os custos de investimento em isolamento térmico são calculados a partir dos custos de aquisição dos materiais e montagem do isolamento térmico.

5.1.3 A partir do somatório dos custos operacionais e de investimento é possível determinar a espessura comercial que oferece o menor custo total, conforme ilustrado na Figura 1. Como o dimensionamento por este critério depende dos custos da energia, dos materiais e do serviço de montagem do isolamento térmico, então a “solução mais econômica” pode variar ao longo do tempo, dependendo dos reajustes dessas parcelas.

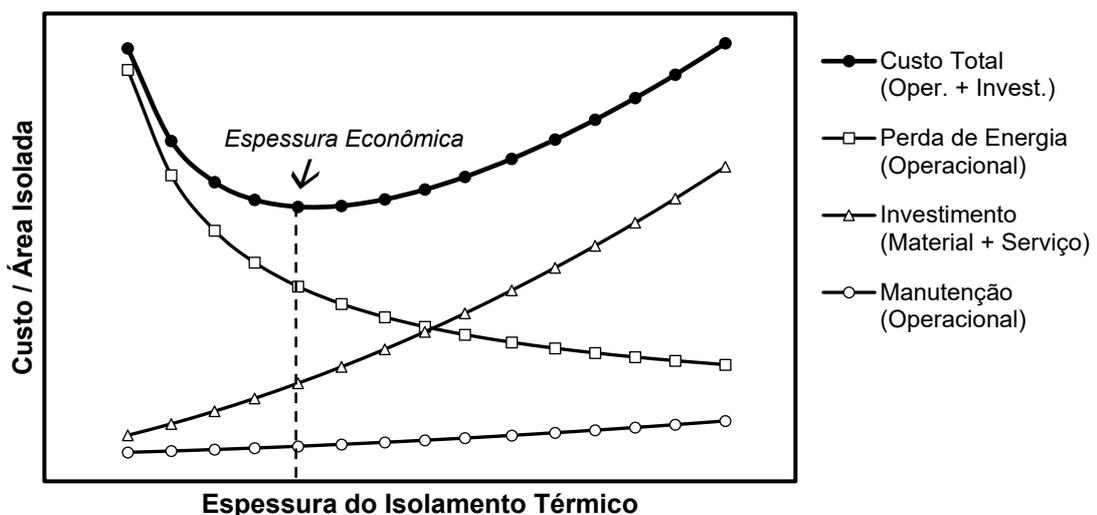


Figura 1 - Critério de Conservação de Energia (Espessura Econômica)

5.1.4 As Tabelas B.1, B.3, B.5, B.7 e B.9 do Anexo B especificam a espessura econômica indicada para o critério de conservação de energia, a partir da temperatura típica de operação e diâmetro da tubulação ou tipo de equipamento.

5.2 Proteção Pessoal

5.2.1 Equipamentos ou tubulações a alta temperatura, situados em áreas de acesso ou trânsito de pessoas para atividades operacionais regulares, devem ser protegidos para evitar a ocorrência de queimaduras ou para permitir a permanência segura no local. A proteção de superfícies aquecidas deve ser através de isolamento térmico ou de barreira física que impeça o contato direto de pessoas com as superfícies quentes.

5.2.2 Quando aplicado este critério com uso de isolamento térmico, o dimensionamento da espessura do isolante deve garantir temperatura abaixo de 60 °C na superfície externa (face fria).

5.2.3 Equipamentos ou tubulações localizados a uma altura inferior a 2 m de qualquer piso, ou a uma distância lateral inferior a 1 m de escadas ou plataformas, destinadas ao acesso ou trânsito de pessoas para atividades operacionais, devem ser isolados ou protegidos para proteção pessoal.

5.2.4 As Tabelas B.2, B.4, B.6, B.8 e B.10 do Anexo B especificam a espessura indicada para o critério de proteção pessoal, a partir da temperatura máxima de operação e diâmetro da tubulação ou tipo de equipamento.

5.2.5 Equipamentos ou tubulações a alta temperatura, em que a perda de calor é desejável ou são internamente isolados, quando necessária a proteção pessoal, devem ser protegidos por meio de barreira física (conforme norma Petrobras [N-250](#)).

5.2.6 Alternativamente ao isolamento térmico, equipamentos ou tubulações a alta temperatura, cujo único e exclusivo critério aplicável seja a proteção pessoal e que operem até, no máximo, 150 °C, podem ser protegidos por meio de barreira física (conforme norma Petrobras [N-250](#)) ou tinta isolante térmica. **[Prática Recomendada]**

NOTA 1 A espessura da tinta isolante térmica deve ser dimensionada conforme orientações da ASTM C1055 (aplicando o método B da ASTM C1057) para proteção pessoal ou NACE TM21423, considerando o tempo mínimo de contato de 5 s. O dimensionamento deve ser comprovado por meio de certificados de ensaio.

NOTA 2 Recomenda-se para equipamentos de grande porte, que operem acima de 115 °C, que a seleção da tinta isolante seja previamente avaliada por teste ou estudo de conforto térmico, pois pode acarretar níveis elevados de radiação térmica. **[Prática Recomendada]**

5.3 Estabilização de Fases de Processos Industriais

O critério de estabilização de fases pressupõe a existência de um fluxo de calor máximo admissível através da parede da tubulação ou do equipamento. O dimensionamento da espessura do isolamento térmico deve garantir que o fluxo de calor resultante seja inferior ao admissível para um serviço específico.

5.4 Manutenção de Fluidez de Produto em Tubulações

5.4.1 O isolamento térmico deve ser dimensionado de tal forma que a temperatura do produto no final da linha seja, no mínimo, 10 °C acima do seu ponto de fluidez.

5.4.2 A manutenção de fluidez do produto pode ser obtida através do dimensionamento do isolamento térmico, de tal forma que reduza a energia perdida mantendo o produto aquecido, ou através da compensação da energia perdida pelo aquecimento com traço de vapor ou elétrico.

5.4.3 Quando a manutenção de fluidez do produto é assegurada pela compensação da energia perdida pelo isolamento térmico, através de aquecimento por traço de vapor ou elétrico, então o dimensionamento do isolamento térmico deve ser conforme o critério de conservação de energia.

NOTA O dimensionamento do traço de vapor deve ser conforme PETROBRAS [N-42](#), e o do traço elétrico conforme IEC/[IEEE 60079-30-1](#) e IEC/[IEEE 60079-30-2](#).

Anexo A - Seleção dos Grupos Isolantes

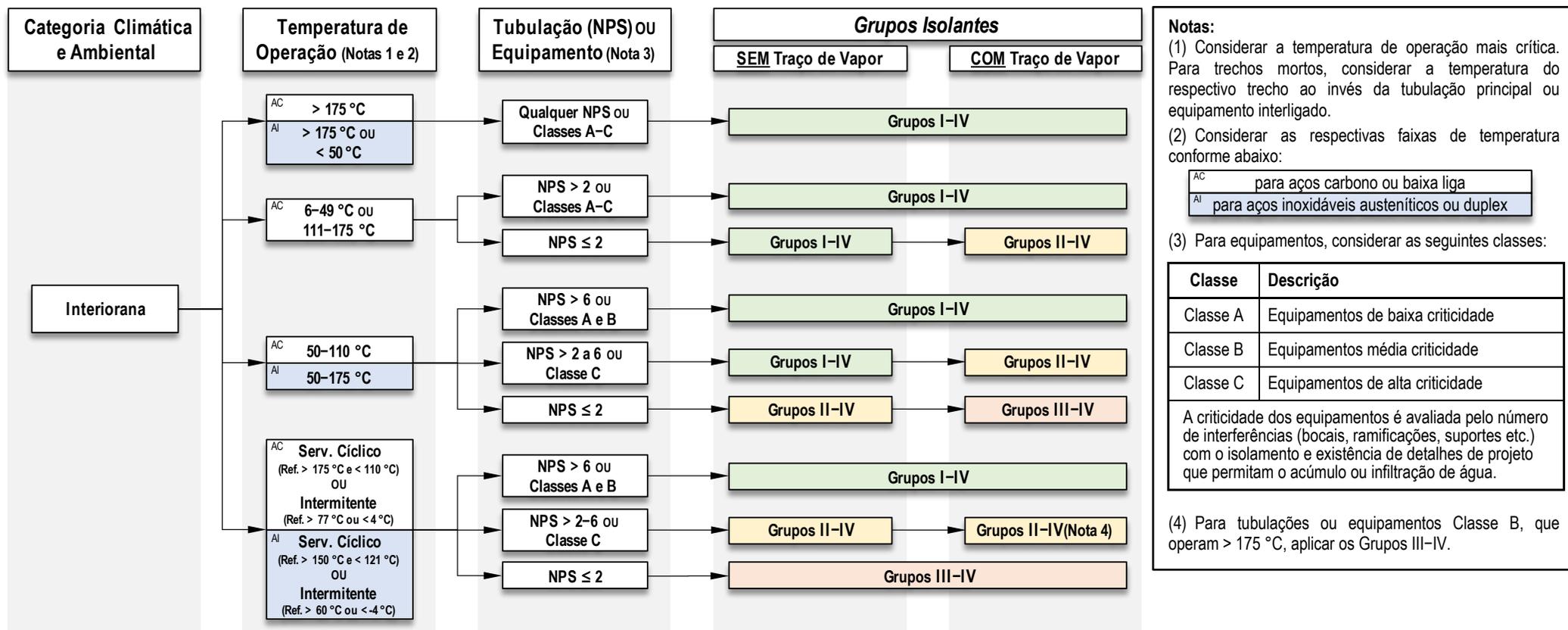


Figura A.1 – Fluxograma de seleção dos Grupos Isolantes para a Categoria “Interiorana”.

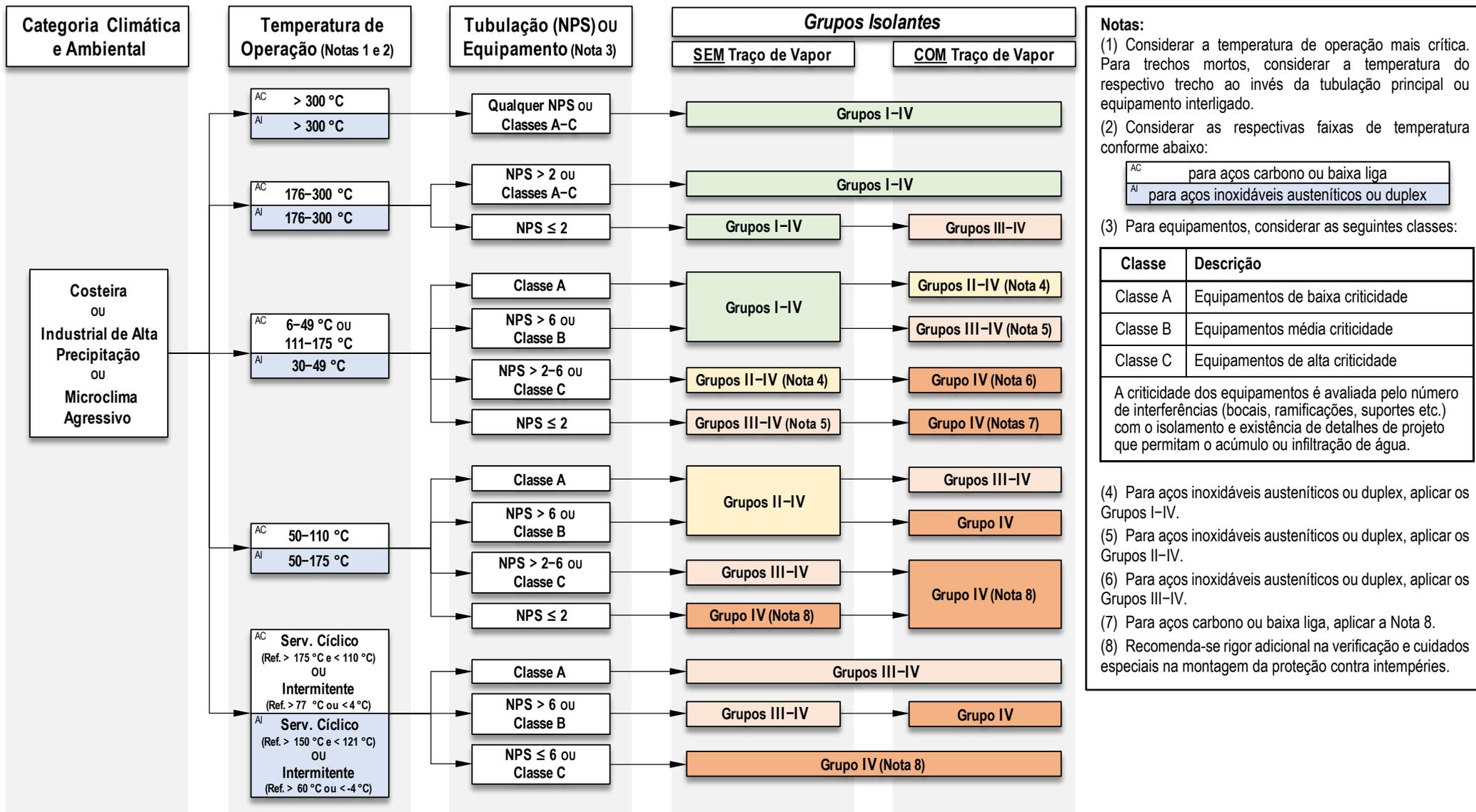


Figura A.2 – Fluxograma de seleção dos Grupos Isolantes para as Categorias “Costeira”, “Industrial de Alta Precipitação” e “Microclima Agressivo”.

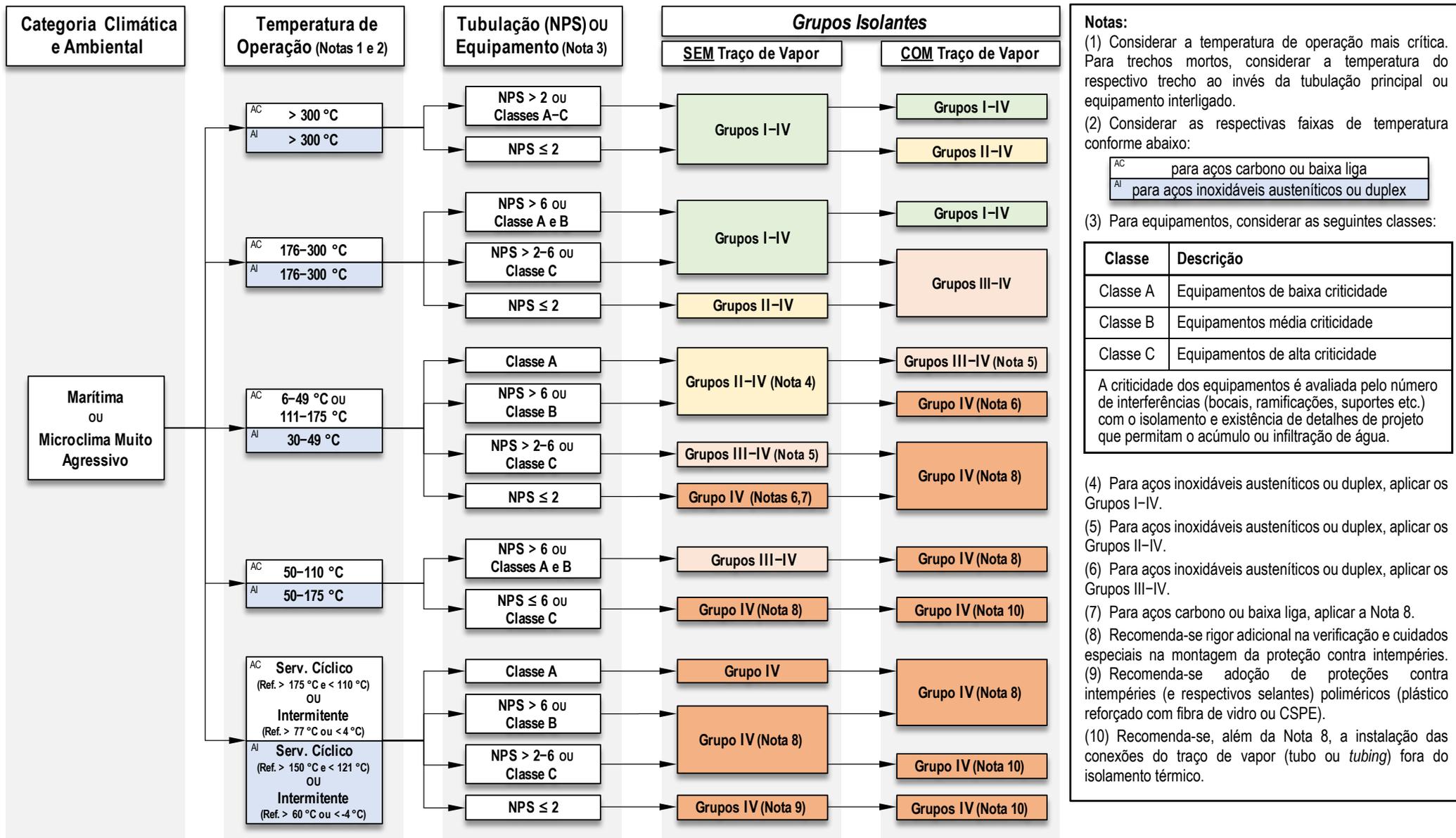


Figura A.3 – Fluxograma de seleção dos Grupos Isolantes para as Categorias “Marítima” e “Microclima Muito Agressivo”.

Anexo B - Especificação de Espessuras para Materiais Isolantes
Tabela B.1 - Silicato de Cálcio - Conservação de Energia (Espessura Econômica)

Tubulação NPS (in)	Temperatura Típica de Operação (°C)															Tipo	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600		650
1/2	25	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	51	51	Calha
3/4	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	51	<u>51</u>	63	
1	25	25	25	25	25	38	38	38	38	38	51	51	51	<u>51</u>	63	<u>63</u>	
1 1/2	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	51	63	63	<u>63</u>	76	
2	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	<u>63</u>	76	<u>76</u>	
2 1/2	25	25	25	38	38	38	38	38	51	51	51	63	63	<u>63</u>	<u>76</u>	<u>76</u>	
3	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	<u>63</u>	76	<u>76</u>	<u>76</u>	
4	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	76	<u>76</u>	<u>76</u>	<u>89</u>	
6	25	25	25	38	38	38	51	51	51	63	63	76	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	
8	25	25	38	38	38	38	51	51	63	63	76	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>102</u>	
10	25	25	38	38	38	38	51	51	63	63	76	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>102</u>	Quadrante ou segmento
12	25	25	38	38	38	51	51	51	63	63	76	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	
14	25	25	38	38	38	51	51	51	63	63	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	
16	25	25	38	38	38	51	51	51	63	76	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	
18	25	25	38	38	38	51	51	51	63	76	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	
20	25	25	38	38	38	51	51	51	63	76	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	
22	25	25	38	38	38	51	51	63	63	76	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	
24	25	25	38	38	38	51	51	63	63	76	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	
26	25	25	38	38	38	51	51	63	<u>63</u>	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	
28	25	25	38	38	38	51	51	63	<u>63</u>	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	
30	25	25	38	38	38	51	51	63	<u>63</u>	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	
32	25	25	38	38	38	51	51	63	<u>63</u>	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	
34	25	25	38	38	38	51	51	63	<u>63</u>	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	
36	25	25	38	38	38	51	51	63	<u>63</u>	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	
42	25	25	38	38	38	51	51	63	<u>63</u>	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	Placa
Equipamento (Torre, Vaso, Trocador etc.)	Temperatura Típica de Operação (°C)															Tipo	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600		650
Tanque	25	25	25	38	38	51	<u>51</u>	<u>63</u>	<u>76</u>	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	Placa

NOTA 1 Campos sublinhados indicam que a espessura para o critério de proteção pessoal é maior do que para conservação de energia.

NOTA 2 Placa, quadrante ou segmento.

Tabela B.2 - Silicato de Cálcio - Proteção Pessoal

Tubulação NPS (in)	Temperatura Máxima de Operação (°C)															Tipo
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	
1/2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	38	51	51	63	Calha
3/4	25	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	63	
1	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	38	51	63	63	76	
1 1/2	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	63	76	76	
2	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	76	76	89	
2 1/2	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	63	76	89	89	
3	25	25	25	25	25	25	25	38	51	51	63	76	76	89	102	
4	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	63	76	89	102	114	
6	25	25	25	25	25	25	38	51	51	63	76	89	102	114	126	
8	25	25	25	25	25	25	38	51	63	76	89	102	114	126	140	
10	25	25	25	25	25	38	38	51	63	76	89	102	114	140	153	
12	25	25	25	25	25	38	38	51	63	76	102	114	126	140	153	
14	25	25	25	25	25	38	51	51	63	89	102	114	126	140	165	
16	25	25	25	25	25	38	51	63	76	89	102	114	140	153	177	
18	25	25	25	25	25	38	51	63	76	89	102	126	140	165	177	
20	25	25	25	25	38	38	51	63	76	89	114	126	153	165	189	
22	25	25	25	25	38	38	51	63	76	102	114	140	153	177	189	
24	25	25	25	25	38	38	51	63	89	102	114	140	153	177	204	
26	25	25	25	25	38	38	51	76	89	102	126	140	165	177	204	
28	25	25	25	25	38	38	51	76	89	102	126	140	165	189	204	
30	25	25	25	25	38	38	51	76	89	102	126	153	165	189	204	
32	25	25	25	25	38	38	63	76	89	114	126	153	177	189	204	
34	25	25	25	25	38	38	63	76	89	114	140	153	177	204	204	
36	25	25	25	25	38	51	63	76	102	114	140	153	177	204	204	
42	25	25	25	25	38	51	63	76	102	126	140	165	189	204	204	Placa
Equipamento (Torre, Vaso, Trocador etc.)	Temperatura Máxima de Operação (°C)															Tipo
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	
	25	25	38	38	51	63	89	114	153	177	204	204	204	204	204	Nota
Tanque	25	25	38	38	51	63	89									Placa

NOTA Placa, quadrante ou segmento, conforme o diâmetro.

Tabela B.3 - Perlita Expandida - Conservação de Energia (Espessura Econômica)

Tubulação NPS (in)	Temperatura Típica de Operação (°C)															Tipo	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600		650
1/2	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	51	63	63	Calha
3/4	25	25	25	25	38	38	38	38	38	51	51	51	51	63	63	63	
1	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	51	63	63	63	76	
1 1/2	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	63	76	76	76	
2	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	76	76	76	89	
2 1/2	25	25	25	38	38	38	38	51	51	63	63	63	76	76	89	89	
3	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	76	76	76	89	89	
4	25	25	38	38	38	38	51	51	63	63	76	76	76	89	89	102	
6	25	25	38	38	38	51	51	51	63	76	76	89	89	102	102	114	
8	25	25	38	38	38	51	51	63	63	76	76	89	89	102	114	114	
10	25	25	38	38	51	51	51	63	76	76	89	89	102	102	114	114	Quadrante ou segmento
12	25	25	38	38	51	51	51	63	76	76	89	102	102	114	114	126	
14	25	25	38	38	51	51	51	63	76	76	89	102	102	114	114	126	
16	25	25	38	38	51	51	51	63	76	89	89	102	102	114	114	126	
18	25	25	38	38	51	51	51	63	76	89	89	102	114	114	126	126	
20	25	25	38	38	51	51	51	63	76	89	89	102	114	114	126	126	
22	25	25	38	38	51	51	51	63	76	89	89	102	114	114	126	140	
24	25	25	38	38	51	51	63	63	76	89	102	102	114	114	126	140	
26	25	25	38	38	51	51	63	63	76	89	102	102	114	126	126	140	
28	25	25	38	38	51	51	63	63	76	89	102	102	114	126	126	140	
30	25	25	38	38	51	51	63	63	76	89	102	102	114	126	126	140	
32	25	25	38	38	51	51	63	63	76	89	102	114	114	126	126	140	
34	25	25	38	38	51	51	63	76	76	89	102	114	114	126	140	140	
36	25	25	38	38	51	51	63	76	76	89	102	114	114	126	140	140	
42	25	25	38	38	51	51	63	76	76	89	102	114	114	126	140	140	Placa

Equipamento (Torre, Vaso, Trocador etc.)	Temperatura Típica de Operação (°C)															Tipo	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600		650
	25	25	38	38	51	<u>51</u>	<u>63</u>	<u>76</u>	<u>89</u>	<u>89</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	<u>153</u>	<u>165</u>	Nota 2
Tanque	25	25	38	38	51	<u>51</u>	<u>63</u>	<u>76</u>									Placa

NOTA 1 Campos sublinhados indicam que a espessura para o critério de proteção pessoal é maior do que para conservação de energia.

NOTA 2 Placa, quadrante ou segmento, conforme o diâmetro.

Tabela B.4 - Perlita Expandida - Proteção Pessoal

Tubulação NPS (in)	Temperatura Máxima de Operação (°C)															Tipo
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	
1/2	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	38	51	51	63	76	Calha
3/4	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	63	76	
1	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	76	76	
1 1/2	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	76	76	89	
2	25	25	25	25	25	25	25	38	51	51	63	76	76	89	102	
2 1/2	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	76	89	89	102	
3	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	63	76	89	102	114	
4	25	25	25	25	25	25	38	51	51	63	76	89	102	114	126	
6	25	25	25	25	25	25	38	51	63	76	89	102	114	126	140	
8	25	25	25	25	25	38	51	51	63	76	89	114	126	140	153	
10	25	25	25	25	25	38	51	63	76	89	102	114	140	153	165	
12	25	25	25	25	38	38	51	63	76	89	102	126	140	153	177	
14	25	25	25	25	38	38	51	63	76	89	114	126	140	165	177	
16	25	25	25	25	38	38	51	63	89	102	114	140	153	177	189	
18	25	25	25	25	38	38	51	76	89	102	126	140	153	177	204	
20	25	25	25	25	38	38	63	76	89	102	126	140	165	189	204	
22	25	25	25	25	38	51	63	76	89	114	126	153	165	189	204	
24	25	25	25	25	38	51	63	76	102	114	140	153	177	204	204	
26	25	25	25	25	38	51	63	76	102	114	140	153	177	204	204	
28	25	25	25	38	38	51	63	76	102	126	140	165	189	204	204	
30	25	25	25	38	38	51	63	89	102	126	140	165	189	204	204	
32	25	25	25	38	38	51	63	89	102	126	153	165	189	204	204	
34	25	25	25	38	38	51	63	89	102	126	153	177	204	204	204	
36	25	25	25	38	38	51	76	89	114	126	153	177	204	204	204	
42	25	25	25	38	51	51	76	89	114	140	165	189	204	204	204	Placa
Equipamento (Torre, Vaso, Trocador etc.)	Temperatura Máxima de Operação (°C)															Tipo
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	
	25	25	38	51	63	76	102	140	165	204	204	204	204	204	204	Nota
Tanque	25	25	38	51	63	76	102									Placa
NOTA Placa, quadrante ou segmento, conforme o diâmetro.																

Tabela B.5 - Fibra Cerâmica – Conservação de Energia (Espessura Econômica)

Tubulação NPS (in)	Temperatura Típica de Operação (°C)															Tipo	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600		650
½	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	63	
¾	25	25	25	25	38	38	38	38	38	51	51	51	63	63	63	76	
1	25	25	25	38	38	38	38	38	38	51	51	51	63	63	76	76	
1 ½	25	25	25	38	38	38	38	38	51	51	51	63	63	76	76	89	
2	25	25	38	38	38	38	38	51	51	51	63	63	76	76	76	89	
2 ½	25	25	38	38	38	38	38	51	51	63	63	63	76	76	76	89	
3	25	25	38	38	38	51	38	51	51	63	63	76	76	89	89	102	
4	25	25	38	38	38	51	51	51	63	63	76	76	89	89	89	102	
6	25	25	38	38	51	51	51	51	63	76	76	89	89	89	102	114	
8	25	38	38	38	51	51	51	63	63	76	76	89	102	102	102	114	
10	25	38	38	38	51	51	51	63	63	76	89	89	102	102	114	114	
12	25	38	38	38	51	51	51	63	76	76	89	102	102	114	114	127	
14	25	38	38	38	51	51	51	63	76	76	89	102	102	114	127	127	
16	25	38	38	51	51	51	51	63	76	76	89	102	114	114	127	140	
18	25	38	38	51	51	51	51	63	76	89	89	102	114	114	127	140	
20	25	38	38	51	51	51	51	63	76	89	89	102	114	127	127	140	
22	25	38	38	51	51	51	51	63	76	89	102	102	114	127	140	140	
24	25	38	38	51	51	51	51	63	76	89	102	102	114	127	140	153	
26	25	38	38	51	51	51	51	63	76	89	102	114	114	127	140	153	
28	25	38	38	51	51	63	51	63	76	89	102	114	127	127	140	153	
30	25	38	38	51	51	63	51	63	76	89	102	114	127	127	140	153	
32	25	38	38	51	51	63	63	63	76	89	102	114	127	127	140	153	
34	25	38	38	51	51	63	63	63	76	89	102	114	127	127	140	153	
36	25	38	38	51	51	63	63	63	76	89	102	114	127	140	153	165	
42	25	38	38	51	51	63	63	63	76	89	102	114	127	140	153	165	
64 kg/m³							96 kg/m³										
Equipamento (Torre, Vaso, Trocador etc.)	Temperatura Típica de Operação (°C)															Tipo	
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600		650
	25	25	38	38	51	63	89	102	102	102	102	102	102	165	178	178	Nota 2
Tanque	25	25	38	51	51	63	63	76									Nota 2
64 kg/m³							96 kg/m³										

NOTA 1 Campos sublinhados indicam que a espessura para o critério de proteção pessoal é maior do que para conservação de energia.

NOTA 2 Manta ou painel.

Tabela B.6 - Fibra Cerâmica - Proteção Pessoal

Tubulação NPS (in)	Temperatura Máxima de Operação (°C)														Tipo	
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600		650
1/2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	76	Manta ou painel
3/4	25	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	76	76	
1	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	76	89	
1 1/2	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	76	76	89	
2	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	76	89	102	
2 1/2	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	76	89	102	
3	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	76	89	102	114	
4	25	25	25	25	25	25	25	38	51	51	63	76	89	102	127	
6	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	76	89	102	114	140	
8	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	76	89	102	127	140	
10	25	25	25	25	25	25	38	51	51	63	76	102	114	127	153	
12	25	25	25	25	25	25	38	51	63	76	89	102	127	140	165	
14	25	25	25	25	25	25	38	51	63	76	89	114	140	153	178	
16	25	25	25	25	38	38	38	51	63	89	102	114	140	165	191	
18	25	25	25	25	38	38	38	51	63	89	102	127	140	165	191	
20	25	25	25	25	38	38	51	63	76	89	114	127	153	178	204	
22	25	25	25	25	38	38	51	63	76	89	114	140	165	191	204	
24	25	25	25	25	38	38	51	63	76	102	114	140	165	191	204	
26	25	25	25	25	38	38	51	63	76	102	127	140	178	204	204	
28	25	25	25	25	38	38	51	63	89	102	127	153	178	204	204	
30	25	25	25	25	38	38	51	63	89	102	127	153	178	204	204	
32	25	25	25	38	38	38	51	76	89	114	127	153	191	204	204	
34	25	25	25	38	38	38	51	76	89	114	140	165	191	204	204	
36	25	25	25	38	38	38	51	76	89	114	140	165	191	204	204	
42	25	25	25	38	38	38	63	76	89	114	140	165	204	204	204	
64 kg/m ³						96 kg/m ³										
Equipamento (Torre, Vaso, Trocador etc.)	Temperatura Máxima de Operação (°C)														Tipo	
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600		650
	25	25	38	51	63	63	89	114	153	191	204	204	204	204	204	Nota
64 kg/m ³						96 kg/m ³										
Tanque	25	25	38	51	63	76	102									Nota
64 kg/m ³																
NOTA Manta ou painel.																

Tabela B.7 - Lã de Rocha - Conservação de Energia (Espessura Econômica)

Tubulação NPS (in)	Temperatura Típica de Operação (°C)															Tipo
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
1/2	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	Tubo
3/4	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	63	63	63	
1	25	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	75	
1 1/2	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	75	75	
2	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	75	<u>75</u>	
2 1/2	25	25	25	25	38	38	38	38	51	51	63	63	75	75	<u>89</u>	
3	25	25	25	38	38	38	38	51	51	51	63	63	75	<u>75</u>	<u>89</u>	
4	25	25	25	38	38	38	38	51	51	63	63	75	75	89	<u>89</u>	
6	25	25	25	38	38	38	38	51	51	63	63	75	89	89	<u>102</u>	Nota 2
8	25	25	25	38	38	38	51	51	63	63	75	75	89	102	<u>102</u>	
10	25	25	25	38	38	38	51	51	63	63	75	89	89	<u>102</u>	<u>114</u>	Nota 3
12	25	25	38	38	38	38	51	51	63	75	75	89	102	<u>102</u>	<u>114</u>	
14	25	25	38	38	38	51	51	63	63	75	89	89	102	<u>114</u>	<u>126</u>	Feltro de lamelas
16	25	25	38	38	51	51	51	63	75	75	89	102	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	
18	25	25	38	38	51	51	51	63	75	75	89	102	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>126</u>	
20	25	25	38	38	51	51	51	63	75	89	89	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	
22	25	25	38	38	51	51	51	63	75	89	89	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	
24	25	25	38	38	51	51	51	63	75	89	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	
26	25	25	38	38	51	51	51	63	75	89	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	
28	25	25	38	38	51	51	51	63	75	89	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	
30	25	25	38	38	51	51	51	63	75	89	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	
32	25	25	38	38	51	51	51	63	75	89	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	
34	25	25	38	38	51	51	51	63	75	89	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	
36	25	25	38	38	51	51	51	63	75	89	<u>89</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>153</u>	
42	25	25	38	38	51	51	51	63	75	89	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	<u>153</u>	Nota 4
64 kg/m ³							96 kg/m ³				128 kg/m ³					
Equipamento (Torre, Vaso, Trocador etc.)	Temperatura Típica de Operação (°C)															Tipo
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
	25	25	38	38	51	51	63	75	<u>89</u>	<u>114</u>	<u>114</u>	<u>126</u>	<u>140</u>	<u>165</u>	<u>177</u>	Nota 4
64 kg/m ³							96 kg/m ³									
Tanque	25	25	38	38	51	51	63	<u>75</u>								Nota 5
64 kg/m ³																

NOTA 1 Campos sublinhados indicam que a espessura para o critério de proteção pessoal é maior do que para conservação de energia.

NOTA 2 Tubo, calha ou feltro de lamelas. Considerar as densidades indicadas apenas para feltros de lamelas.

NOTA 3 Calha ou feltro de lamelas. Considerar as densidades indicadas apenas para feltros de lamelas.

NOTA 4 Feltro de lamelas, painel ou manta.

NOTA 5 Painel ou manta.

Tabela B.8 - Lã de Rocha - Proteção Pessoal

Tubulação NPS (in)	Temperatura Máxima de Operação (°C)														Tipo
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
1/2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	Tubo
3/4	25	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	63	
1	25	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	75	
1 1/2	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	75	
2	25	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	75	89	
2 1/2	25	25	25	25	25	25	25	25	38	51	51	63	75	89	
3	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	51	63	89	102	
4	25	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	75	89	102	
6	25	25	25	25	25	25	25	38	51	51	63	75	89	114	Nota 1
8	25	25	25	25	25	25	25	38	51	63	75	89	102	126	
10	25	25	25	25	25	25	38	38	51	63	75	89	114	126	Nota 2
12	25	25	25	25	25	25	38	51	51	63	89	102	114	140	
14	25	25	25	25	25	25	38	51	63	75	89	102	126	153	
16	25	25	25	25	25	38	51	51	63	89	102	126	140	177	Feltro de lamelas
18	25	25	25	25	25	38	51	51	75	89	102	126	153	177	
20	25	25	25	25	25	38	51	63	75	89	114	140	153	189	
22	25	25	25	25	25	38	51	63	75	89	114	140	165	189	
24	25	25	25	25	25	38	51	63	75	102	114	140	165	204	
26	25	25	25	25	38	38	51	63	75	102	126	153	165	204	
28	25	25	25	25	38	38	51	63	75	102	126	153	177	204	
30	25	25	25	25	38	38	63	63	89	102	126	153	177	204	
32	25	25	25	25	38	38	63	63	89	102	126	153	177	204	
34	25	25	25	25	38	38	63	63	89	102	126	165	189	204	
36	25	25	25	25	38	38	63	63	89	114	140	165	189	204	
42	25	25	25	25	38	38	51	75	89	114	140	165	204	204	Nota 3
64 kg/m ³						96 kg/m ³				128 kg/m ³					
Equipamento (Torre, Vaso, Trocador etc.)	Temperatura Máxima de Operação (°C)														Tipo
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
	25	25	25	38	51	51	75	102	140	165	204	204	204	204	Nota 3
64 kg/m ³						96 kg/m ³				128 kg/m ³					
Tanque	25	25	25	38	51	63	89								Nota 4
64 kg/m ³															

NOTA 1 Tubo, calha ou feltro de lamelas. Considerar as densidades indicadas apenas para feltros de lamelas.

NOTA 2 Calha ou feltro de lamelas. Considerar as densidades indicadas apenas para feltros de lamelas.

NOTA 3 Feltro de lamelas, painel ou manta.

NOTA 4 Painel ou manta.

Tabela B.9 - Aerogel - Conservação de Energia (Espessura Econômica)

Tubulação NPS (in)	Temperatura Típica de Operação (°C)																Tipo
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	
1/2	5	10	10	10	15	15	15	15	20	20	20	20	25	25	30	30	Em manta
3/4	5	10	10	10	15	15	15	15	20	20	20	20	25	25	30	30	
1	5	10	10	15	15	15	15	20	20	20	20	25	25	30	30	35	
1 1/2	5	10	10	15	15	15	15	20	20	20	25	25	30	30	35	35	
2	5	10	10	15	15	15	15	20	20	25	25	30	30	35	35	40	
2 1/2	5	10	10	15	15	15	20	20	20	25	25	30	30	35	35	40	
3	5	10	10	15	15	15	20	20	20	25	30	30	35	35	40	40	
4	5	10	15	15	15	15	20	20	25	25	30	30	35	40	40	45	
6	5	10	15	15	15	20	20	20	25	30	30	35	35	40	45	45	
8	5	10	15	15	15	20	20	20	25	30	30	35	40	40	45	50	
10	5	10	15	15	15	20	20	25	25	30	35	35	40	45	45	50	
12	5	10	15	15	15	20	20	25	25	30	35	35	40	45	50	<u>50</u>	
14	5	10	15	15	15	20	20	25	25	30	35	35	40	45	50	<u>50</u>	
16	5	10	15	15	15	20	20	25	25	30	35	40	40	45	50	<u>55</u>	
18	5	10	15	15	15	20	20	25	25	30	35	40	40	45	50	<u>55</u>	
20	5	10	15	15	15	20	20	25	25	30	35	40	40	45	<u>50</u>	<u>55</u>	
22	5	10	15	15	15	20	20	25	25	30	35	40	40	<u>45</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	
24	5	10	15	15	15	20	20	25	25	30	35	40	45	<u>45</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	
26	5	10	15	15	15	20	20	25	25	30	35	40	45	<u>45</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	
28	5	10	15	15	15	20	20	25	30	30	35	40	45	<u>45</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	
30	5	10	15	15	15	20	20	25	30	30	35	40	45	<u>45</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	
32	5	10	15	15	15	20	20	25	30	30	35	40	45	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	
34	5	10	15	15	15	20	20	25	30	30	35	40	45	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	
36	5	10	15	15	15	20	20	25	30	30	35	40	<u>45</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	
42	5	10	15	15	15	20	20	25	30	30	35	<u>40</u>	<u>45</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	<u>55</u>	
Equipamento (Torre, Vaso, Trocador etc.)	Temperatura Típica de Operação (°C)																Tipo
	50	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	
	5	10	10	15	15	20	20	25	<u>30</u>	<u>35</u>	<u>40</u>	<u>45</u>	<u>50</u>	<u>55</u>	<u>60</u>	<u>65</u>	Nota 2
Tanque	5	10	10	15	15	20	20	25									Nota 2

NOTA 1 Campos sublinhados indicam que a espessura para o critério de proteção pessoal é maior do que para conservação de energia.

NOTA 2 Em manta.

Tabela B.10 - Aerogel - Proteção Pessoal

Tubulação o NPS (in)	Temperatura Máxima de Operação (°C)															Tipo
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	
1/2	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	15	15	20	20	Em manta
3/4	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	15	15	20	20	
1	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	15	15	20	20	25	
1 1/2	5	5	5	5	5	5	10	10	10	15	15	20	20	25	25	
2	5	5	5	5	5	5	10	10	10	15	15	20	20	25	30	
2 1/2	5	5	5	5	5	5	10	10	10	15	15	20	25	25	30	
3	5	5	5	5	5	5	10	10	15	15	20	20	25	30	35	
4	5	5	5	5	5	5	10	10	15	15	20	25	25	30	35	
6	5	5	5	5	5	10	10	15	15	20	25	25	30	35	40	
8	5	5	5	5	10	10	10	15	20	20	25	30	35	40	45	
10	5	5	5	5	10	10	10	15	20	25	25	30	35	45	50	
12	5	5	5	5	10	10	15	15	20	25	30	35	40	45	55	
14	5	5	5	5	10	10	15	15	20	25	30	35	40	45	55	
16	5	5	5	5	10	10	15	20	20	25	30	35	45	50	60	
18	5	5	5	10	10	10	15	20	20	25	30	40	45	50	60	
20	5	5	5	10	10	10	15	20	25	30	35	40	45	55	60	
22	5	5	5	10	10	10		20	25	30	35	40	50	55	65	
24	5	5	5	10	10	10	15	20	25	30	35	40	50	55	65	
26	5	5	5	10	10	10	15	20	25	30	35	45	50	60	70	
28	5	5	5	10	10	10	15	20	25	30	35	45	50	60	70	
30	5	5	5	10	10	10	15	20	25	30	40	45	55	60	70	
32	5	5	5	10	10	15	15	20	25	35	40	45	55	65	75	
34	5	5	5	10	10	15	15	20	25	35	40	45	55	65	75	
36	5	5	5	10	10	15	20	25	30	35	40	50	55	65	75	
42	5	5	5	10	10	15	20	25	30	35	45	50	60	70	75	
Equipamento (Torre, Vaso, Trocador etc.)	Temperatura Máxima de Operação (°C)															Tipo
	75	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	
	5	5	10	15	15	20	25	35	40	50	60	75	75	75	75	Nota
Tanque	5	5	10	15	15	20	25									Nota
NOTA Em manta.																

FORMULÁRIO DE REGISTRO DE IMPACTOS (FRI)

REV. H

Potenciais Impactos Gerais das Mudanças:

- As áreas de projeto e de contratação de serviços devem avaliar projetos e contratos em fase de planejamento para verificar eventuais necessidades de ajustes na documentação.
- As áreas operacionais devem avaliar as eventuais necessidades de ajustes nos Padrões SINPEP e Especificações/Documentos Operacionais.

Item da Norma	Mudança	Razão para a Mudança	Potenciais Impactos
3.5	Alteração da definição de Proteção Pessoal	A definição anterior agregava também o conceito de conforto térmico, que passou a empregado apenas para avaliação específica de tintas isolantes (item 5.2.6).	A alteração da definição impacta somente a compreensão da norma.
3.8	Inclusão da definição de corrosão sob isolamento (CUI)	Definição necessária para compreensão de novos itens introduzidos.	A inclusão impacta somente a compreensão da norma.
3.9	Inclusão da definição de materiais WRG (grau repelente à água)	A aditivação de isolantes como o silicato de cálcio, fibra cerâmica e lã de rocha pode tornar estes materiais hidrorrepelentes, sendo melhores alternativas para a prevenção da CUI.	A inclusão impacta somente a compreensão da norma.
4.1.7	Inclusão e alteração de orientações sobre a adequação do projeto do isolamento em serviços de manutenção.	Melhor clareza das orientações sobre a adequação do projeto do isolamento mediante a necessidade de reparos.	Para reparos de grandes trechos isolados, pode ser necessária a adequação do material e/ou espessura, devendo-se prever atualização do projeto conforme esta revisão.
4.2.5 e Figuras A.1, A.2 e A.3	<ul style="list-style-type: none"> • Inclusão de orientações para a seleção de materiais isolantes considerando os fatores que influenciam a CUI. • Incorporação da Tabela 1 da N-550-G (revisão anterior), que orienta a seleção de materiais isolantes por tipo de equipamento ou tubulação. • Inclusão da informação da temperatura limite de uso de cada material isolante. • Inclusão de orientações para uso de materiais isolantes WRG. 	A CUI é um problema crônico que afeta equipamentos e tubulações isoladas em toda a companhia, sendo fundamental a seleção de materiais isolantes que possam contribuir para a prevenção desse tipo de falha.	<ul style="list-style-type: none"> • Conforme o grau de suscetibilidade à CUI, devem ser especificados os materiais mais indicados para cada situação, considerando ainda o tipo de equipamento/tubulação e a temperatura limite de uso de cada material. • Necessidade de avaliar a adequação dos mecanismos de aquisição de materiais, para que seja possível o uso de isolantes WRG.

Item da Norma	Mudança	Razão para a Mudança	Potenciais Impactos
5.1.4 e Tabelas B.1, B.3, B.5, B.7 e B.9	Inclusão de orientação quanto à aplicação da temperatura típica de operação como referência para o critério de Conservação de Energia.	A N-550-G (revisão anterior) não indica qual temperatura deve ser considerada, causando dúvida em relação à aplicação deste critério, podendo provocar o dimensionamento incorreto.	Supressão de dúvidas quanto à aplicação do critério, evitando equívocos no dimensionamento para Conservação de Energia.
5.2.4 e Tabelas B.2, B.4, B.6, B.8 e B.10	Inclusão de orientação quanto à aplicação da temperatura máxima de operação como referência para o critério de Proteção Pessoal.	A N-550-G (revisão anterior) não indica qual temperatura deve ser considerada, causando dúvida em relação à aplicação deste critério, podendo causar o dimensionamento incorreto.	Supressão de dúvidas quanto à aplicação do critério, evitando equívocos no dimensionamento para Proteção Pessoal.
5.2.5	Alteração das orientações para uso de barreira física em equipamentos ou tubulações em que a perda de calor é desejável ou que são internamente isolados, incluindo a referência da N-250 para montagem.	Disponibilização de orientação de montagem de barreiras físicas para Proteção Pessoal na N-250-J.	Indicação de detalhes construtivos e orientações para a montagem de barreiras físicas para Proteção Pessoal.
5.2.6	Inclusão de orientação para o uso alternativo [Prática Recomendada] de barreiras físicas ou tintas isolantes para proteção de equipamentos ou tubulações a alta temperatura, cujo único e exclusivo critério aplicável seja a Proteção Pessoal e que operem até 150 °C.	Disponibilização de soluções alternativas não suscetíveis (ou de baixa suscetibilidade) à CUI, que permitem a substituição do isolamento para Proteção Pessoal.	Eliminação (ou redução do grau de suscetibilidade) da CUI em tubulações e equipamentos isolados exclusivamente para Proteção Pessoal e que operem até 150 °C.