

## **ENSAIO NÃO DESTRUTIVO - TERMOGRAFIA**

### **Procedimento**

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

- Indicação de item, tabela ou figura de conteúdo alterado 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 - 27**

Ensaio Não-Destrutivo

### **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

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis à realização de ensaio não-destrutivo através de inspeção termográfica.

1.2 Esta Norma se aplica a inspeção de equipamentos de processos e sistemas elétricos através da obtenção de imagens térmicas.

1.3 A inspeção termográfica tem caráter predominantemente qualitativo.

1.4 O ensaio não-destrutivo objeto, desta Norma se aplica a partir da data de sua emissão.

1.5 Esta Norma contém Requisitos Mandatórios e Práticas Recomendadas.

## ■ 2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contém prescrições válidas para a presente Norma.

PETROBRAS N-2162	- Permissão para Trabalho;
PETROBRAS N-2475	- Inspeção Termográfica em Sistemas Elétricos;
PETROBRAS N-2487	- Inspeção Termográfica em Equipamentos de Processos;
ASTM E 1316	- Standard Terminology for Nondestructive Examination - item J - Infrared Examination.

## 3 DEFINIÇÕES

Para os propósitos desta Norma são adotadas as definições indicadas nos itens 3.1 a 3.13.

### 3.1 Termografia

É o ensaio não-destrutivo realizado através de visualização da radiação infravermelha emitida pelos objetos, que permite o registro de imagens térmicas.

### 3.2 Imagem Térmica

É a imagem produzida a partir da radiação térmica emitida pelos objetos.

### **3.3 Termograma**

É o registro da imagem térmica obtida na ensaio termográfico.

### **3.4 Corpo Negro**

É o corpo ideal que emite e absorve a qualquer temperatura, toda radiação térmica incidente sobre ele.

### **3.5 Emissividade**

É a relação entre a energia irradiada por um corpo qualquer e a energia irradiada por um corpo negro numa mesma temperatura.

### **3.6 Atenuação Atmosférica**

É a perda de energia, por absorção pela atmosfera, entre o objeto e o receptor. A atenuação atmosférica aumenta com a distância entre o objeto e o receptor.

### **3.7 Temperatura Ambiente**

É a temperatura do ambiente onde está localizado o objeto a ser inspecionado.

### **3.8 Referência**

É um objeto com emissividade conhecida tomado como objeto-padrão.

### **3.9 Temperatura de Referência**

É a temperatura conhecida da referência utilizada para a calibração do instrumento termográfico, quando aplicável.

### **3.10 Isotermas**

Regiões do objeto a ser inspecionado, com iguais níveis de temperatura.

### **3.11 Radiação Térmica**

É a energia radiante emitida por todo e qualquer objeto que esteja a uma temperatura acima do zero absoluto.

### **3.12 Nível Isotérmico**

É a quantidade de radiação térmica emitida por uma superfície ou objeto em uma determinada faixa de temperatura.

### **3.13 Saturação**

Ajuste da imagem térmica à quantidade de energia que incide no receptor, quando aplicável.

## **4 CONDIÇÕES GERAIS**

### **4.1 Aparelhagem**

4.1.1 Devem ser utilizados aparelhos capazes de obter imagens térmicas dotados de recursos para análises e determinação de regiões de diferentes temperaturas, sendo que o uso de outro aparelho diferente do citado implica em aprovação prévia pela PETROBRAS.

4.1.2 O equipamento a ser utilizado deve ter os seguintes requisitos:

- a) sistemas de varredura (câmera);
- b) unidade de vídeo;
- c) possibilitar a inspeção termográfica na faixa de temperaturas de - 10 °C a 1500 °C, com resolução e sensibilidade satisfatórias;
- d) sistemas de registros permanente de imagens (fotografia, fita de vídeo, registro digital);
- e) possuir intercambialidade de pelo menos as lentes de 7° e 20°, ou sistema de lentes “zoom”;
- f) ser portátil com configuração compacta e resistente às condições de uso;
- g) possuir filtros adequados à inspeção interna de fornos e para proteção contra reflexo solar.

### **4.1.3 Ajuste do Aparelho**

O ajuste dos aparelhos que não possuem sistema automático deve ser efetuado utilizando-se os parâmetros: lentes; filtro; abertura do diafragma e sensibilidade adequados aos níveis de temperatura a serem medidos. Uma vez determinados esses parâmetros, obtém-se o nível isotérmico da referência na temperatura determinada. O ajuste deve ser efetuado diariamente nas seguintes situações:

- a) início de serviço;
- b) quando houver alterações nas condições de inspeção;
- c) reinício de serviços após cada interrupção.

#### ■ 4.1.4 Calibração do Aparelho

Em sistemas de imageamento térmico que não proporcionem a obtenção direta de temperatura, devem ser utilizadas as curvas de calibração de cada aparelho, ou um sistema de aquisição de dados. Os aparelhos dotados de sistema automático de calibração bem como os demais aparelhos, devem ser calibrados no máximo a cada 3 anos.

#### ■ 4.1.5 Instrumentos Auxiliares

Todos os instrumentos e aparelhos auxiliares utilizados na inspeção termográfica (pirômetros, termopares e outros) devem ser calibrados.

### 4.2 Tabela de Emissividade

A TABELA constante do ANEXO A mostra os valores de emissividade recomendados para os diversos materiais. No caso da emissividade dos materiais a serem inspecionados não constar da TABELA, ou as temperaturas forem diferentes, a emissividade deve ser determinada experimentalmente. Podem ser usados indicadores com emissividade conhecida nos pontos de inspeção. **[Prática Recomendada]**

### 4.3 Fatores de Correção de Temperatura

Na determinação da temperatura devem ser considerados os seguintes fatores:

- a) ângulo entre a câmera e a superfície de observação, quando menores que 30°;
- b) atenuação atmosférica;
- c) velocidade do vento;
- d) carga (para sistemas elétricos);
- e) distância entre a câmera e o objeto a ser medido para inspeções internas em fornos.

Nota: Sempre que ocorre pelo menos uma das situações acima, os valores de temperatura encontrados tem menor exatidão.

### 4.4 Requisitos Adicionais

Os seguintes cuidados devem ser observados quando da realização do ensaio.

- a) não efetuar a inspeção através de anteparas de vidro;
- b) efetuar a inspeção externa preferencialmente sem incidência de luz solar ou chuva e quando possível a noite;
- c) evitar posicionar o aparelho nas proximidades de equipamentos elétricos que operam com frequências elevadas, de modo a prevenir interferências.

## ■ 4.5 Requisitos de Segurança

4.5.1 Obter a permissão de trabalho conforme a norma PETROBRAS [N-2162](#).

4.5.2 Devem ser utilizados equipamentos de proteção individual (EPI's) conforme a necessidade de cada serviço.

## 4.6 Procedimento de Inspeção

4.6.1 Devem constar os seguintes itens, na seqüência indicada:

- a) objetivo;
- b) normas de referência;
- c) equipamentos ou componentes a serem inspecionados;
- d) aparelho, tipo, fabricante e modelo;
- e) método de calibração;
- f) faixa de temperatura a ser determinada;
- g) requisitos adicionais;
- h) sistemática de registro de resultados;
- i) sistema para relatório de registro de resultados;
- j) formulário para relatório de registro de resultados;
- l) registro de qualificação do procedimento.

4.6.2 O procedimento deve ter o nome do emitente (órgão da PETROBRAS ou firma executante) ser numerado e ter indicação da revisão.

### 4.6.3 Qualificação do Procedimento de Inspeção

O procedimento de inspeção é considerado qualificado quando aplicando-se os requisitos previstos nos procedimentos do executante, esses apresentarem desempenho satisfatório em testes similares nas condições de trabalho.

## ■ 4.6.4 Revisão e/ou Requalificação do Procedimento de Inspeção

4.6.4.1 Sempre que qualquer das variáveis citadas no item 4.6.1 for alterada, deve ser emitida uma revisão do procedimento.

4.6.4.2 Sempre que qualquer das variáveis citadas no item 4.6.1 alíneas b), c), d), e), f), g) for alterada, o procedimento deve ser requalificado.

## **5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS**

### **5.1 Inspeção de Equipamentos de Processo**

#### **■ 5.1.1 Inspeções Interna e Externa**

Devem ser efetuadas conforme a norma PETROBRAS [N-2487](#).

5.1.1.1 A inspeção interna é efetuada nos componentes internos de fornos.

5.1.1.2 A inspeção externa é efetuada na superfície externa dos componentes de fornos, caldeiras, permutadores, vasos de pressão, conversores, dutos, chaminés, tubulações e outros equipamentos de processo.

### **5.2 Inspeção de Sistemas Elétricos**

5.2.1 A inspeção deve ser efetuada conforme a norma PETROBRAS [N-2475](#).

5.2.2 A inspeção é efetuada em linhas de transmissão, transformadores, barramentos, painéis elétricos, equipamentos de proteção elétrica e demais equipamentos de geração e distribuição de energia.

#### **■ 5.3 Registro de Resultados**

5.3.1 Os resultados do ensaio devem ser registrados por meio de um sistema de identificação e rastreabilidade que permita correlacionar o local examinado com o relatório e vice-versa.

5.3.2 Deve ser emitido um relatório contendo:

- a) nome do emitente (órgão da PETROBRAS ou firma executante);
- b) identificação numérica;
- c) identificação do equipamento;
- d) número e revisão do procedimento;
- e) condições operacionais do equipamento;
- f) registro dos resultados, indicando o local do ensaio com delimitação e posicionamento das anormalidades;
- g) normas ou valores de referência para interpretação dos resultados obtidos na inspeção;



- h) laudo indicando a situação ou recomendação de ensaio complementar;
- i) data e hora;
- j) identificação e assinatura do inspetor responsável.

- 5.3.3 A descrição da sistemática de registro de resultados pode ser dispensada de constar no procedimento de inspeção, a critério da PETROBRAS, se o executante (órgão da PETROBRAS ou firma executante) apresentar em seu Sistema de Qualidade uma sistemática que atenda a 5.3.1. **[Prática Recomendada]**

\_\_\_\_\_  
  
**/ANEXO A**



## ANEXO A - TABELAS

TABELA A-1 - EMISSIVIDADE (E) DOS MATERIAIS (CONTINUA)

SUPERFÍCIE	°C	EMISSIVIDADE (E)
<b>1 METAIS</b>		
<b>1.1 Aço</b>		
- aço polido;	100	0,70
- aço oxidado a 600 °C;	200/600	0,79
- chapa de aço;	900/1040	0,55/0,60
- chapa de aço laminada;	21	0,66
- chapa de aço com camada de óxido;	24	0,82
- placa de aço áspera;	38/370	0,94/0,97
- aço liga (5 %, 7 %, 9 % Cr 1/2 Mo) oxidado a alta temperatura;	500	0,91
- aço inox (25-20) oxidado a alta temperatura;	215/525	0,90/0,97
- aço inox (18-8) polido;	20	0,16
- aço inox (18-8) oxidado;	60	0,85
- aço inox (A-312 tp 321);	500/620	0,91
- aço inox (A-297 HK 40).	900/1030	0,90
<b>1.2 Alumínio</b>		
- chapa comercial;	100	0,09
- altamente oxidado;	93/504	0,20/0,31
- óxido.	500/827	0,42/0,26
<b>1.3 Chumbo</b>		
- oxidado a 150 °C.	200	0,63
<b>1.4 Cobre</b>		
- polido;	100	0,05
- comercial;	22	0,07
- placa coberta com espessa camada de óxido;	25	0,78
- placa aquecida a 600 °C.	200/600	0,57
<b>1.5 Cromo Polido</b>	38	0,08
<b>1.6 Estanho</b>		
- chapa de aço estanhada.	100	0,07
<b>1.7 Ferro</b>		
- ferro polido;	425/1025	0,14/0,38
- ferro (placa) oxidado;	20	0,69
- ferro, superfície cinza escuro;	100	0,31
- ferro batido oxidado;	21/360	0,94
- ferro fundido oxidado a 600 °C;	100/600	0,64/0,78
- ferro fundido bastante oxidado;	38/250	0,95
- ferro fundido polido;	40/200	0,21
- óxido de ferro.	500/1200	0,85/0,89

TABELA A-1 - EMISSIVIDADE (E) DOS MATERIAIS (CONTINUAÇÃO)

SUPERFÍCIE	°C	EMISSIVIDADE (E)
<b>1.8 Latão</b>		
- altamente polido;	100	0,03
- placa laminada sup. natural;	22	0,06
- placa fosca;	50/350	0,22
- oxidado a 600 °C.	200/600	0,61/0,69
<b>1.9 Magnésio</b>		
- polido;	20	0,07
- óxido de magnésio.	277/827	0,55/0,20
<b>1.10 Níquel</b>		
- polido;	100	0,07
- placa oxidada a 600 °C.	200/600	0,37/0,48
<b>1.11 Ouro</b>		
- altamente polido.	100	0,02
<b>1.12 Prata</b>		
- polida.	100	0,03
<b>1.13 Zinco</b>		
- polido;	38	0,04
- puro, comercial, polido;	260	0,05
- chapa de aço galvanizado.	34	0,28
<b>2 REFRATÁRIO E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO</b>		
<b>2.1 Alumina</b>		
- granulação 10 microns;	1010/1565	0,30/0,18
- granulação 50 microns;	1010/1565	0,39/0,28
- granulação 100 microns.	1010/1565	0,50/0,40
<b>2.2 Amianto</b>		
- papel.	38	0,93
<b>2.3 Asbestos</b>		
- placa;	23	0,95
- folha.	38/370	0,93/0,94
<b>2.4 Asfalto</b>	38	0,93
<b>2.5 Borracha</b>		
- dura, lisa;	23	0,94
- macia, áspera.	24	0,86
<b>2.6 Carbono</b>		
- filamento;	1038/1400	0,52
- placa áspera;	100	0,77
- idem;	320/500	0,77/0,72
- grafite.	250/510	0,98

**TABELA A-1 - EMISSIVIDADE (E) DOS MATERIAIS (CONTINUAÇÃO)**

<b>SUPERFÍCIE</b>	<b>°C</b>	<b>EMISSIVIDADE (E)</b>
<b>2.7 Concreto</b> - superfície vitrificada.	20	0,94
<b>2.8 Estuque</b>	10/89	0,91
<b>2.9 Gesso</b>	38	0,91
<b>2.10 Madeira</b> - carvalho aplainado.	21	0,90
<b>2.11 Mármore</b> - cinza claro, polido.	22	0,93
<b>2.12 Papel de Parede</b>	21	0,91
<b>2.13 Plástico</b> - acrílica, superfície nova; - superfície jateada ou opaca.	33/37 33/37	0,96 0,93
<b>2.14 Porcelana</b>	22	0,92
<b>2.15 Quartzo</b>	21	0,93
<b>2.16 Reboco</b> - revestimento áspero.	20	0,91
<b>2.17 Sílica</b> - granulação 10 microns; - granulação de 70 a 600 microns.	1010/1565 1010/1065	0,42/0,33 0,62/0,46
<b>2.18 Telha de Concreto</b>	1000	0,63
<b>2.19 Tijolo</b> - vermelho áspero (comum); - refratário; - refratário magnésítico; - de construção.	21 1000 1000 1000	0,93 0,75 0,38 0,45
<b>2.20 Vidro</b> - refratários; - placa polida; - gipsita.	260/538 21 21	0,95/0,85 0,94 0,90
<b>3 PINTURA E LACAS</b> - verniz branco s/ placa de ferro; - laca branca; - laca branca s/ferro; - laca cinza/preto; - pintura a óleo, médio de 16 cores; - pintura de alumínio; - pintura de alumínio após aquecida a 350 °C.	23 100 24 100 100 100 150/315	0,90 0,92 0,87 0,97 0,92/0,96 0,52 0,35

**TABELA A-1 - EMISSIVIDADE (E) DOS MATERIAIS (CONCLUSÃO)**

<b>SUPERFÍCIE</b>	<b>°C</b>	<b>EMISSIVIDADE (E)</b>
<b>4 OUTROS MATERIAIS</b>		
<b>4.1 Papel</b>	20	0,93
<b>4.2 Areia</b>	20	0,90
<b>4.3 Pele Humana</b>	32	0,98
<b>4.4 Solo</b>		
- Seco;	20	0,92
- saturado em água.	20	0,95
<b>4.5 Água</b>		
- destilada;	20	0,96
- gelo liso;	-10	0,96
- neve;	-10	0,85
- geada, cristais.	-10	0,98