



1. OBJETIVO

- 1.1 A utilização deste documento destina-se ao treinamento de candidatos à certificação no método de END e técnica descrita. A aplicação deste procedimento deve ser feita sob a supervisão do N3.
- 1.2 Este documento não deve ser considerado como referência para trabalho de inspeção em campo.
- 1.3 Este procedimento estabelece as condições necessárias para a execução do ensaio não destrutivo por meio de Ultrassom para medição de espessura.

2. NORMAS DE REFERÊNCIA

- 2.1 ASME Sec. V Art 4 – Edição 2023
- 2.2 ASTM SE-797 – Edição 2021

3. MATERIAL

- 3.1 Chapas, tubos, forjados e fundidos de aço carbono, ligas de níquel, aço inoxidável austenítico, ferrítico e martensítico.
- 3.2 Faixas de espessura:
 - 3.2.1 Aço Carbono - 4,0 a 80,0 mm.
 - 3.2.2 Aço Inoxidável austenítico, ferrítico e martensítico - 4,0 a 25,0 mm.
 - 3.2.3 Ligas de níquel – 4,0 a 25,0 mm
- 3.3 Faixa de diâmetro $\geq 3/4"$.

Nota: podem ser utilizados nos exames de qualificação materiais diferentes como PVC e acrílico, com o objetivo de simular espessuras de aço carbono e aços inoxidáveis.

4. APARELHO

O aparelho para medição de espessura deve ser de leitura digital, com precisão mínima de medição de $\pm 0,1\text{mm}$. O aparelho deve gerar frequência na faixa de 2 a 10 MHz.

5. CABEÇOTE

- 5.1 O(s) cabeçote(s) deve(m) ser do tipo duplo-cristal apropriado para faixa de espessura e temperatura de ensaio, com frequência entre 2 e 10 MHz.
- 5.2 Para medição de espessuras em peças e componentes com diâmetros menores do que 2", deve ser utilizado cabeçote duplo-cristal de diâmetro $\leq 6,4\text{mm}$

6. MÉTODO DE CALIBRAÇÃO

- 6.1 A calibração do aparelho deve ser executada com auxílio de um bloco padrão calibrado do mesmo material que será inspecionado cujas espessuras devem estar numa tolerância de $\pm 0,05\text{ mm}$ da espessura nominal. Nas figuras 1, 2 e 3 constam os blocos a serem usados.

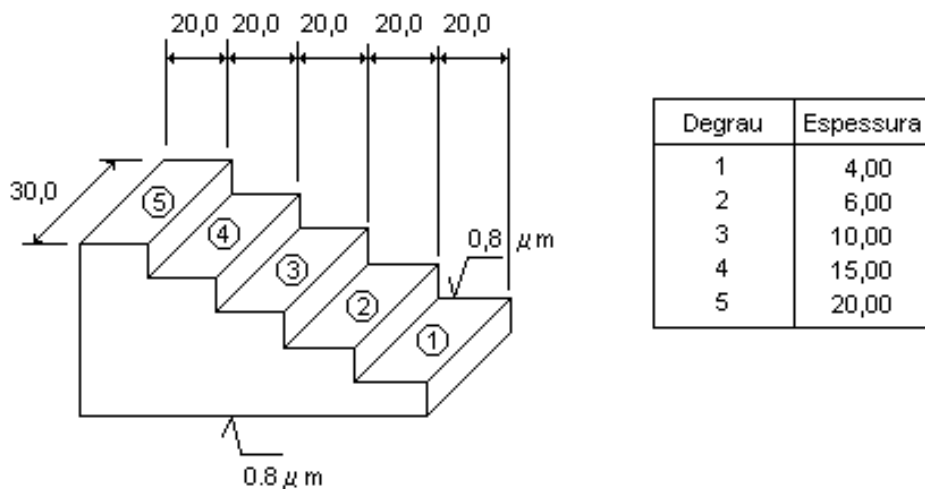


FIGURA 1 - Bloco de Calibração de Aço carbono

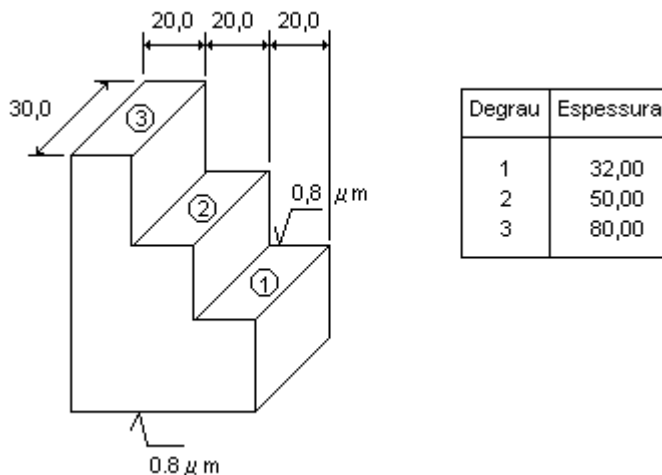


FIGURA 2 - Bloco de Calibração de Aço carbono

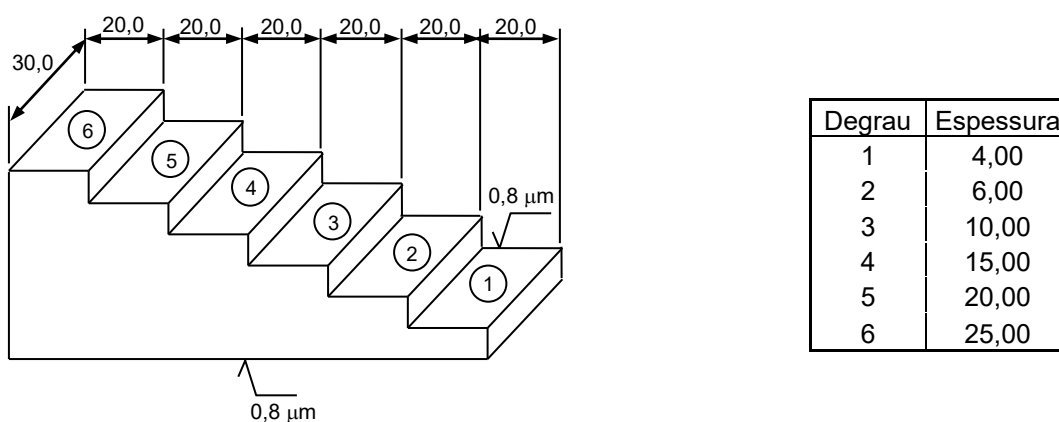


FIGURA 3 - Bloco de Calibração de Aço inoxidável e ligas de níquel

6.2 Para aparelhos não microprocessados, o aparelho é considerado calibrado para medir espessuras numa faixa de $\pm 25\%$ da espessura do bloco padrão.



6.3 Para aparelhos microprocessados, que possuem correção automática de desvios (caminho V), a calibração do aparelho deve ser efetuada de acordo com as recomendações do fabricante. Entretanto, adicionalmente às recomendações do fabricante, deve ser efetuada pelo menos uma calibração em uma espessura do bloco de calibração de espessura maior ou igual a espessura a ser medida, e deve ser verificado se a calibração é mantida para a menor espessura a ser medida.

6.4 A calibração deve ser efetuada a cada:

- a) início e término de serviço;
- b) etapa que não deve ultrapassar a uma hora de serviço;
- c) reinício do serviço após cada interrupção.;
- d) Sempre que o aparelho for ligado.

6.5 Quando a superfície a ser medida apresentar temperaturas elevadas (na faixa de $> 60^{\circ}\text{C}$ a 550°C), os valores encontrados devem ser corrigidos segundo um dos seguintes métodos citados abaixo. O método “A” por ser teórico, deve ser empregado somente quando se pretende obter uma idéia aproximada do valor da espessura. Quando for requerida precisão, o método “B” deve ser empregado.

6.5.1 MÉTODO A

Valor da espessura real aproximada é determinado através da aplicação direta da fórmula indicada abaixo:

$$Er = \frac{Emq \times (Vsa - K\Delta T)}{Vsa}$$

onde:

Er = espessura real (mm);

Emq = espessura da medida a quente (mm);

Vsa = velocidade do som no bloco à temperatura ambiente;

ΔT = diferença entre a temperatura da superfície do material inspecionado e do bloco ($^{\circ}\text{C}$).

K = constante de redução da velocidade em função do aumento da temperatura, igual a 1 m/s / $^{\circ}\text{C}$

6.5.2 MÉTODO B

6.5.2.1 O valor da espessura real é determinado através da aplicação de um fator de correção ao valor da espessura medida a quente. O fator de correção é determinado da seguinte forma:

6.5.2.2 O aparelho deve ser calibrado com o auxílio de 2 blocos-padrão idênticos, sendo que um deve ser mantido na temperatura ambiente e outro na temperatura em que se encontra o equipamento que terá sua espessura medida. A temperatura do bloco aquecido deve ser verificada por meio de termômetro de contato calibrado. Calibrar o equipamento na espessura aplicável do bloco à temperatura ambiente e em seguida efetuar a leitura no bloco aquecido. Dividir o valor da medição a frio pelo valor obtido na medição à quente. O valor obtido é denominado de fator de correção.

6.5.2.3 Para se determinar o valor da espessura real do equipamento, deve-se multiplicar o valor da espessura medida a quente pelo fator de correção.

6.5.2.4 Observar que para medições a quente, o aparelho é considerado calibrado para medir espessuras numa faixa de $\pm 25\%$ da espessura do bloco padrão utilizado na calibração do aparelho.

6.5.2.5 Nos casos de medição de espessura a quente, a calibração deve ser efetuada a cada:

- a) início dos serviços;
- b) a cada 10 medições



7. CONDIÇÃO SUPERFICIAL

7.1 As superfícies devem ser lisas, livres de óxido, carepa, tinta, sujeiras e rebarbas, ou qualquer outra substância que possa afetar o resultado de medição.

7.2 Quando necessário, a superfície deve ser preparada por raspagem, escovamento, lixamento ou esmerilhamento em uma área mínima de 25 mm de diâmetro.

7.3 Se for utilizado aparelho microprocessado com recurso de remoção da espessura de pintura/revestimento, materiais, peças e/ou componentes pintados não irão requerer remoção da pintura para medição.

7.4 No caso de medição à quente, o resíduo do acoplante deve ser removido entre as medições.

7.5 Para aços inoxidáveis, as ferramentas de preparação da superfície devem ser de aço inoxidável ou revestidas com este material. Os discos de corte e esmerilhamento devem ter alma de nylon ou similar.

8. TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE

A temperatura da superfície deve estar na faixa de 10° a 450° C.

9. ACOPLANTE

9.1 Como acoplante deve ser utilizada graxa, óleo ou glicerina. Em superfícies com temperatura elevada (>60° C), o acoplante deve ser apropriado para a temperatura de medição e deve ser aplicado no cabeçote e não diretamente na peça a ser inspecionada.

9.2 Quando aço inoxidável austenítico, o mesmo deve possuir certificado de análise do teor de cloro e flúor. A análise deve ser procedida da seguinte forma: - Colocar 50 g do acoplante em uma placa Petri descoberta de 150 mm de diâmetro para evaporar em temperatura de 90 a 100 graus Celsius por 60 minutos. Caso o resíduo for maior ou igual a 0,0025 g, o mesmo deve ser analisado de acordo com a norma ASTM D 808 ou SE-165. O teor de cloro somado ao de flúor não deve exceder a 1 % do resíduo em peso.

9.3 Quando o acoplante for aplicado em superfícies de ligas de níquel, deve possuir certificado de análise do teor de enxofre. A quantidade máxima permitida de enxofre na amostra utilizada não deve ser maior do que 250 ppm.

10. REQUISITOS ADICIONAIS

10.1 Durante a execução do ensaio devem ser realizadas no mínimo duas medidas de cada ponto de medição. Quando forem obtidas medidas diferentes com desvio maior do que 0,2mm, a calibração deve ser verificada, e caso persista a diferença deve ser registrada a de menor valor.

10.2 Para o ensaio de corpo de prova do tipo tubos deve ser realizada a medição criteriosa com varredura ponto a ponto em toda a seção, aguardando a estabilização do acoplamento a cada medição, com a finalidade de observar pequenas variações e identificar a menor espessura a ser registrada no Anexo I. Quando forem apresentadas seções de tubo com reticulado, devem ser efetuadas pelo menos cinco medições em cada quadrante do reticulado. Nos quadrantes onde forem constatadas reduções na espessura nominal (acima de 0,4 mm) deve ser feito uma varredura adicional dentro deste quadrante registrando-se a menor espessura. A menor espessura encontrada deve ser registrada no respectivo quadrante conforme anexo II. Para registro no relatório (anexo I) vale a menor espessura encontrada no corpo-de-prova, peça ou componente.

10.3 Para inspeção de chapas, forjados e fundidos, a medição deve ser realizada conforme requerido pela especificação de projeto, normas de fabricação ou plano de inspeção. Se for prevista varredura em 100% da peça ou componente, deve ser prevista uma sobreposição de 10% do diâmetro do cabeçote quando realizando a varredura em linhas. Também deve ser tomada atenção para reduções pontuais que podem ser oriundas de descontinuidades típicas do processo de fabricação, como poros, delaminações, segregações etc.



10.4 Quando em uma medição de espessura em pontos aleatórios ou pré-determinados em uma tubulação, vaso de pressão ou componentes, for observada uma redução na espessura nominal maior do que 0,4 mm, a região adjacente em um raio de 25 mm deve ser pesquisada para verificar a presença de reduções maiores de espessura. Neste caso, a menor espessura deve ser registrada e uma observação deve ser realizada em relatório.

10.5 Quando a medição for efetuada em superfícies com alta temperatura ($> 60^{\circ}\text{C}$), deve ser observado o tempo máximo de contato do cabeçote com a superfície em função da temperatura, de acordo com as características de cada cabeçote. O cabeçote deve ser resfriado após cada medição.

11. CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO

11.1 Todos os resultados das medições realizadas devem constar no relatório (Anexo I) e somente para os tubos ou seções de tubo deve ser efetuada a avaliação da menor espessura encontrada.

11.2 Os quadrantes das seções de tubo com reticulado que apresentarem redução da espessura superior a 0,4 mm devem ser registrados no Anexo II.

11.3 A espessura mínima aceitável de cada tubo ou seção deve ser registrada no relatório (anexo I).

11.4 Reduções de espessura $\geq 12\%$ (doze por cento) da espessura nominal fornecida devem ser consideradas reprovadas.

12. SISTEMÁTICA DE REGISTRO DE RESULTADOS

O resultado das medições deve ser registrado em relatório (Anexo I) indicando a identificação da peça, componente ou corpo de prova e o valor encontrado.

13. ANEXOS

13.1 Anexo I - Relatório de Ensaio

13.2 Anexo II – Mapeamento de perda de espessura (somente para seções de tubo com reticulado)



ULTRASSOM – MEDIÇÃO DE ESPESSURA
PROCEDIMENTO DE END
PR-036

Manual: S-US
Página: 6 de 7
Revisão: 10 (Abr/2025)

ANEXO I



RELATÓRIO DE ENSAIO
ULTRASSOM
MEDIÇÃO DE ESPESSURA

PROCEDIMENTO Nº/REV.:	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO:	RELATÓRIO Nº:
		FOLHA: de
MATERIAL:	CONDIÇÃO DA SUPERFÍCIE:	TEMPERATURA [°C]:

MEDIÇÃO DE VELOCIDADE		ESPESSURA (mm)	VELOCIDADE OBTIDA (m/s)
	CP 01		
	CP 02		

APARELHO		CABEÇOTE			
Fabricante	Modelo	Fabricante	Modelo	Dimensão	Frequência

REGISTROS			
Nº CP	Medida [mm]	Espessura do Bloco de Calibração [mm]	OBSERVAÇÕES

Número do Tubo	Espessura nominal [mm]	Menor Medida obtida [mm]	Medida mínima tolerada [mm]	Bloco de calibração [mm]	Laudo	CROQUI

OBSERVAÇÕES:

NOME:		NÚMERO:	
ASSINATURA:			
EMPRESA:	DATA:	VISTO:	



ULTRASSOM – MEDIÇÃO DE ESPESSURA
PROCEDIMENTO DE END
PR-036

Manual: **S-US**
Página: **7 de 7**
Revisão: **10 (Abr/2025)**

ANEXO II



RELATÓRIO DE ENSAIO
ULTRASSOM
MAPEAMENTO DE PERDA DE ESPESSURA

--

PROCEDIMENTO Nº/REV.:	CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO:	RELATÓRIO Nº:
		FOLHA: de

	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

NOME:		NÚMERO:	
ASSINATURA:			
EMPRESA:	DATA:	VISTO:	