



1. OBJETIVO

1.1 Este procedimento estabelece as condições necessárias para a execução de medição de espessura por ultrassom em chapas e paredes de tubos, em exames de qualificação / certificação de profissionais no setor subaquático.

1.2 Este procedimento é aplicável para o ensaio de medição de espessura por ultrassom, através dos métodos direto e remoto onde o método direto é realizado por mergulhador, com observação direta da superfície a ser inspecionada e método remoto é o ensaio realizado com o auxílio de dispositivos ópticos, através de veículos remotamente dirigidos.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- ABENDI NA-003 - Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaio Não Destrutivos – Setor Subaquático
- ABNT NBR 15824 – Ensaio Não Destrutivos – Ultrassom – Medição de Espessura
- ABNT NBR NM 335 - Ensaio não destrutivo - Ultrassom - Terminologia
- ABNT NBR 15549 – Ensaio Não Destrutivos – Ultrassom – Verificação da aparelhagem de medição de espessura de parede para inspeção subaquática
- Manual de Operações do equipamento

3. TERMINOLOGIA

Para a aplicação deste procedimento serão utilizadas as terminologias definidas nas normas ABNT citadas no item 2 e na norma ABENDI NA-003 para conceitos gerais da qualificação e certificação.

4. MATERIAIS, DIÂMETRO, FAIXA DE ESPESSURA E RAIOS DE CURVATURA

- Materiais: Aços carbono, aços de baixa liga com teores de elementos de liga até 6% e aços inoxidáveis austeníticos.
- Faixa de espessura: igual ou maior que 3,8 mm até 99,9 mm.
- Diâmetro: maior ou igual a 2" (50,8 mm).
- Raio e curvatura: maior ou igual a 1" (25,4 mm).

5. APARELHO, FAIXA DE MEDIÇÃO E PROFUNDIDADE MÁXIMA DE UTILIZAÇÃO

O aparelho para medição de espessura deve ser de leitura digital, com resolução mínima de medição de $\pm 0,1$ mm. O aparelho deve gerar frequência na faixa de, no mínimo, 2 MHz a 5.0 MHz.

- 5.1 Para o método direto
- Profundidade máxima de trabalho: 300 m.

- 5.2 Para o método remoto
- Profundidade máxima de trabalho: 4000 m.

NOTA: Verificar a documentação de qualidade do aparelho de acordo com a norma ABNT NBR 15549.

6. CARACTERÍSTICAS DO CABEÇOTE

O cabeçote deve ser do tipo duplo-cristal ou normal, apropriado para faixa de espessura e temperatura de ensaio.

7. BLOCO PADRÃO

7.1 O bloco padrão escalonado utilizado deve atender a faixa de espessuras indicada no item 4 deste procedimento e ter material similar ao objeto de medição. As espessuras dos blocos padrão disponibilizados podem contemplar degraus nas dimensões citadas nas Tabelas 1 ou 2 para aço carbono e Tabela 3 para aços inoxidáveis.

Tabela 1 – Dimensões Bloco Padrão (aço carbono)

DEGRAU	ESPESSURA (mm)	FAIXA DE APLICAÇÃO (mm)
1	5,0	3,8 a 6,2
2	8,0	6,0 a 10,0
3	13,0	9,7 a 16,2
4	21,0	15,7 a 26,2
5	35,0	26,2 a 43,8
6	50,0	37,5 a 62,5
7	80,0	60,0 a 99,9

Tabela 2 – Dimensões Bloco Padrão (aço carbono)

DEGRAU	ESPESSURA (mm)	FAIXA DE APLICAÇÃO (mm)
1	4,0	3,0 a 5,0
2	6,0	4,5 a 7,5
3	10,0	7,5 a 12,5
4	15,0	11,2 a 18,8
5	20,0	15,0 a 25,0
6	32,0	24,0 a 40,0
7	50,0	37,5 a 62,5
8	80,0	60,0 a 99,9

Tabela 3 – Dimensões Bloco Padrão (aço inoxidável austenítico)

DEGRAU	ESPESSURA (mm)	FAIXA DE APLICAÇÃO (mm)
1	4,0	3,0 a 5,0
2	6,0	4,5 a 7,5
3	10,0	7,5 a 12,5
4	15,0	11,2 a 18,8
5	20,0	15,0 a 25,0
6	25,0	18,75 a 31,25

7.2 O bloco de calibração deve estar identificado e possuir certificado de calibração atendendo aos requisitos da norma ABNT NBR-15549 quanto à integridade dos blocos, rugosidade superficial e tolerâncias dimensionais.

7.3 O instrumento de medição de espessura por ultrassom, cabeçote com cabo e blocos-padrão devem ser periodicamente calibrados em laboratórios que atendam aos requisitos apresentados na ABNT NBR ISO/IEC 17025. Essa periodicidade depende da frequência e das condições de utilização. Adicionalmente, para fins de utilização nos exames de certificação, fica condicionado que a periodicidade de calibração não pode ser superior a 24 meses.

7.4 Qualquer avaria observada implica na necessidade de nova calibração, independentemente da periodicidade estabelecida.



NOTA: Este procedimento pode ser utilizado com aparelhagem diferente do especificado. Quando utilizar aparelhagem própria, o candidato deverá demonstrar que o aparelho e o bloco padrão estão calibrados e dentro do prazo de validade, através da apresentação dos certificados de calibração.

8. MÉTODO DE CALIBRAÇÃO

8.1 O aparelho é considerado calibrado para medir espessuras numa faixa de $\pm 25\%$ da espessura utilizada do bloco padrão.

8.2 A estabilidade das leituras do aparelho deve ser verificada sobre o bloco de calibração disponibilizado pelo examinador, antes e após a realização das medições de cada corpo de prova. Essa verificação deve ser registrada no formulário de registro de resultados (Anexo 3).

8.3 O aparelho está calibrado se as leituras efetuadas no bloco de calibração estiverem dentro da faixa da Tabela 4

Tabela 4 – Faixa de espessura e precisão da leitura

FAIXA DE ESPESSURA	PRECISÃO DA LEITURA
1,0 a 4,0 mm	+/- 0,1 mm
4,1 a 25,0 mm	+/- 0,2 mm
25,1 a 99,9 mm	+/- 0,3 mm

8.4 Alguns cuidados adicionais para a calibração de determinados aparelhos de medição devem atender às recomendações do fabricante. Entretanto, adicionalmente a estas recomendações, devem ser observados os requisitos estabelecidos nos Anexos 1 e 2 quando forem utilizados os aparelhos do Centro de Exames de Qualificação (CEQ).

9. CONDIÇÃO SUPERFICIAL E MÉTODO DE PREPARAÇÃO

9.1 As superfícies devem ser uniformes e isentas de materiais que prejudiquem o ensaio tais como tinta, revestimento, incrustações, carepas soltas, rebarbas, impurezas que possam afetar o resultado das medições.

9.2 Para limpeza, caso necessário, devem ser utilizadas ferramentas convencionais disponibilizadas pelo examinador como escovas de aço, lixas e raspadeiras.

9.3 Os pontos selecionados devem ser limpos no mínimo em um diâmetro de 50 mm, não podendo permanecer nenhum resíduo que possa provocar distorções nas medições.

10. ACOPLANTE

10.1 Para medições fora da água, utilizar como acoplante óleo mineral, vaselina líquida ou graxa de silicone.

10.2 Para medições submersas a própria água serve como acoplante.

11. LEITURA DAS MEDIÇÕES

Cada ponto deve ser objeto de três medições diferentes, registrando-se a menor, desde que as medições não difiram entre si de mais de 0,5mm. Caso ocorra diferença maior do que 0,5mm efetuar a calibração do aparelho e repetir as medições. Persistindo a diferença, registrar as três medições.

12. DESCRIÇÃO SEQUENCIAL DO ENSAIO

12.1 Inspecionar visualmente o aparelho e verificar a carga da bateria no visor do aparelho.

12.2 Quando for utilizado o aparelho Cygnus (Anexo 1) a bateria sem carga é indicada pelo símbolo bAtt no visor do aparelho e bateria carregada é indicada pelo ponto piscando no visor. Observar que o carregador deve ser ligado em 110 V

12.3 Verificar a calibração do aparelho conforme os itens 7 e 8.

12.4 Preparar as superfícies a serem ensaiadas conforme o item 9.

12.5 Efetivar as medições conforme o material, seguindo as instruções abaixo:

12.5.1 Medições em Aço Carbono e aços de baixa liga:

- Na inspeção de chapas, executar cinco medições em pontos diferentes da superfície de cada chapa, sendo um no centro e os demais obedecendo às posições 0,3, 6 e 9h de acordo com os ponteiros do relógio, conforme a figura 1, sublinhando o menor valor encontrado.
- Em tubos, efetuar as medidas sobre quatro geratrizes do tubo (0° , 90° , 180° e 270°). Efetuar três medidas em cada geratriz, na parte superior, média e inferior, conforme a figura 2, sublinhando a de menor valor em cada geratriz. Ao final, informar no relatório de registro de resultados o menor valor encontrado entre todas as medidas. O ponto zero estará marcado no corpo de provas ou será indicado pelo examinador.

12.5.2 Medições em Aço Inoxidável:

- Para a medição de chapas e tubos em aços inoxidáveis considerar a mesma sistemática definida no item 12.5.1. Realizar as medições e multiplicar os resultados encontrados pelo fator de conversão 0,956.
- Também poderá ser utilizado um bloco padrão de aço inoxidável. Neste caso, devem ser seguidas as recomendações dos itens 7 e 8 deste procedimento, cuja sistemática de calibração deve ser realizada conforme o estabelecido nos Anexos 1 ou 2.

CHAPAS

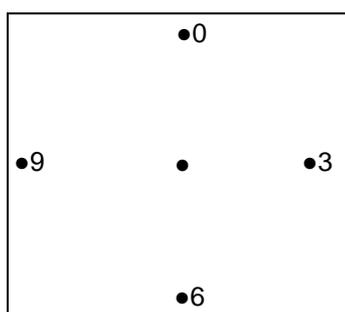


Figura 1

● Pontos de
medição

TUBOS

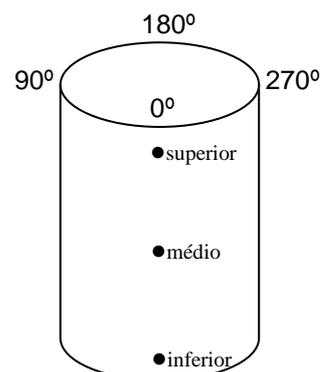


Figura 2



13. FORMULÁRIO PARA REGISTRO DOS RESULTADOS

13.1 As medições devem ser registradas na página 1 do formulário (Anexo 3).

13.2 Preencher o cabeçalho do formulário com todos os dados solicitados.

13.3 No campo corpo de prova, identificar os corpos de prova a serem inspecionados.

13.4 No campo "Leitura", registrar as leituras efetuadas em cada corpo de provas. No caso de tubo, utilizar uma linha para cada geratriz de cada tubo. Sublinhar as leituras escolhidas de acordo com o descrito no item 12.5.

13.5 No campo "Bloco Padrão" registrar a espessura nominal do bloco padrão utilizada para efetuar a calibração e as leituras obtidas nas verificações inicial e final nos campos correspondentes, antes e após as medições na peça de teste.

13.6 As informações referentes aos instrumentos utilizados no exame prático e demais observações devem ser registrados na página 2 do formulário disponibilizado (Anexo 4).

14. REQUISITOS DE MEIO AMBIENTE E SEGURANÇA

14.1 Requisitos de Segurança

- Observar rigorosamente as prescrições da NR-15 - anexo 6.
- Utilizar suprimento de ar de reserva para emergências.
- Portar faca de mergulho, lanterna, luvas de malha e profundímetro.
- Não mergulhar se não estiver em plenas condições físicas.
- Seguir as recomendações de segurança informadas nas palestras de SMS do órgão.
- Seguir a orientação da fiscalização, operação e do examinador do CEQ (Centro de Exames de Qualificação)

14.2 Requisitos de Meio Ambiente

- Não descartar resíduos no mar ou na área. Os resíduos deverão ser acondicionados em sacos de lixo e descartados nos locais apropriados.
- Observar a limpeza e a higiene do local de trabalho.

ANEXO 1 – Recomendações de Calibração com Aparelho Cygnus

1. APARELHO MEDIDOR DE ESPESSURA E CABEÇOTE

1.1 O aparelho do fabricante Cygnus Instruments Limited disponibilizado nos exames atende aos seguintes requisitos:

- Modelo: Cygnus 1-UW.
- Identificação: SM002.
- Faixa de medição: 3,8 a 99,9 mm.

1.2 Um cabeçote do mesmo fabricante Cygnus Instruments Limited é disponibilizado nos exames atendendo aos seguintes requisitos:

- Modelo: Underwater Remote Probe com extensor.
- Faixa de Medição: 3,8 a 99,9 mm.
- Diâmetro: 13 mm.
- Frequência: 2,25 MHz.

2. CALIBRAÇÃO

2.1 A calibração do medidor de espessura deve ser realizada sobre o bloco de calibração disponibilizado pelo examinador no início do exame prático.

2.2 O aparelho é considerado calibrado quando as leituras efetuadas no bloco de calibração estiverem dentro da faixa da tabela 4.

2.3 Caso necessário, o ajuste da calibração do aparelho deve ser efetuado através do trimmer situado na sua base conforme descrito abaixo, de acordo com o material a ser inspecionado.

2.4 Ajuste de aparelho utilizados pelo método direto:

- a) Retirar a bateria e conectá-la ao aparelho através do cabo extensor;
- b) Utilizando-se a chave de ajuste ou chave de fenda adequada, proceder à regulagem até a obtenção da leitura correta das espessuras dos blocos padrão.

2.5 Ajuste de aparelho utilizado pelo método remoto:

- a) O ajuste do aparelho será através do software fornecido instalado no computador conforme figura 3 abaixo:

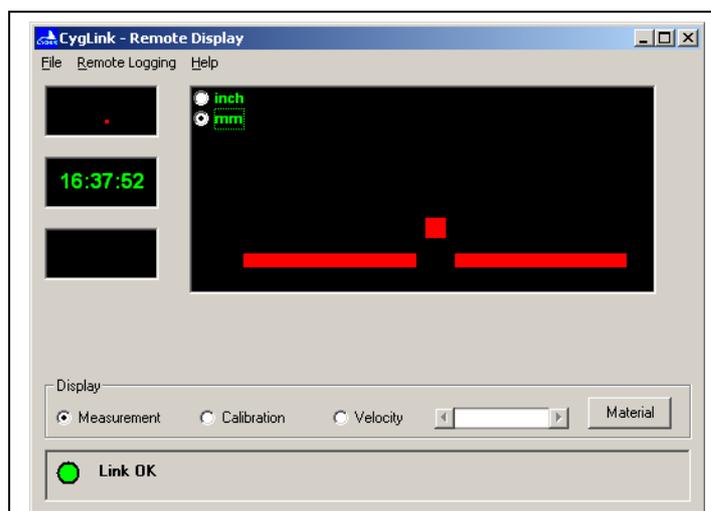


Figura 3

b) Ao executar o software do equipamento, primeiramente deve-se verificar se a porta de comunicação esta disponibilizada (Figura 4).



Figura 4

c) Caso o ponto Checking Link esteja vermelho (Figura 4), não está havendo comunicação entre o equipamento e o software.

d) A comunicação estará confirmada quando o ponto checking Link estiver verde (Figura 5).

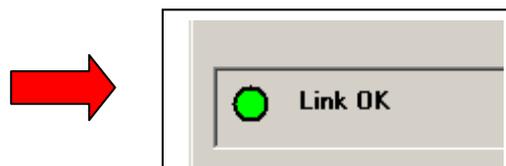


Figura 5

e) O candidato deverá realizar o ajuste do equipamento conforme as instruções do fabricante.

f) Para ajuste da calibração através do bloco escalonado, click em calibração e em seguida, deslize a barra de rolagem para aumentar ou diminuir o valor (Figura 6).



Figura 6

2.6 Ajustando a velocidade do som

a) Efetuar a calibração do aparelho, conforme item 8, utilizando o bloco padrão.

b) A velocidade do som ajustada deve ser anotada. Para isso, pressione e mantenha pressionado o botão de ligar o aparelho até que apareça a velocidade do som no visor. Solte o botão de ligar o aparelho e o valor da velocidade do som permanecerá piscando no visor. Anote este valor.

c) Pressione novamente o botão de ligar o aparelho e o ajuste está completo.

Observações:

(1) Para esta opção, deverá ser utilizado um bloco padrão do mesmo material a ser inspecionado.

(2) Observar que para esta opção, o aparelho deverá ser aberto e o cabeçote deverá ser conectado ao aparelho através do cabo apropriado.

(3) Para equipamentos de medição remota, a velocidade do som deverá ser ajustada através do software fornecido com o equipamento.

2.7 Efetuado o ajuste da velocidade do som, realizar as leituras utilizando o bloco padrão para as verificações.



ANEXO 2 – Recomendações de Calibração com Aparelho GE e Cabeçote

1. APARELHO DE MEDIÇÃO DE ESPESSURA

1.1 O aparelho do fabricante GE disponibilizado nos exames atende aos seguintes requisitos:

- Modelo: DM5E
- Faixa de Medição: depende do cabeçote utilizado e do material
- Frequência: 500KHz to 12 MHz
- Faixa de Temperatura de Operação: -10°C a 50°C

1.2 O cabeçote, do mesmo fabricante, é disponibilizado nos exames atendendo aos seguintes requisitos:

- Modelo: DA-501
- Diâmetro: 12 mm.
- Frequência: 5 MHz.
- Faixa de Medição: 1 a 200 mm (aço carbono)
- Faixa de Temperatura de Operação: -10°C a 70 °C

2 CALIBRAÇÃO

2.1 A calibração do medidor de espessura deve ser realizada sobre o bloco de calibração disponibilizado pelo examinador no início do exame prático.

2.2 O aparelho é considerado calibrado quando as leituras efetuadas no bloco de calibração estiverem dentro da faixa da tabela 4.

2.3 Antes de ligar o aparelho, conectar o cabo e o cabeçote. Em seguida, colocar as pilhas no aparelho.

2.4 Ligar o aparelho apertando a tecla **CAL/ON**.

2.5 A sonda (cabeçote) será reconhecida automaticamente e logo em seguida o aparelho apresentará o modo de medição.

2.6 Para iniciar a calibração, aperte a tecla **CAL/ON** e posicione o cabeçote na espessura do bloco padrão compatível com a peça a ser medida.

2.7 Aguardar alguns segundos enquanto o equipamento executa a leitura.

2.8 Remover o cabeçote do bloco padrão e verificar o valor da espessura do bloco no visor do aparelho.

2.9 Caso a espessura seja diferente da apresentada no certificado do bloco padrão faça o ajuste utilizando-se as teclas  ou , ajuste a espessura correta. O ajuste deve ser feito para cada casa decimal. Para alterar as casas decimais utilize as teclas  ou .

2.10 Apertando a tecla **CAL/ON** aparecerá o valor da velocidade sônica ajustada. Aperte novamente a tecla **CAL/ON** para entrar no modo de medição.



ANEXO 4 – Modelo de Formulário de Registro dos Resultados – página 2 de 2

 	<p>SUBAQUÁTICO EXAME PRÁTICO REGISTRO DOS RESULTADOS MEDIÇÃO DE ESPESSURA</p>	<p>Rev.1 nov/2012 Folha: 10 de 11</p>	
<p>NOME:</p>		<p>NºSNQC/END:</p>	
<p>DATA: / /</p>			



Instrumentos Utilizados:

Instrumento	Identificação	Certificado	Validade

Observações