



## 1. OBJETIVO

1.1 A utilização deste documento destina-se, única e exclusivamente, 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 responsável pelo treinamento.

1.2 Este documento não deve ser considerado como referência para qualquer 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 detecção de descontinuidades internas, sendo aplicável para as seguintes situações:

- Juntas de topo entre chapas e tubos
- Juntas de ângulo
- Conexões
- Juntas tubulares

Este procedimento não é aplicável a juntas soldadas em tubulações do tipo tubo x acessório.

## 2. NORMAS DE REFERÊNCIA

2.1 Código ASME – Sec. V – Adenda 2002

2.2 BS – 4331 Parte 3 – Edição de 1987)

2.3 BS – 7910 – Edição 1999 – Guide on methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures.

2.4 BS EN 12223 – Edição de 2000

2.5 BS EN 27963 – Edição de 1992

## 3. MATERIAL/DIMENSÕES

3.1 Aço carbono e aços de baixa liga com teores de liga até 6%

3.2 Espessuras de 5 mm a 45 mm

3.3 Diâmetro mínimo - 2" ( $\varnothing$  ext  $\geq$  60,3 mm)

## 4. SAÚDE E SEGURANÇA

4.1 Antes da aplicação deste procedimento todas as pessoas envolvidas com a inspeção, devem estar familiarizadas com os conteúdos dos procedimentos de segurança local.

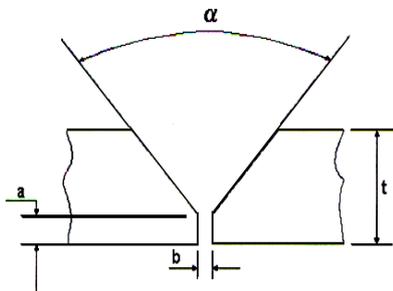
4.2 Em função dos locais de inspeção e dos produtos a serem utilizados, o inspetor deve avaliar a necessidade de uso de EPI's apropriados.

4.3 Toda atividade é executada de forma a minimizar ou evitar os impactos ambientais potenciais.

4.4 Deve ser rigorosamente observado a limpeza da área de trabalho, os materiais quando não forem mais utilizados, devem ser recolhidos e transferidos para locais adequadas.

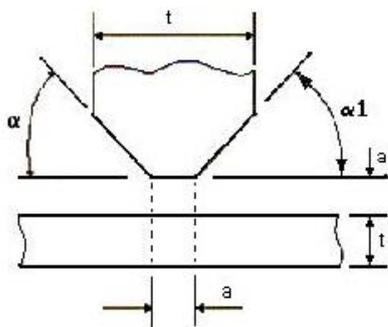
## 5. DIMENSIONAL, TIPO E DETALHE DE JUNTAS

### 5.1 Junta de Topo entre chapas e tubos

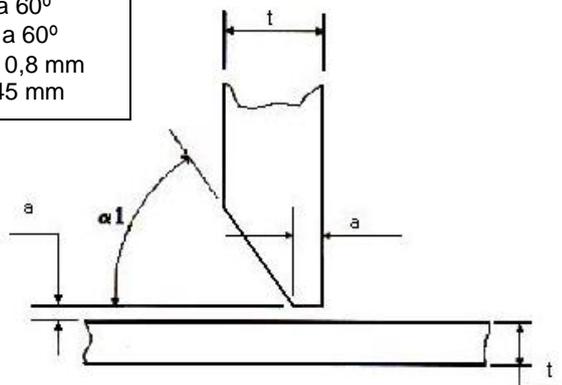


$\alpha = 30^\circ \text{ a } 80^\circ$ $a = 1,6 \pm 0,8 \text{ mm}$ $b = 2,4 \pm 0,8 \text{ mm}$ $t = 5 \text{ a } 25 \text{ mm}$
---

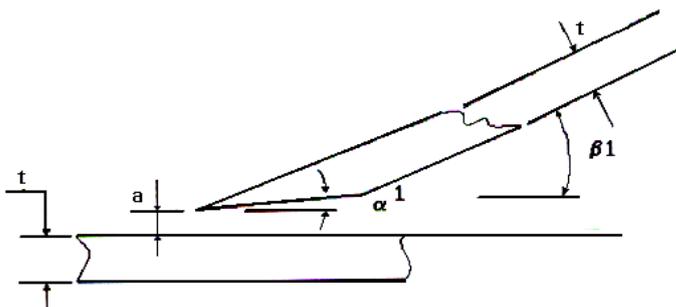
### 5.2 Junta de ângulo em "T"



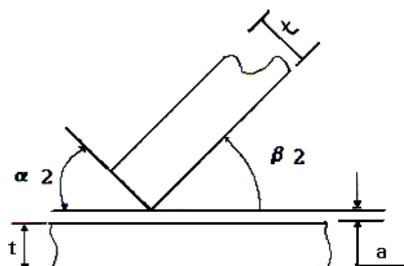
$\alpha = 45^\circ \text{ a } 60^\circ$ $\alpha 1 = 45^\circ \text{ a } 60^\circ$ $a = 2,4 \pm 0,8 \text{ mm}$ $t = 12 \text{ a } 45 \text{ mm}$
---



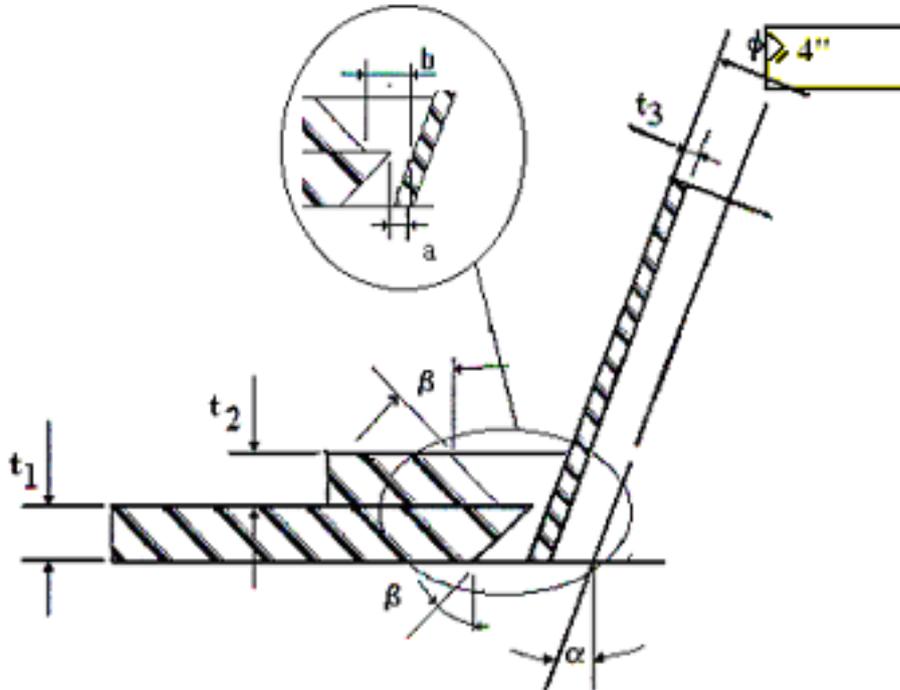
### 5.3 Junta de ângulo com solda em ângulo



$\alpha 1 = 20^\circ \text{ a } 30^\circ$ $\beta 1 = 28^\circ \text{ a } 40^\circ$ $a = 2,4 \pm 0,8 \text{ mm}$ $t = 12 \text{ a } 45 \text{ mm}$	$\alpha 2 = 40^\circ \text{ a } 74^\circ$ $\beta 2 = 16^\circ \text{ a } 50^\circ$
--	---



5.4 Conexão com chanfro de geometria variável



$$0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$$

$$20^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$$

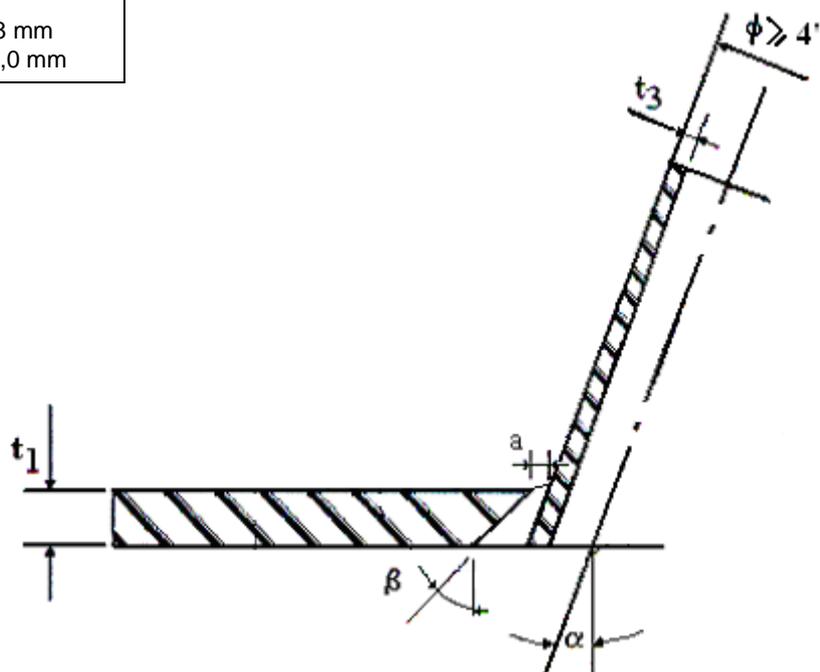
$$19 \leq t_1 \leq 38 \text{ mm}$$

$$15 \leq t_2 \leq 25 \text{ mm}$$

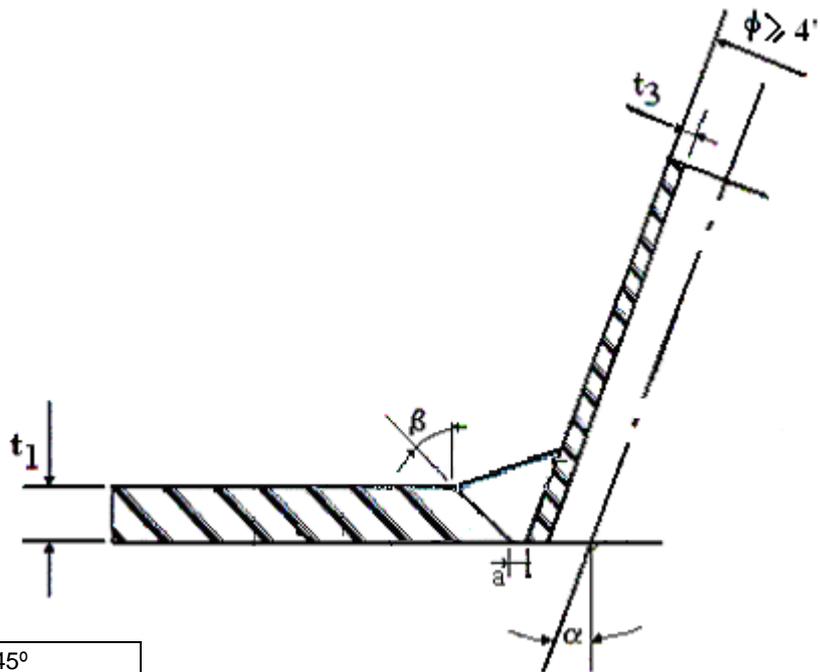
$$10 \leq t_3 \leq 20 \text{ mm}$$

$$a = 3,2 \pm 0,8 \text{ mm}$$

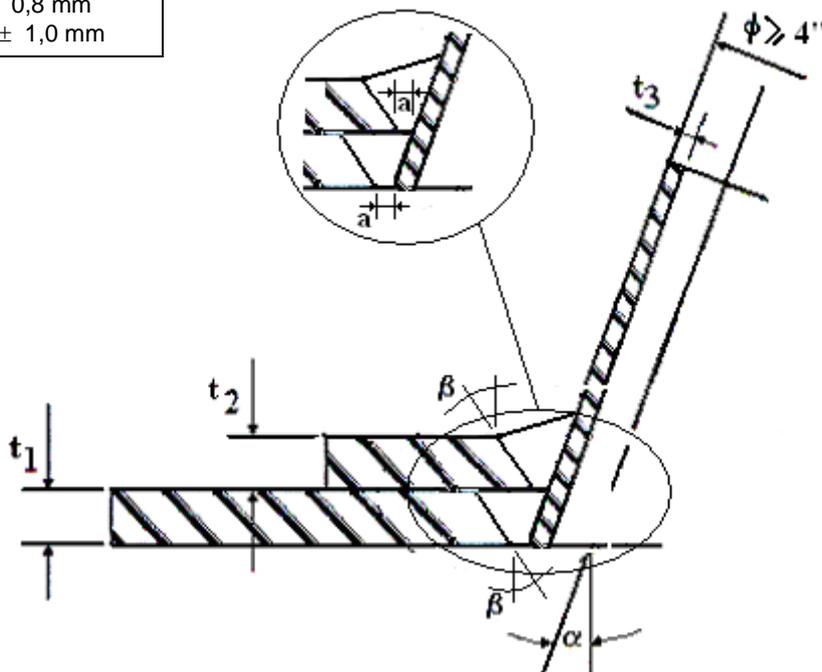
$$b = 10,0 \pm 1,0 \text{ mm}$$



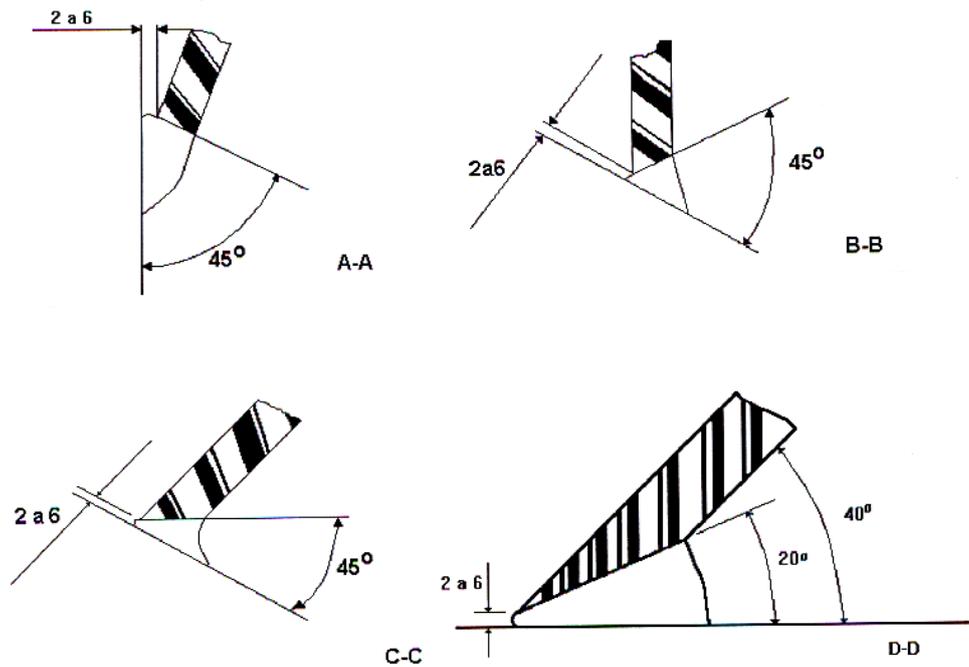
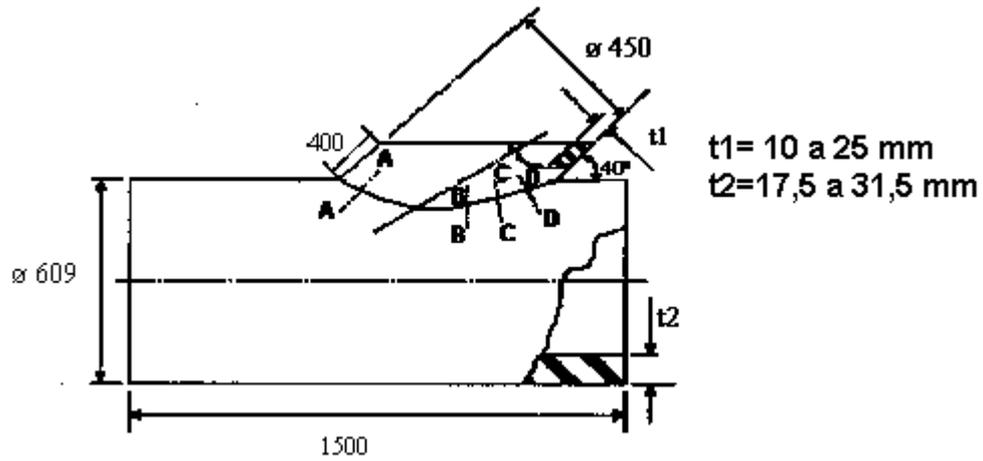
Conexão com chanfro de geometria variável (Continuação)



$0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$   
 $20^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$   
 $19 \leq t_1 \leq 38 \text{ mm}$   
 $15 \leq t_2 \leq 25 \text{ mm}$   
 $10 \leq t_3 \leq 20 \text{ mm}$   
 $a = 3,2 \pm 0,8 \text{ mm}$   
 $b = 10,0 \pm 1,0 \text{ mm}$



5.5 Junta Tubular (Nó)



Detalhamento dos cortes A-A, B-B, C-C, D-D, da junta tubular

## 6. APARELHO

6.1 Equipamento deverá estar em conformidade com o Anexo I.

## 7. CABEÇOTES

7.1 Os cabeçotes a serem utilizados devem ser de 4 MHz.

7.2 Os cabeçotes normais devem ser utilizados para espessuras iguais ou maiores que 25 mm. Para espessuras menores do que 25 mm devem ser utilizados cabeçotes duplo-cristal.

7.3 Os cabeçotes angulares a serem utilizados devem ter o ângulo variando de 35 a 80 graus.

7.4 O ruído máximo permitido é de 10% da altura total da tela.

7.5 O ângulo do cabeçote deve ser escolhido observando-se os seguintes requisitos:

- Ser compatível com o detalhe dimensional da junta soldada;
- Ser compatível com o tipo de descontinuidade a ser detectada.
- Recomenda-se no mínimo os seguintes ângulos:

ângulo do cabeçote	espessura do material
60 e 70	$\leq 15$ mm
60 e 70 / 45 e 60	$> 15$ mm e $\leq 25$ mm
45 e 60 / 45 e 70	$> 25$ mm e $\leq 40$ mm
45 e 60	$> 40$ mm

d) Cabeçotes utilizados em superfícies com raio de curvatura inferior a 250 mm devem possibilitar um ajuste de suas sapatas à superfície.

7.6 O ponto de emissão e o ângulo real dos cabeçotes angulares devem ser verificados diariamente no bloco padrão V1. O ângulo real pode variar no máximo, mais ou menos 2 graus em relação ao ângulo nominal.

7.7 Os cabeçotes devem apresentar resolução conforme o requerido no anexo I.

## 8. MÉTODO DE CALIBRAÇÃO

8.1 A calibração da escala de distância deve ser efetuada utilizando-se os blocos V1 ou V2.

### 8.2 SOLDAS ENTRE CHAPAS PLANAS, JUNTAS DE ÂNGULO, CONEXÕES E JUNTAS TUBULARES (NÓ)

8.2.1 *Bloco de referência* – A calibração da sensibilidade e a traçagem da curva de referência devem ser feitas em um bloco de referência que deve ter uma espessura "T" relacionada com a espessura do material a ser ensaiado, como indicado na Figura 1a ou 1b. Quando duas ou mais espessuras "t" compõe a mesma junta soldada, o valor "t" a ser considerado deve ser determinado conforme a seguir:

- Para juntas soldadas de topo e juntas de ângulo em ângulo, "t" deve corresponder a espessura média da solda;
- Para juntas de conexões, "t" deve corresponder a espessura média da solda entre o casco e o pescoço, excluindo-se quando existente, a solda da chapa de reforço;
- Para juntas tubulares, "t" deve corresponder a menor das espessuras das partes envolvidas.

Entretanto, quando a condição selecionada for inviável em função do alcance de varredura, a calibração deverá ser efetuada utilizando-se o bloco de referência de maior espessura, porém com refletor equivalente à espessura "t" conforme os itens "a", "b" ou "c" acima.

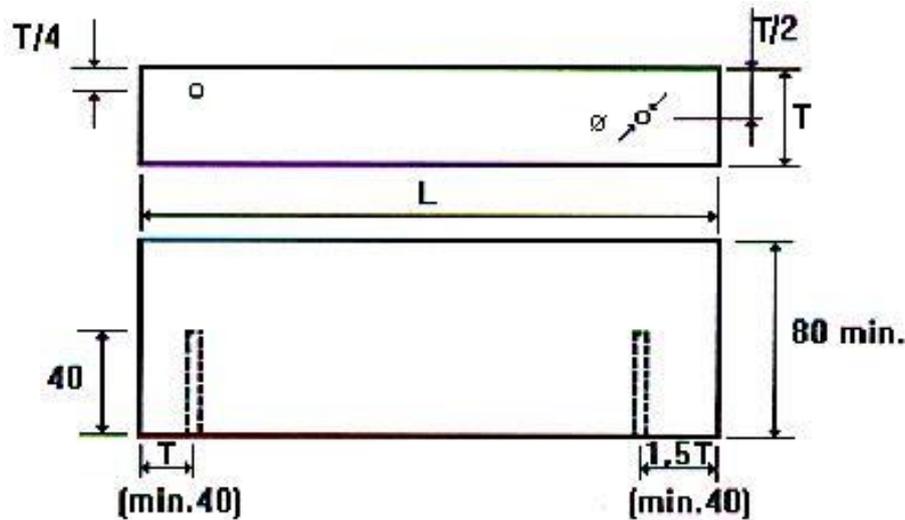


Figura 1a

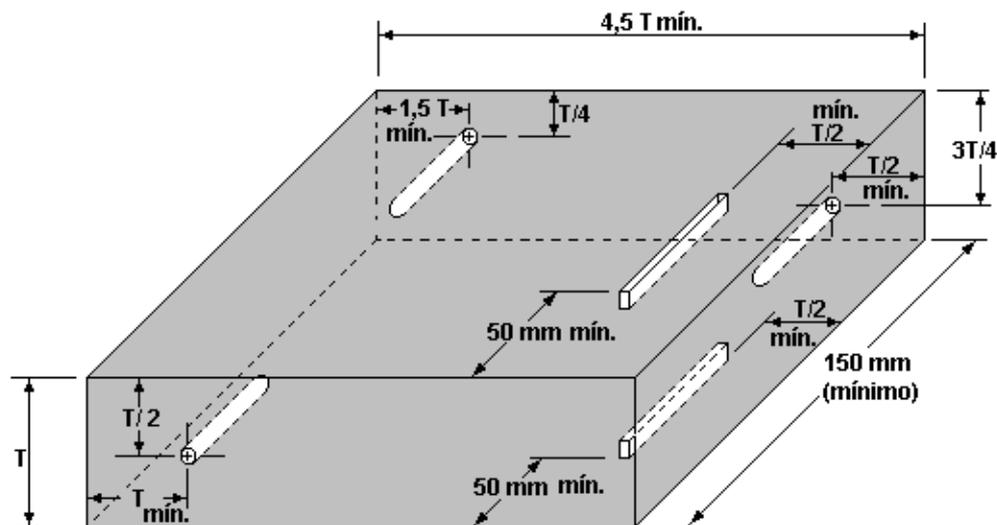


Figura 1b

Espessura da junta (t) mm(pol)	Espessura do bloco básico de calibração (T) mm (pol.)	Diâmetro do furo mm (pol)	Dimensões do entalhe (Aplicável somente ao bloco 1b) mm (pol.)
igual ou inferior a 25 (1") acima de 25(1") e até 50 (2")	20 (3/4") ou t 38 (1 1/2") ou t	2,4 (3/32") 3,2 (1/8")	Profundidade do entalhe = 2% T Largura do entalhe = 6,4 (1/4") Comprimento do entalhe = 25 (1")

FIGURA 1 – Bloco de Referência

**Notas:**

- (1) Os furos devem ter uma profundidade mínima de 40 mm, e essencialmente paralelos à superfície de exame.
- (2) A tolerância do diâmetro deve ser mais ou menos 0,1 mm. A tolerância na localização do furo, ao longo da espessura deve ser mais ou menos 1,0 mm.

8.2.2 Se a varredura for efetuada numa superfície cilíndrica, numa direção ortogonal ao eixo desta, e a superfície de contato tem um diâmetro externo de curvatura menor ou igual a 500mm, o diâmetro externo de curvatura de bloco de referência deve preferencialmente ser o mesmo da superfície de contato. A tolerância no diâmetro externo de curvatura da superfície a ser inspecionada é de 0,9 a 1,5 vezes o diâmetro do bloco de referência (Figura 2).

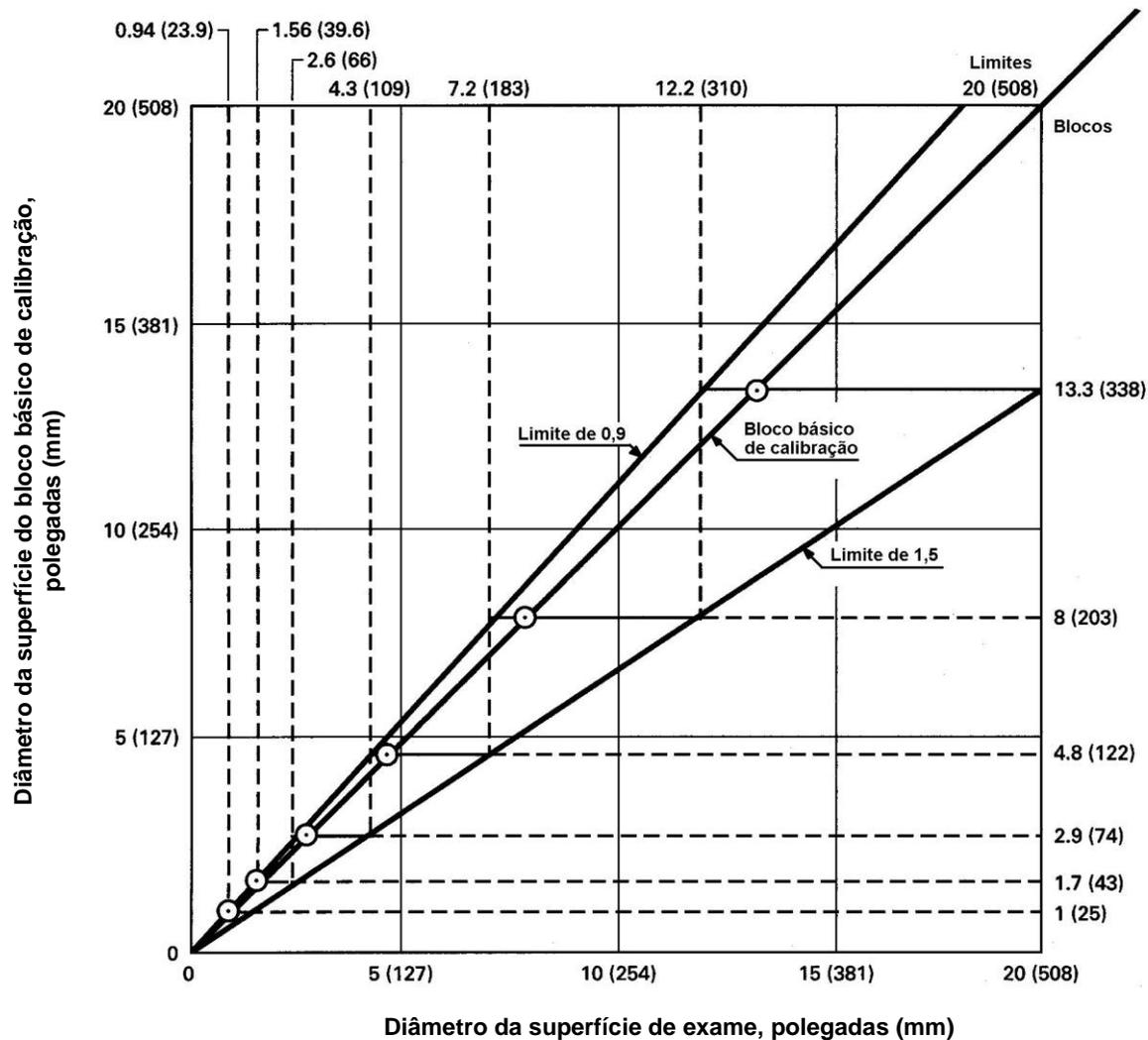


FIGURA 2 – Blocos de Referência Curvos

Procedimentos da seleção do diâmetro de curvatura dos blocos de referência:

- Marque o diâmetro (de curvatura) da superfície do bloco de referência na linha diagonal;
- Trace, pelo ponto marcado, uma linha horizontal ligando a diagonal às linhas dos limites 0,9 e 1,5;
- O segmento de reta, compreendido entre as linhas dos limites 0,9 e 1,5, representa, na escala horizontal, a faixa de diâmetros (de curvatura) das superfícies que podem ser examinadas com um sistema calibrado mediante o emprego desse bloco.

**Nota:** Devem ser também atendidos os requisitos para faixas de espessuras.

8.2.3 *Calibração da sensibilidade para cabeçotes normais/duplo-cristal* – Na inspeção do metal de base (região adjacente à solda) com cabeçote normal/duplo-cristal, a calibração deve ser feita colocando-se o eco de fundo a 80% da altura total da tela. Para inspeção de soldas e suas conseqüências e confecção das curvas de referência para cabeçotes normais/duplo cristal, deve ser feita conforme seqüência descrita a seguir (ver Figura 3):

- Posicionar o cabeçote de modo a maximizar o eco do furo que proporcione a maior amplitude;
- Ajustar o controle de ganho de modo a se obter deste furo uma indicação com 80% de altura da tela, marcando o pico desta indicação na tela; o ganho é chamado de ganho primário (GP);
- Sem alterar o ganho, posicionar o cabeçote sobre os demais furos, marcando as respectivas amplitudes na tela;
- Interligar as marcações de modo a se obter a curva de referência primária;
- Traçar as curvas de 50% e 20% da amplitude da curva de referência primária, reduzindo-se o ganho em 6 dB e 14 dB em relação ao ganho primário.

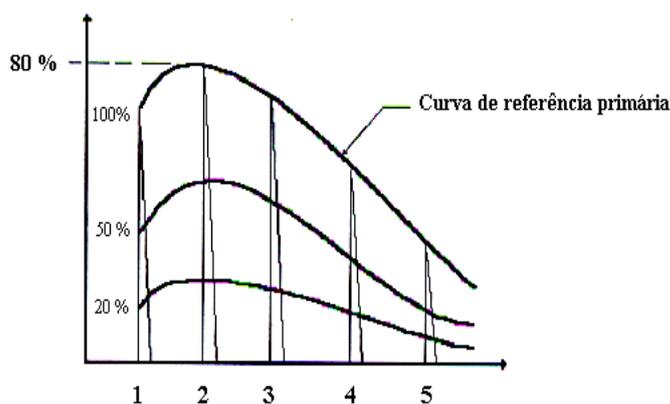
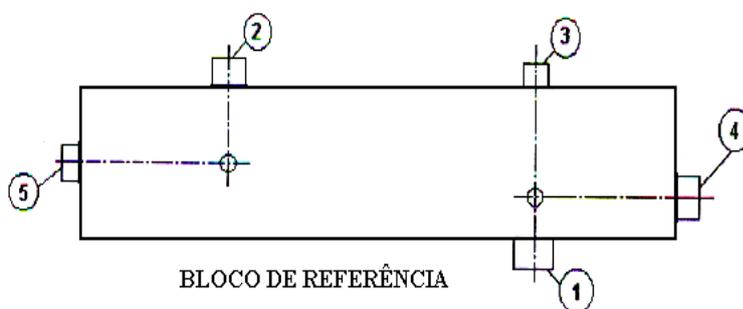


FIGURA 3 – Curvas de Referência – Cabeçote Normal e Duplo-Cristal

8.2.4 *Calibração da sensibilidade para cabeçotes angulares* – A construção das curvas de referência para cabeçotes angulares deve ser feita conforme sequência descrita a seguir (ver Figura 4):

- a) Posicionar o cabeçote de modo a maximizar o eco do furo que proporcione a maior amplitude;
- b) Ajustar o controle de ganho de modo a se obter deste furo uma indicação com 80% da altura da tela; o ganho, chamado de ganho primário (GP);
- c) Sem alterar o ganho, posicionar o cabeçote de modo a se obter a resposta nas demais posições, marcando suas amplitudes na tela;
- d) Interligar as marcações de modo a se obter a curva de referência primária;
- e) Traçar as curvas de 50% e 20% da amplitude da curva de referência primária, reduzindo o ganho em 6 dB e 14 dB em relação ao ganho primário (GP).

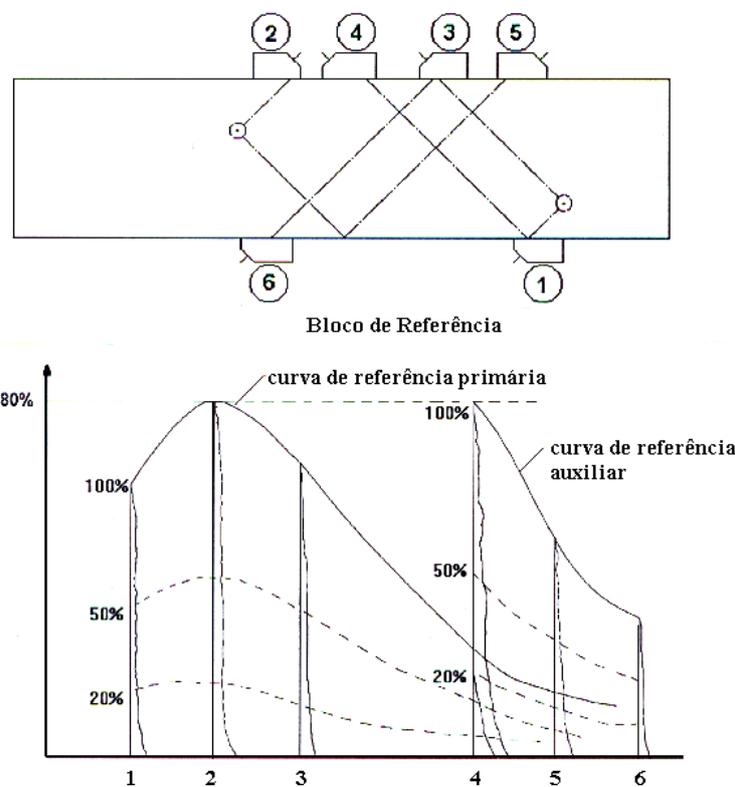


FIGURA 4 – Curvas de Referência – Cabeçote Angular

8.2.5 Se na traçagem da curva de referência, os últimos pontos ficarem abaixo de 20% de altura da tela, deve ser construída uma nova curva a partir destes pontos, denominada curva de referência auxiliar, como segue:

- a) Selecionar no bloco de referência o primeiro eco cuja altura seja igual ou inferior a 20% da altura da tela;
- b) Elevar este eco até 80% da altura da tela, utilizando-se o controle de ganho (este novo ganho é chamado ganho auxiliar - GA);
- c) Sem alterar o ganho, obter os ecos dos furos, com percursos maiores, marcando suas amplitudes na tela;
- d) Interligar as marcações de modo a se obter a curva de referência auxiliar.

8.2.6 A área da curva de referência entre o zero da escala e o seu primeiro ponto "1" (ver Figuras 3 e 4), não deve ser utilizada para avaliação de descontinuidades. Não há, entretanto, nenhum inconveniente em utilizá-la para detecção de descontinuidades, as quais devem, porém, ser avaliadas dentro da região útil da curva de referência.

### 8.3 SOLDAS DE TUBULAÇÃO

8.3.1 *Bloco de referência* – A calibração da sensibilidade e a traçagem da curva de referência devem ser feitas em um bloco de referência que deve ter uma configuração como mostra a figura 5. O bloco de calibração deve ter o mesmo diâmetro e espessura da tubulação a ser inspecionada.

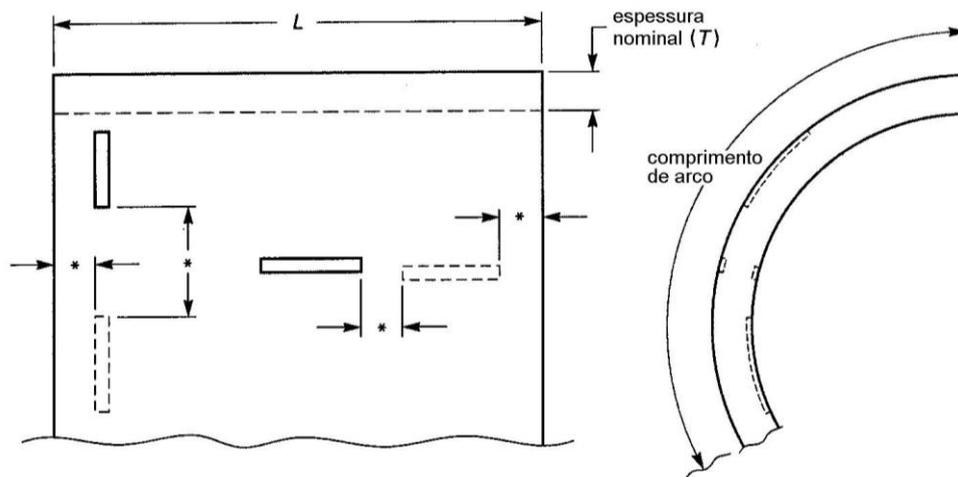


FIGURA 5 – Bloco de referência para tubulação

\* Os entalhes devem ser localizados a uma distância não menor que “T” ou 25 mm, a qual for maior, em relação a qualquer lado do bloco ou outro entalhe.

**Notas:**

- (1) O mínimo comprimento do bloco (L) deve ser 203 mm ou 8T, o qual for maior
- (2) Para diâmetro externo de 102 mm ou menor, o mínimo de comprimento de arco deve ser 270 graus. Para diâmetro externo maior que 102 mm, o mínimo de comprimento de arco deve ser 203 mm ou 3T, o qual for maior.
- (3) Profundidade dos entalhes deve ser no mínimo de 8% da espessura T até um máximo de 11% da espessura T. A largura do entalhe deve ser no máximo 6,4 mm. O comprimento dos entalhes deve ser de no mínimo 25 mm.

8.3.2 *Calibração da sensibilidade para cabeçotes normais/duplo-cristal* – Na inspeção do metal de base (região adjacente à solda) com cabeçote normal/duplo-cristal, a calibração deve ser feita colocando-se o eco de fundo a 80% da altura total da tela.

8.3.3 *Calibração da sensibilidade para cabeçotes angulares* – A construção das curvas de referência para cabeçotes angulares deve ser feita conforme seqüência descrita a seguir (ver Figura 6):

- a) Posicionar o cabeçote de modo a maximizar o entalhe posicionado no diâmetro interno (1/2 pulo);
- b) Ajustar o controle de ganho de modo a se obter deste entalhe uma indicação com 80% da altura da tela; o ganho, chamado de ganho primário (GP);
- c) Sem alterar o ganho, posicionar o cabeçote de modo a se obter a resposta do entalhe posicionado no diâmetro externo (1 pulo) e posteriormente obter a resposta referente ao entalhe posicionado no diâmetro interno com um percurso equivalente a 1,5 pulos;
- d) Interligar as marcações de modo a se obter a curva de referência primária;
- e) Traçar as curvas de 50% e 20% da amplitude da curva de referência primária, reduzindo o ganho em 6 dB e 14 dB em relação ao ganho primário (GP).

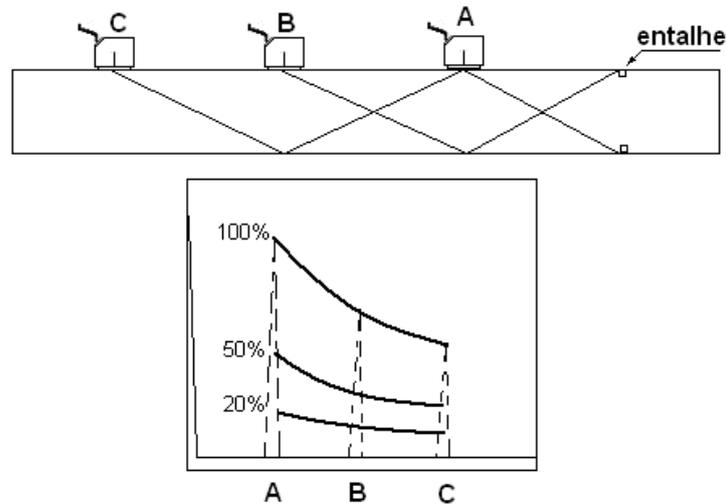


FIGURA 6 – Curva de Referência – Tubulação

**Nota:** Para a varredura transversal utilizar os entalhes usinados de maneira perpendicular ao eixo do tubo e para a varredura executada com o cabeçote aproximadamente paralelo a margem da solda, deverá ser utilizado os entalhes posicionados de maneira longitudinal ao eixo do tubo.

#### 8.4 CORREÇÃO DAS PERDAS POR TRANSFERÊNCIA

8.4.1 A correção devido à perda por transferência para cabeçotes normais e duplo-cristal deve ser executada da seguinte maneira:

- Maximizar um eco de fundo do bloco de referência e com o auxílio do controle de ganho, posicioná-lo a 80% da altura total da tela do aparelho;
- Com o mesmo ganho, posicionar o cabeçote na peça a ser examinada;
- Verificar a diferença na altura dos ecos em decibéis, sendo esta diferença denominada perda por transferência (PT), que deve ser acrescida ou diminuída no ganho primário;
- Ganho resultante é denominado ganho corrigido ( $GC=GP+PT$ )

8.4.2 A correção devida à perda por transferência para cabeçotes angulares deve ser executada da seguinte maneira:

- Com o auxílio do bloco de referência, deve ser traçada a curva mostrada na Figura 7, com dois cabeçotes, um como emissor e outro como receptor, de mesmo ângulo, frequência tipo e fabricante.
- Os cabeçotes devem ser posicionados conforme Figura 7, de modo a se obter o sinal E/R1, sendo o sinal maximizado e colocado a 80% de altura da tela;
- Sem alterar o ganho, os sinais das posições E/R2 e E/R3 devem ser marcados na tela;
- Interligar os pontos de E/R1 e E/R3 obtendo-se uma curva sobre a tela;
- Com o mesmo ganho, posiciona-se os cabeçotes na peça a ser examinada (ver Figura 7), na posição E/P1 e se a altura do eco deste posicionamento for igual à altura da curva (alínea b), não são necessárias correções;
- Havendo diferenças, ajusta-se a altura encontrada no material da peça para a mesma altura da curva (alínea b) e anota-se o número de decibéis (PT) que devem ser acrescidos ou diminuídos no ganho primário;
- Ganho resultante é denominado ganho corrigido ( $GC = GA + PT$ ).

#### **Notas:**

- A verificação da perda por transferência deve ser feita na peça, na mesma superfície e direção que será executada a varredura.
- No caso de soldas de tubulação (bloco curvo) não é necessária a traçagem da curva citada na figura 7. A verificação das perdas deve ser feita utilizando-se apenas o pulso completo.

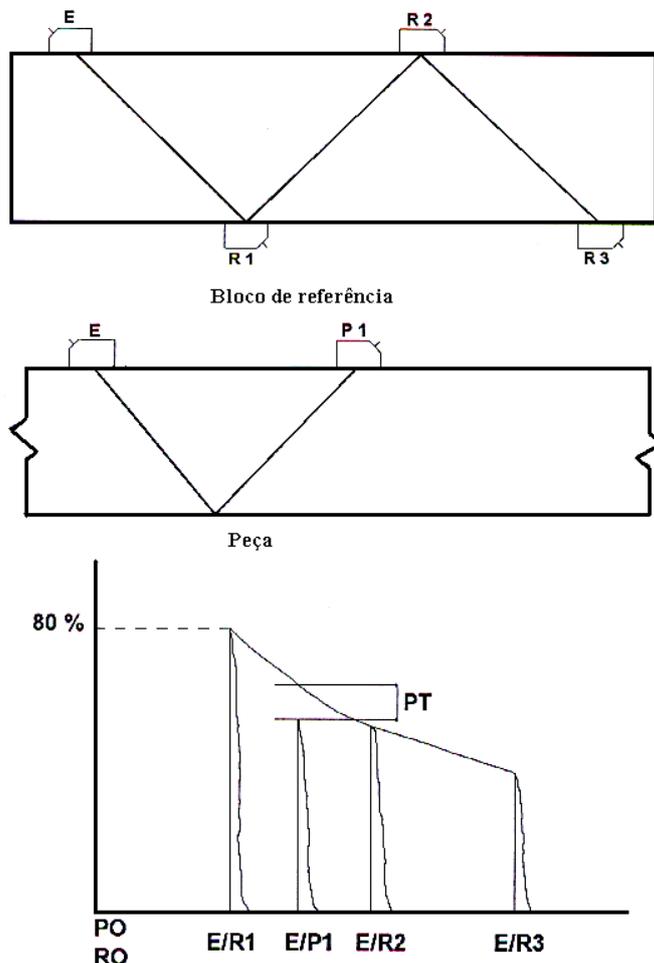


FIGURA 7 – Correção da Perda por Transferência

8.4.3 O ganho para varredura deve ser o ganho corrigido acrescido de 6 dB. Para avaliação de descontinuidades, o ganho deve ser o ganho corrigido, sem o acréscimo de 6 dB.

## 9. TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE E DO BLOCO DE REFERÊNCIA

9.1 A temperatura da superfície deve estar entre 0° e 55°C.

9.2 A diferença de temperatura entre a superfície de ensaio e o bloco de referência utilizado não deve ser superior a 14°C.

## 10. CONDIÇÃO SUPERFICIAL E PREPARAÇÃO

A superfície deve estar livre de respingos de solda, óxidos, carepa de laminação etc. que possam interferir no acoplamento satisfatório e na movimentação do cabeçote.

## 11. ACOPLANTES

Carboxi-Metil-Celulose

## 12. TÉCNICA DE VARREDURA

12.1 A região do metal de base a ser percorrida pelas ondas do cabeçote angular deve ser primeiramente inspecionada com cabeçote normal/duplo cristal para se pesquisar a existência de descontinuidades paralelas à superfície que caso existam, devem ser registradas e consideradas na realização do ensaio com cabeçotes angulares.

12.2 Para a varredura das soldas, devem ser empregados no mínimo 2 cabeçotes angulares de ângulos diferentes sendo que um deles deve incidir o mais perpendicular possível à face do bisel. Para a escolha dos cabeçotes deve-se observar a recomendação feita no item 7.

12.3 No ensaio das juntas de ângulo devem ser utilizados pela superfície 3 os cabeçotes duplo-cristal ou normal, e um cabeçote angular de 45°.

12.4 Para juntas tubulares a varredura deverá ser feita utilizando-se os três ângulos, 45, 60 e 70°.

12.5 Na conexão devem ser empregados na varredura pela superfície 2 e 3 os cabeçotes de 45, 60 e 70°. Pela superfície 1B deve ser utilizado o cabeçote normal ou duplo-cristal.

12.6 A varredura para detectar descontinuidades transversais (figura 18) deve ser realizada sempre que possível.

12.7 A varredura deve ser executada com uma sobreposição mínima de 15% e a velocidade de inspeção não superior a 150 mm por segundo.

12.8 A área e a técnica de varredura devem estar de acordo com as Figuras 10 a 19.

12.9 Em juntas circunferenciais de tubos com diâmetro  $\leq 6"$  a raiz deve ser examinada com cabeçote de 70 graus posicionado de tal maneira que o feixe sônico atinja a raiz na linha de centro da solda, (ver figura 8). O cabeçote deve então ser movimentado paralelamente ao eixo do cordão de solda em ambos os lados desta. Para facilitar o posicionamento do cabeçote, devem ser produzidas marcações permanentes a 50 mm de distância da face da raiz (ver figura 9).

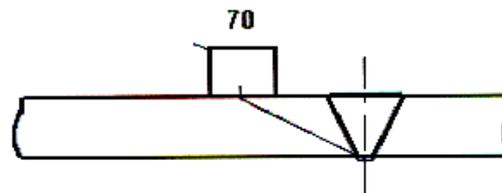


FIGURA 8 – Varredura da Raiz

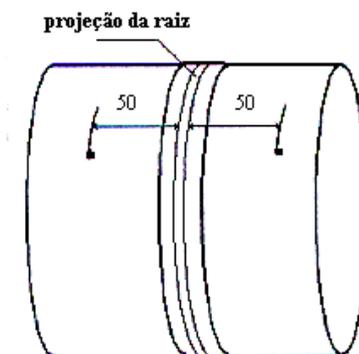


FIGURA 9 – Marcas referenciasais para o posicionamento do cabeçote

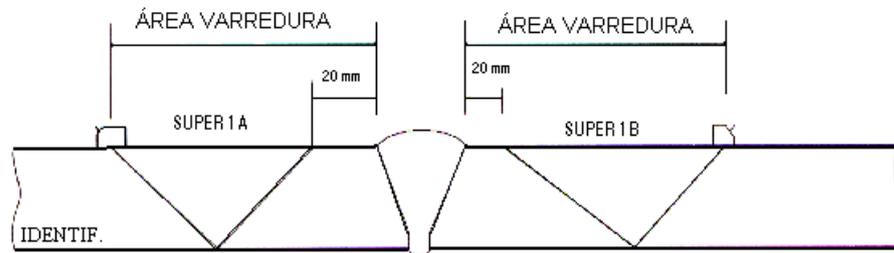


FIGURA 10 – Junta de Topo

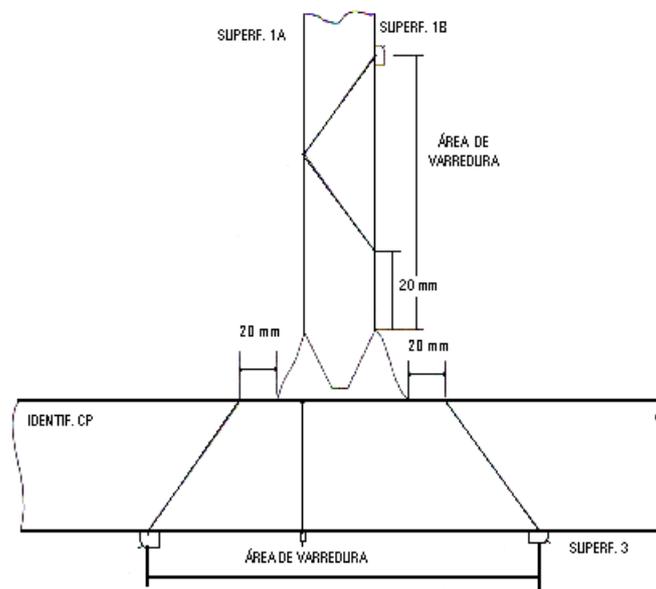


FIGURA 11 – Junta de Ângulo em T

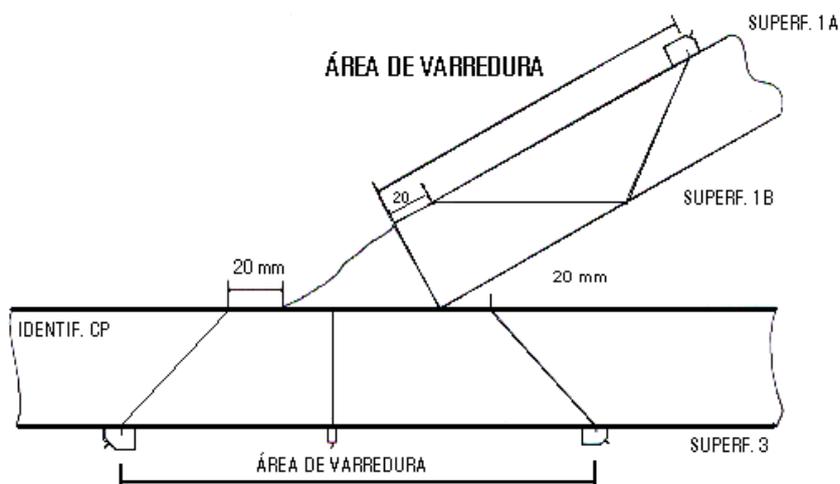


FIGURA 12 – Junta de Ângulo com solda em Ângulo

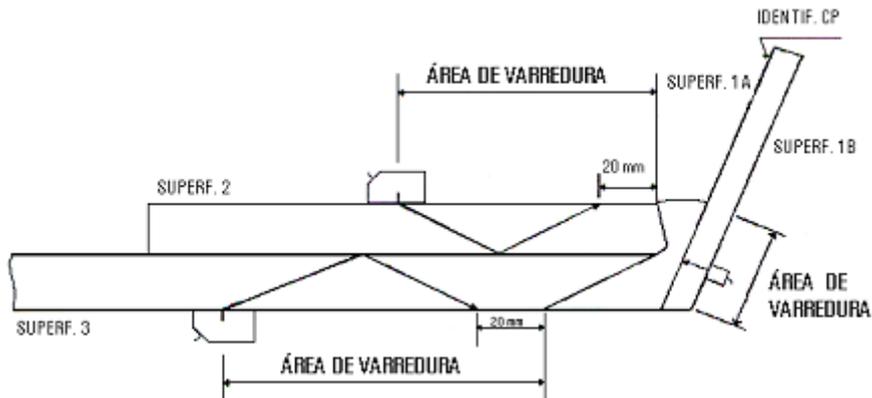


FIGURA 13 – Conexão com Chanfro de Geometria Variável

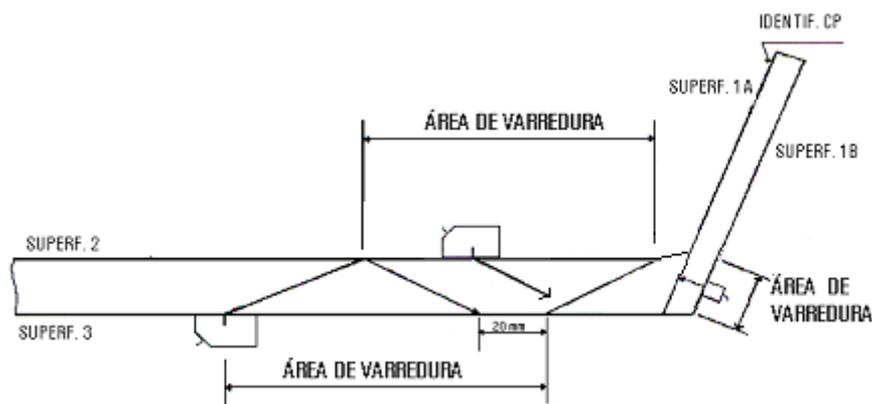


FIGURA 14 – Conexão com Chanfro de Geometria Variável

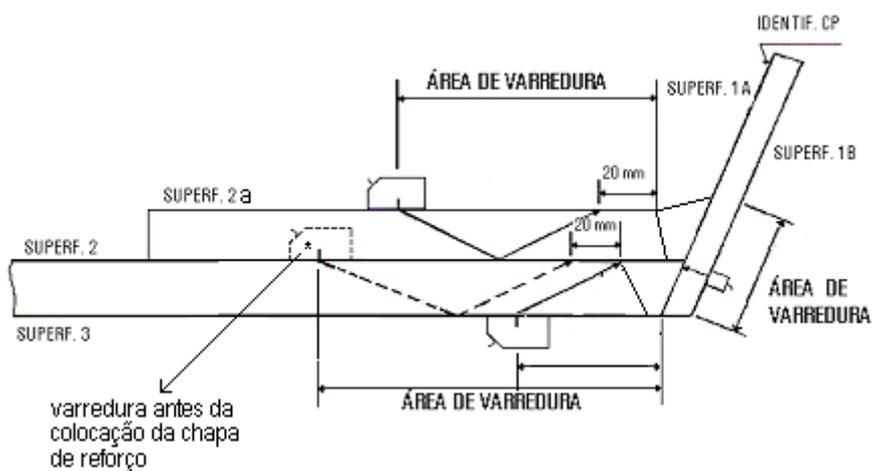


FIGURA 15 – Conexão com Chanfro de Geometria Variável

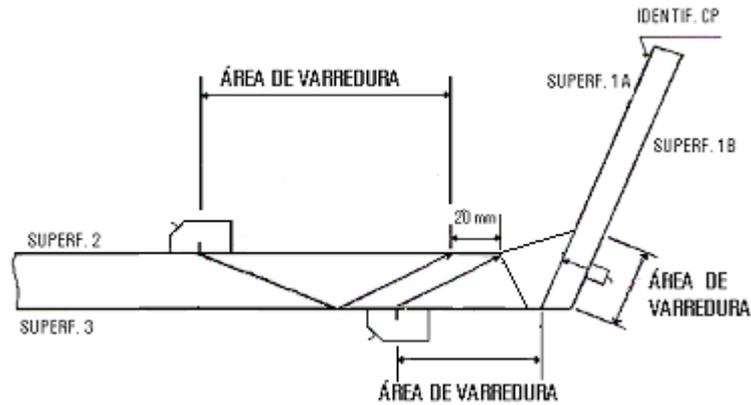


FIGURA 16 – Conexão com Chanfro de Geometria Variável

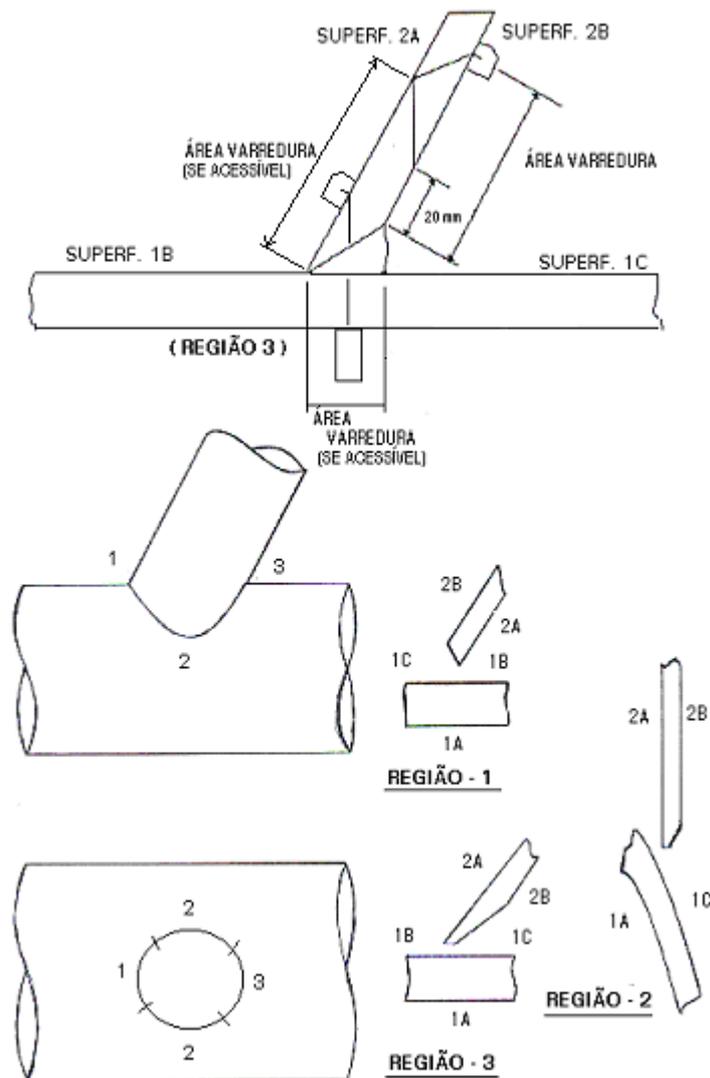


FIGURA 17 – Junta tubular

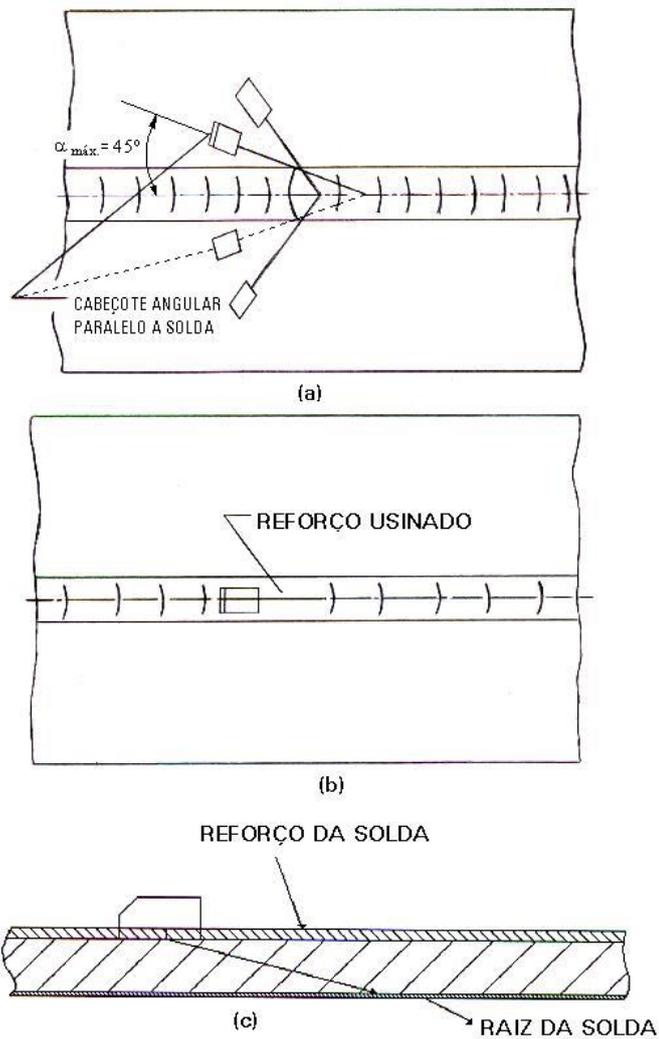


FIGURA 18 – Varredura para detecção de descontinuidades transversais

- (a) solda com reforço
- (b) solda com reforço usinado
- (c) seção transversal mostrando a incidência do feixe

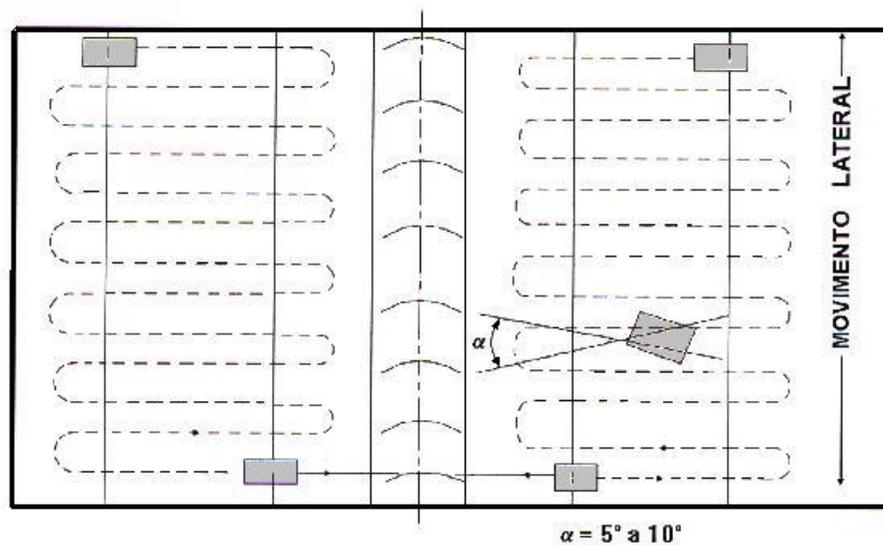


FIGURA 19 – Varredura para detecção de descontinuidades longitudinais e movimentação do cabeçote

### 13. REQUISITOS ADICIONAIS

Como um auxílio na localização e interpretação das indicações detectadas durante a varredura recomenda-se a utilização de recursos gráficos em escala real. Quando utilizado este recurso deve ser utilizado o perfil do feixe sônico dos cabeçotes utilizados (por exemplo o feixe de 20 dB).

### 14. MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DAS DESCONTINUIDADES

14.1 O comprimento das descontinuidades registráveis será determinado pelo método da queda dos 6 dB. O dimensionamento será feito pela aplicação do método nas extremidades da descontinuidade, considerando-se o eco mais próximo de cada extremo.

14.2 Quando requerido o dimensionamento da altura das descontinuidades, o mesmo deverá ser realizado pelo método mais adequado ao tipo, característica e localização da descontinuidade (difração, máxima amplitude, região sã, queda dos 20 dB, queda dos 12 dB etc.).

14.3 A determinação dos limites do feixe de 20 dB deve ser feita com o auxílio do bloco mostrado na figura 20.

14.4 A figura 21 apresenta o bloco a ser utilizado na traçagem do perfil do feixe sônico pela queda dos 12 dB.

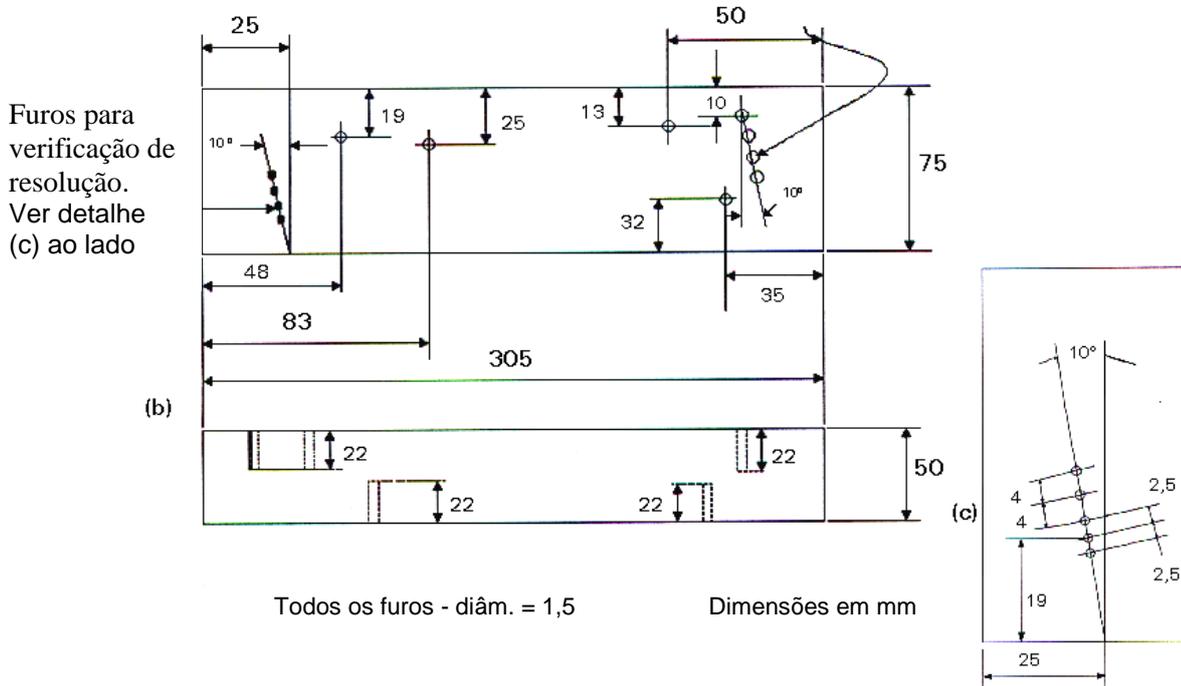
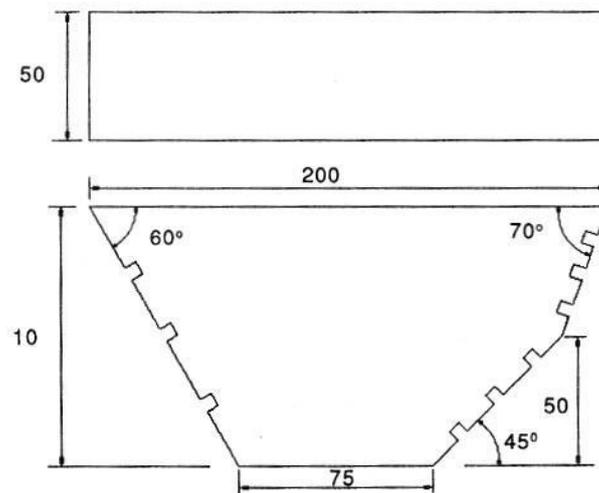


FIGURA 20 – Bloco para determinação do perfil do feixe de 20 dB



Notas (relativo à figura)

Dimensões em mm

Material: Aço Carbono

Entalhes de 5 x 5 mm

Tolerância dimensional do entalhe  $\pm 0,1$  mm

Tolerância para as demais dimensões  $\pm 1,0$  mm

FIGURA 21 – Bloco para determinação do perfil do feixe sônico de 12 dB



## 15. CRITÉRIO DE REGISTRO E ACEITAÇÃO DE DESCONTINUIDADES

15.1 Todas as indicações que ultrapassarem a curva de referência de 20% deverão ser investigadas e analisadas.

15.2 Todas as indicações com refletividade acima da curva de referência de 50% devem ser registradas, mencionando a localização da descontinuidade, o nível de resposta, dimensão e profundidade.

15.3 Descontinuidades que excederem ao nível de referência de 100% da curva de referência serão consideradas reprovadas, se o comprimento exceder às seguintes dimensões:

- 6,3mm para "t" ≤ 19mm
- 1/3t para "t" > 19mm até 58mm

### Notas:

(1) Considerar para junta de topo "t" igual à espessura da solda, excluindo-se o reforço.

(2) Para juntas de diferentes espessuras, "t" será considerado a menor espessura.

15.4 Nos registros de inspeção em serviço deve ser observado as seguintes recomendações:

- A coluna de laudo não deve ser preenchida, ficando esta análise de competência do setor de engenharia.
- As descontinuidades devem ser representadas em um croqui em escala, apresentando as vistas lateral e frontal da junta e indicando o comprimento, altura e espaçamentos, conforme apresentado no anexo V.

## 16. REGISTRO DE RESULTADOS

16.1 Os resultados das inspeções devem ser registrados em relatório (ANEXOS II, III e IV), indicando a identificação da peça, componente ou corpo de prova.

16.2 As informações contidas nos anexos são exemplos de critérios de aceitação, baseados em normas, utilizados no método de END. A única finalidade da inclusão destes critérios neste procedimento é treinar o candidato na interpretação destes, sob a supervisão do N3 responsável.

## 17. ANEXOS

- ANEXO I – Verificação da aparelhagem de Ultrassom com apresentação A-Scan
- ANEXO II – Formulário para Relatório de Registro de Resultados
- ANEXO III – Formulário para localização das descontinuidades na seção transversal da solda
- ANEXO IV – Formulário para Localização Longitudinal das descontinuidades
- ANEXO V – Exemplo de detalhamento de dimensionamento de descontinuidades



## ANEXO I – VERIFICAÇÃO DA APARELHAGEM DE ULTRASSOM

### 1. APARELHO DE ULTRASSOM

1.1 O aparelho de ultrassom deve ser tipo pulso-eco, apresentação tipo "A", capaz de gerar frequência na faixa de 1 a 6MHz.

### 2. CABEÇOTES

2.1 Os cabeçotes devem possuir as seguintes características:

- a) cabeçotes normais (ondas longitudinais) para contato direto devem ter cristais com diâmetro variando de 10 a 30mm ou quadrado com 10 a 25mm de lado.
- b) cabeçotes angulares (ondas transversais) para contato direto devem ter cristais com área ativa mínima de 70 mm<sup>2</sup>.
- c) cabeçotes tipo duplo cristal, normais ou angulares, para contato direto devem ter cristais de áreas 15 a 900 mm<sup>2</sup>.

2.2 Os cabeçotes a serem utilizados devem trazer impressos, no seu corpo de forma permanente, um código que permita identificar as seguintes características:

- a) tipo do cabeçote;
- b) material e dimensões do cristal;
- c) frequência;
- d) ângulo no aço;
- e) index, quando tratar-se de cabeçote angular. (Ponto de saída do som do cabeçote).

### 3. CONTROLE DE GANHO

3.1 O aparelho deve permitir um ajuste grosso com incrementos de 10 decibéis ou 20 decibéis e um ajuste fino com incrementos de 1 decibel ou 2 decibéis.

3.2 O aparelho deve possuir capacidade de ampliar pelo menos 80 decibéis.

### 4. FAIXA OPERACIONAL DE TEMPERATURAS

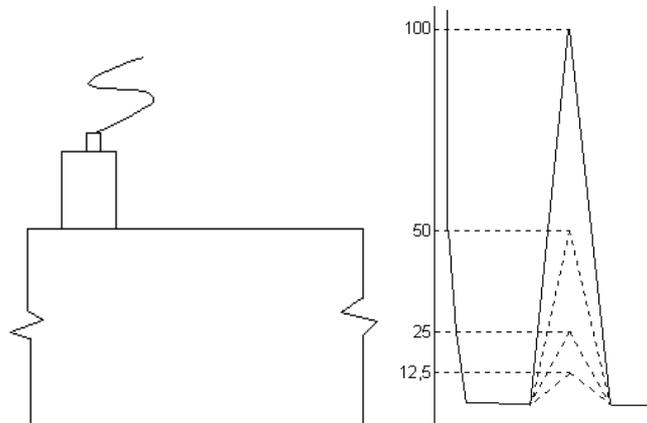
4.1 A aparelhagem deve permitir a operação em condições satisfatórias nas seguintes faixas de temperaturas:

- a) 5 a 40°C para aparelhos;
- b) 5 a 60°C para cabeçotes.

### 5. LINEARIDADE VERTICAL

5.1 A linearidade do controle de ganho deve ser verificada diariamente através de um cabeçote normal conforme indicado na Figura 1.

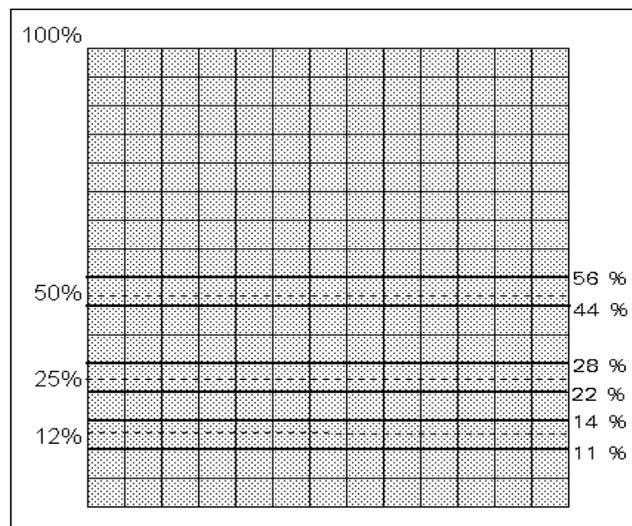
5.2 Escolhendo um dos ecos de fundo como referência, ajustar sua amplitude a 100% da altura da tela do aparelho. Variar o ganho na quantidade de decibéis indicada na coluna central da tabela da Figura 1. A linearidade do controle de ganho é considerada aceitável, se os valores de amplitude obtidos através desta sistemática se situarem dentro dos limites estabelecidos na coluna da direita da referida tabela.



Ajuste da indicação em % da altura total da tela	Mudança do controle de dB	Limites da indicação em % da altura total da tela
100	- 6 dB	44 a 56
100	- 12 dB	22 a 28
100	-18 dB	11 a 14

FIGURA 1 – Dados para verificação da linearidade do controle de ganho do aparelho

5.2.1 A verificação deve ser feita utilizando-se um gabarito de material plástico transparente, conforme a Figura 2, construído para cada modelo de aparelho.



**Notas:**

- (1) Construir de material plástico transparente.
- (2) Calcular, através do percentual acima citado e da altura da tela do aparelho, a posição correta das faixas de tolerância.

FIGURA 2 – Gabarito para verificação da linearidade do controle de ganho do aparelho.

## 6. LINEARIDADE HORIZONTAL

6.1 Aparelho deve ter linearidade horizontal dentro de mais ou menos 2% da escala de distância empregada. A verificação pode ser feita, colocando-se como mínimo, 4 ecos na tela do aparelho provenientes de um bloco padrão e verificando-se o posicionamento dos mesmos em relação a faixa de tolerância acima especificada.

## 7. RESOLUÇÃO

A aparelhagem deve apresentar resolução conforme procedimento a seguir:

### 7.1 Resolução com cabeçote normal e duplo-cristal

7.1.1 A resolução deve ser verificada, posicionando o cabeçote no bloco V1, conforme indicado na figura 3; de forma a se obter três ecos provenientes das superfícies refletoras. O cabeçote deve ser movimentado de forma a se obter os ecos com praticamente a mesma amplitude. O cabeçote apresenta boa resolução se os ecos das espessuras  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  apresentarem separação entre si na metade da amplitude total ou em ponto mais baixo (ver figura 3a).

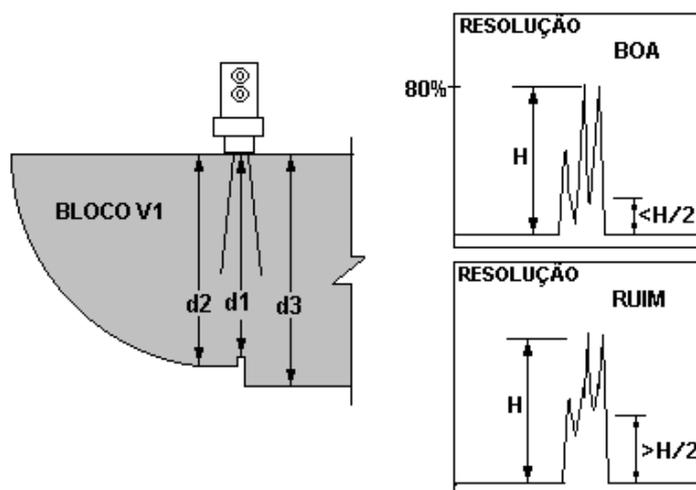


FIGURA 3a – Resolução com cabeçotes normal e duplo-cristal

### 7.2 Resolução com cabeçotes angulares.

7.2.1 A resolução deve ser verificada posicionando o cabeçote no bloco mostrado na figura (4a) de forma a se obter 2 ecos provenientes de dois raios distintos. O cabeçote deve ser movimentado de forma a se obter os seus ecos com a mesma amplitude.

7.2.2 Cabeçote apresenta boa resolução quando a separação entre os ecos ocorre na metade da amplitude total ou em ponto mais baixo (ver figura 4b).

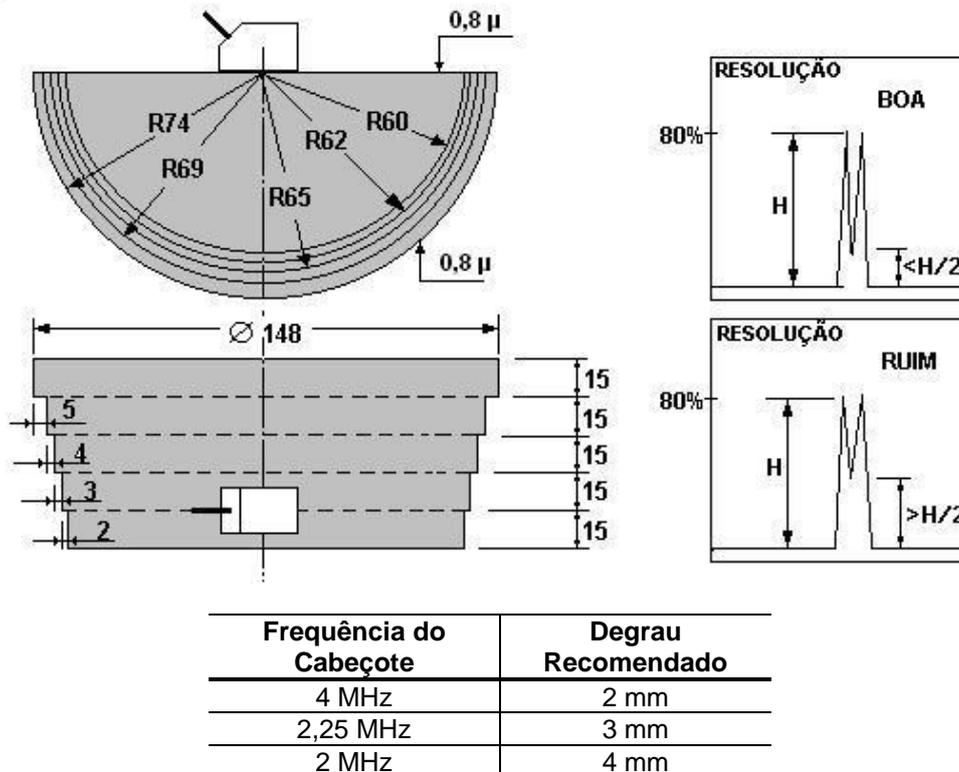


FIGURA 4 – Verificação resolução para cabeçote angular

## 8. BLOCOS DE CALIBRAÇÃO

### 8.1 Calibração dos Blocos de Calibração.

8.1.1 A integridade, rugosidade superficial e dimensões dos blocos de calibração, devem estar de acordo com as respectivas normas específicas (Ex. BS EN 12223, BS EN 27963, BS 4331 parte 3).

### 8.2 Calibração dos blocos de Referência.

8.2.1 Os blocos de referência devem apresentar dimensões dentro das tolerâncias indicadas no procedimento de ensaio.

#### 8.2.2 Teste de integridade dos blocos.

Todos os blocos de referência a serem utilizados na calibração da sensibilidade dos equipamentos de ultrassom devem ter sua integridade comprovada por meio de ultrassom, com cabeçote duplo-cristal com a finalidade de comprovar a inexistência de descontinuidades tais como: porosidade, segregação, dupla-laminação; que possam prejudicar ou falsear as calibrações a serem realizadas. Áreas que apresentam indicação cuja amplitude seja maior que o eco de fundo remanescente devem ser descartadas.



ANEXO II – FORMULÁRIO PARA RELATÓRIO DE REGISTRO DE RESULTADOS



RELATÓRIO DE ENSAIO  
ULTRA-SOM  
SOLDAS

\*(IDENTIFICAÇÃO DO CEQ)

PROCEDIMENTO - N.º REV.		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		RELATÓRIO N.º _____
MATERIAL		N.º cp.	CONDIÇÃO DA SUPERFÍCIE	FOLHA: _____ de _____
				NORMA DE REFERÊNCIA

APARELHO		FABRICANTE			MODELO			Nº SÉRIE				
CABEÇOTE							DADOS DE CALIBRAÇÃO					
TIPO	FABRICANTE	MODELO	Nº SÉRIE	DIMENSÕES (mm)	ANG. REAL	FREQ. (MHz)	ESPESSURA DA PEÇA (mm)	ESPESSURA DO BLOCO (mm)	GP	PT	GV	
Duplo-cristal												
Normal												
Angular												
Angular												
Angular												

Croqui - superfícies de varredura

ANG. POS.	SE	N	45°	60°	70°

DESCONTINUIDADES										
Nº	CABEÇOTE	AMP (dB)	LOCAL (mm)	COMPRIMENTO (mm)	PROF. (mm)	PERCURSO SOM (mm)	DISTÂNCIA. REFERÊNCIA (mm)	SUPERF. DETECÇÃO	IDENTIF. DESCONT.	LAUDO

**LEGENDA:**  
**Laudo:**  
 A: Aprovado  
 R: Reprovado  
 NEC: Necessário Exame Complementar

GP – Ganho primário  
 PT – Perda por transferência  
 GV – Ganho de varredura

OBSERVAÇÕES

APROVADO       REPROVADO       NEC

NOME DO CANDIDATO:			NÚMERO:		
MODALIDADE DO EXAME:			ASSINATURA DO CANDIDATO:		
EMPRESA:		DATA:		VISTO DO EXAMINADOR:	



ANEXO III – FORMULÁRIO PARA LOCALIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES NA SEÇÃO  
TRANSVERSAL DA SOLDA

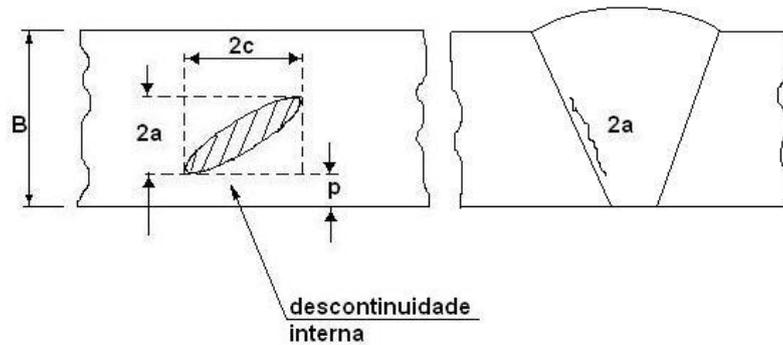
 		<b>RELATÓRIO DE ENSAIO</b>		(IDENTIFICAÇÃO DO CEQ)
<b>CROQUI</b>			RELATÓRIO N.º _____	
			FOLHA: _____ de _____	
NOME DO CANDIDATO:			NÚMERO:	
MODALIDADE DO EXAME:		ASSINATURA DO CANDIDATO:		
EMPRESA:	DATA:	VISTO DO EXAMINADOR:		



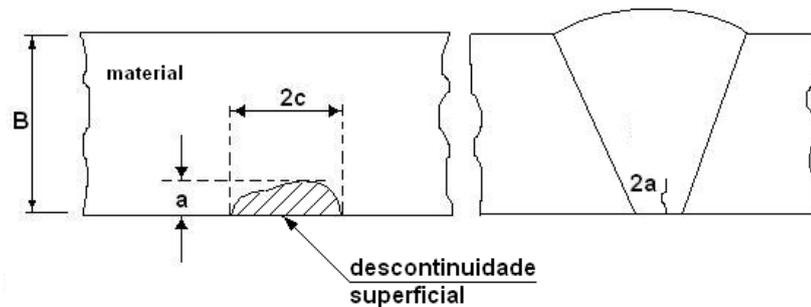
**ANEXO V – EXEMPLO DE DETALHAMENTO DE DIMENSIONAMENTO DE DESCONTINUIDADES**

Nos registros de inspeção em serviço as descontinuidades devem ser dimensionadas quanto ao comprimento, altura e espaçamento conforme os exemplos a seguir:

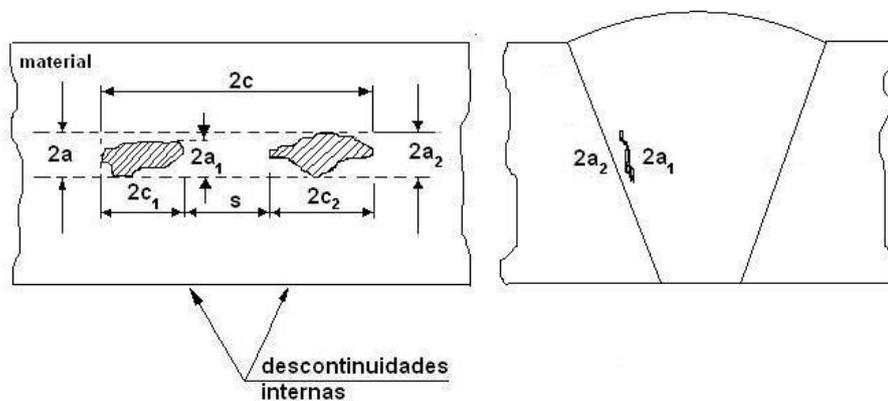
01



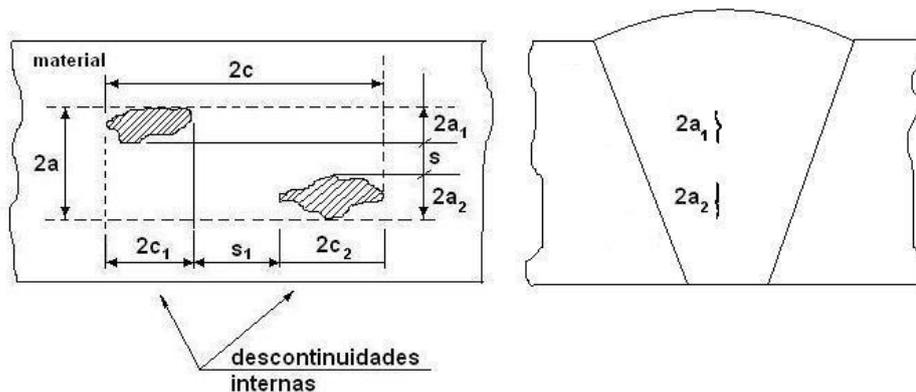
02



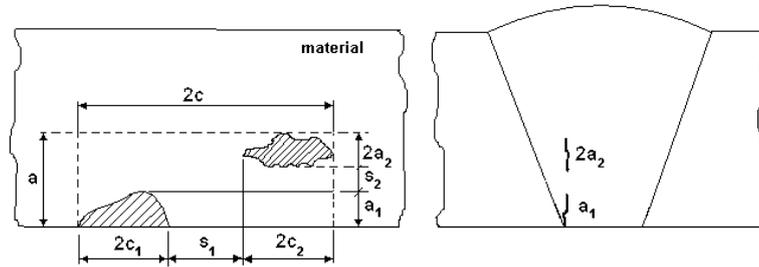
03



04

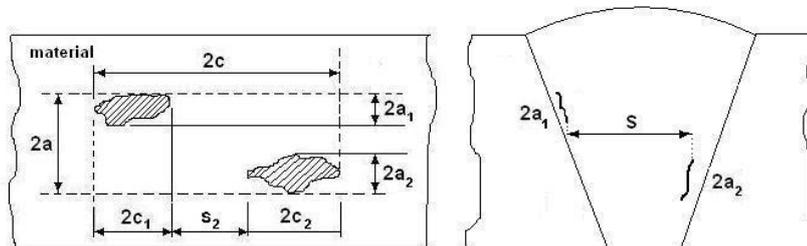


05



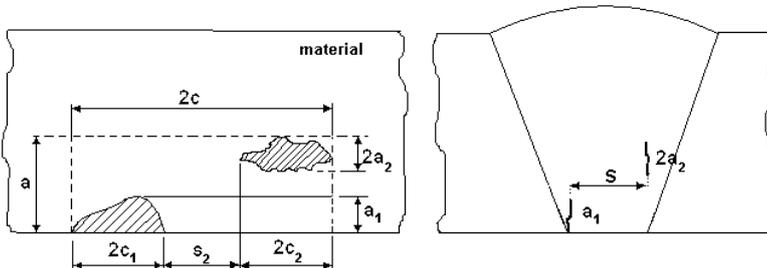
descontinuidade interna e  
descontinuidade superficial

06



descontinuidades  
internas

07



descontinuidade interna e  
descontinuidade superficial

### Legenda:

- 2c – Comprimento
- 2a – Altura na direção da espessura para descontinuidades internas
- a – Altura na direção da espessura para descontinuidades superficiais
- p – Distância da extremidade da descontinuidade interna até a superfície
- B – Espessura da peça
- S – Distância de separação entre descontinuidades

**Nota:** As figuras 03,04 e 05 representam descontinuidades que estão no mesmo plano (coplanares), as figuras 06 e 07 são descontinuidades não coplanares, ou seja, estão em planos diferentes.