

	<b>NORMA TÉCNICA</b>	Página 1/26
Título: <b>INSPEÇÃO EM SOLDAS POR ULTRASSOM CONVENCIONAL</b>		<b>NTC-104</b>
Aprovação Comissão Técnica Cepel-Eletronuclear	Vigência 16/11/2022	1ª Edição

- 1. OBJETIVO**
- 2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS**
- 3. DEFINIÇÕES**
- 4. CONDIÇÕES**
- 5. PROCEDIMENTO**
- 6. CRITÉRIOS DE REGISTRO E ACEITAÇÃO**
- 7. SEGURANÇA**
- 8. PERIODICIDADE**
- 9. ANEXOS**

## 1. OBJETIVO

Essa Norma Técnica visa padronizar as práticas de inspeção por ultrassom convencional para a detecção e avaliação de descontinuidades em juntas soldadas de aços carbono e aços baixa ligas.

## 2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

- 2.1. ABENDE – PR-011 – ULTRA-SOM SOLDA – PROCEDIMENTO DE END. REV. 11.
- 2.2. ASME Section I – Ed. 2019 – Rules for Construction of Power Boilers.
- 2.3. ASME Section V – Ed. 2019 - Nondestructive Examination.
- 2.4. ASME Section VIII – Ed. 2019 – Rules for Construction of Pressure Vessels – Division 1.
- 2.5. ASME Section IX – Ed. 2019 - Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators.
- 2.6. ASME B31.1 – Ed. 2020 – Power Piping.
- 2.7. ASME B31.3 – Ed. 2020 – Process Piping.
- 2.8. NBRNM-ISO 9712 – Ensaios Não Destrutivos - Qualificação e Certificação de Pessoal em END.
- 2.9. SNT-TC-1A - Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing.
- 2.10. ABENDI – NA-01 – Ensaios Não Destrutivos – Qualificação de Pessoal.
- 2.11. ABENDI – DC-001 – Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaios Não Destrutivos.
- 2.12. NR-35 – Norma Reguladora nº 35 – Trabalho em Altura.

## 3. DEFINIÇÕES

### 3.1. Abendi

Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção. Organismo de certificação Brasileiro que administra os procedimentos para a certificação de profissionais capacitados a executarem inspeção por técnicas de ensaios não destrutivos.

### 3.2. Acoplante

Os acoplantes destinados para ultrassom são utilizados em praticamente todas as aplicações a fim de facilitar a transmissão da energia do som entre o transdutor e a peça de teste. Os acoplantes são moderadamente viscosos, líquidos não tóxicos, géis ou pastas.

### 3.3. Ajuste

Operação destinada a fazer com que um instrumento de medição tenha desempenho compatível com o seu uso, podendo ser realizado de maneira automática, semiautomática ou manual.

### 3.4. Aparelho de Ultrassom

Instrumentos que captam as reflexões sônicas refletidas pelo material analisado através de um transdutor. Estas informações são analisadas pelo aparelho e mostradas em um visor, no qual o técnico poderá averiguar e determinar a existência, ou não, de quaisquer descontinuidades na peça sob inspeção.

### 3.5. ASME

American Society of Mechanical Engineer. É uma associação sem fins lucrativos de profissionais da engenharia que gerou um projeto de código, construção, inspeção e testes de equipamentos, incluindo caldeiras e vasos de pressão.

### 3.6. ASNT

American Society for Nondestructive Testing. Entidade de reconhecimento internacional destinada para atividades relacionadas às práticas de ensaios não destrutivos.

### 3.7. ASTM

American Society for Testing and Materials. É um órgão de reconhecimento internacional que tem como responsabilidade o desenvolvimento e a publicação de normas técnicas aplicadas para diversos produtos, materiais, serviços e sistemas.

### 3.8. Bloco de Referência

Padrão confeccionado de material com características sônicas semelhantes ao material a ser inspecionado, com as posições das descontinuidades conhecidas, a fim de realizar os procedimentos de ajustes dos instrumentos.

### 3.9. CA

Código de Aprovação. É um documento, emitido pelo Ministério da Economia do Brasil, estabelecendo o prazo de validade para comercializar um determinado EPI.

### 3.10. Calibração

Conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição, ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões. Esse procedimento é realizado pela RBC.

### 3.11. Certificação

Procedimento utilizado pelo organismo de certificação para confirmar que os requisitos de qualificação para um método, nível e setor tenham sido atendidos, resultando na emissão de um certificado.

### 3.12. END

Ensaio não destrutivo. Técnicas aplicadas na inspeção e medição de ativos.

### 3.13. EPI

Equipamento de proteção individual. Todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção contra riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde o profissional no desempenho de suas atribuições.

### 3.14. Qualificação

Demonstração de aptidão física, conhecimento, habilidade, treinamento e experiência necessários para o desenvolvimento apropriado das técnicas de END.

### 3.15. RBC

Rede Brasileira de Calibração. Rede de laboratórios acreditados pelo Inmetro destinados a calibrar instrumentos de medição conforme procedimentos normalizados.

### 3.16. Regulagem

Ajuste com emprego somente dos recursos disponíveis no instrumento para o usuário.

### 3.17. Transdutor

As ondas ultra-sônicas são geradas por transdutores ultra-sônicos, também chamados simplesmente de transdutores ou cabeçotes. De um modo geral, um transdutor é um dispositivo que converte um tipo de energia em outro. Os transdutores ultra-sônicos convertem energia elétrica em energia mecânica e vice-versa.

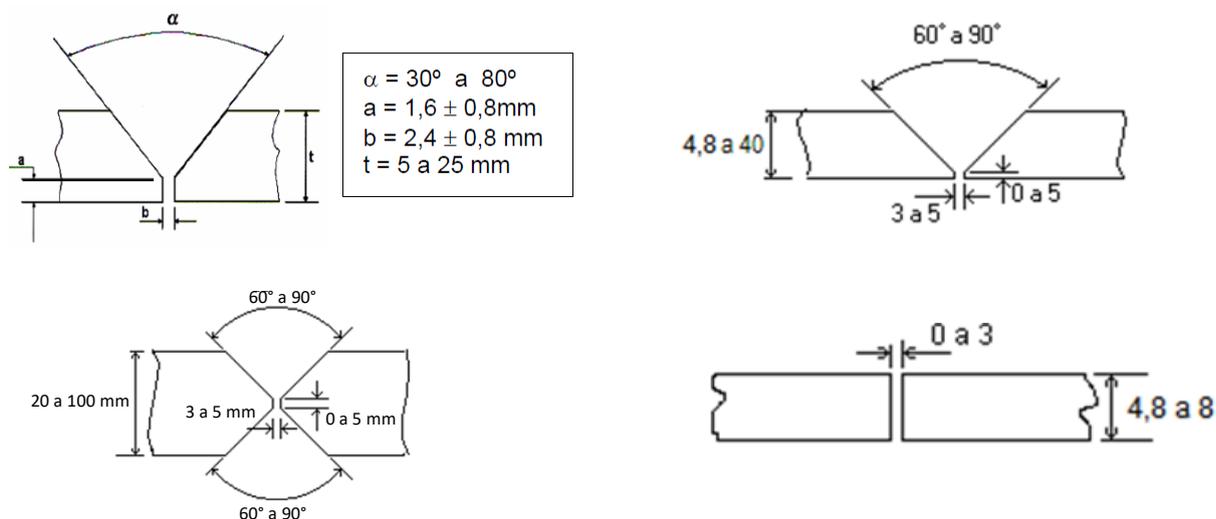
## 4. CONDIÇÕES

### 4.1. Materiais e limitações

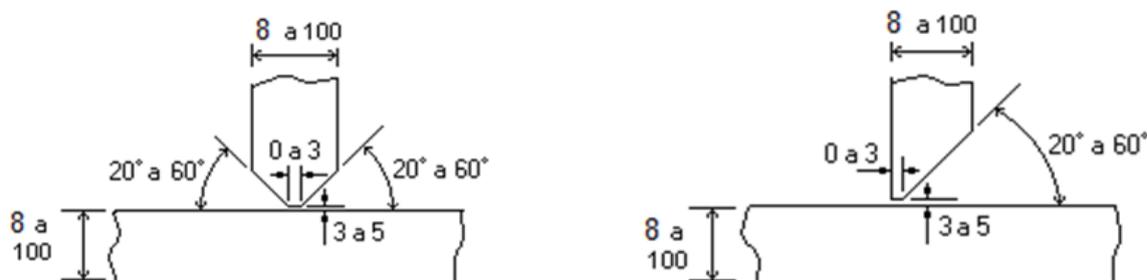
4.1.1. Esse procedimento se aplica a classe de materiais dos aços carbono e aços baixa liga com teores de elementos de liga de até 6%, com faixa de espessura entre 4,8 a 100 mm e para diâmetros externos superiores a 50 mm.

### 4.2. Dimensionais das juntas

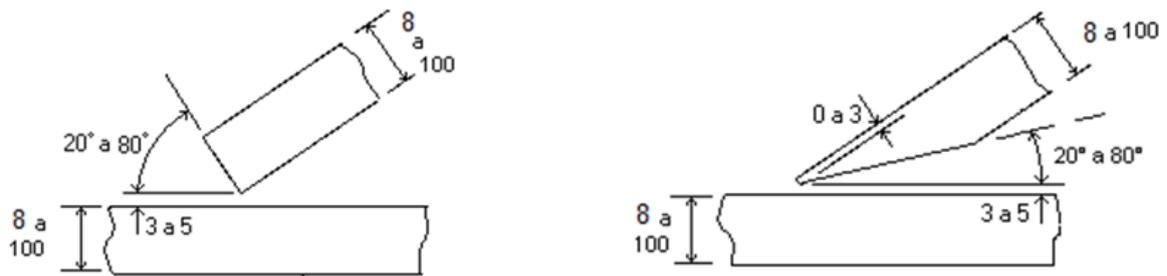
4.2.1. Entre a Figura 1 e a Figura 4 podem ser observadas as dimensões definidas das juntas para as soldas a serem inspecionadas.



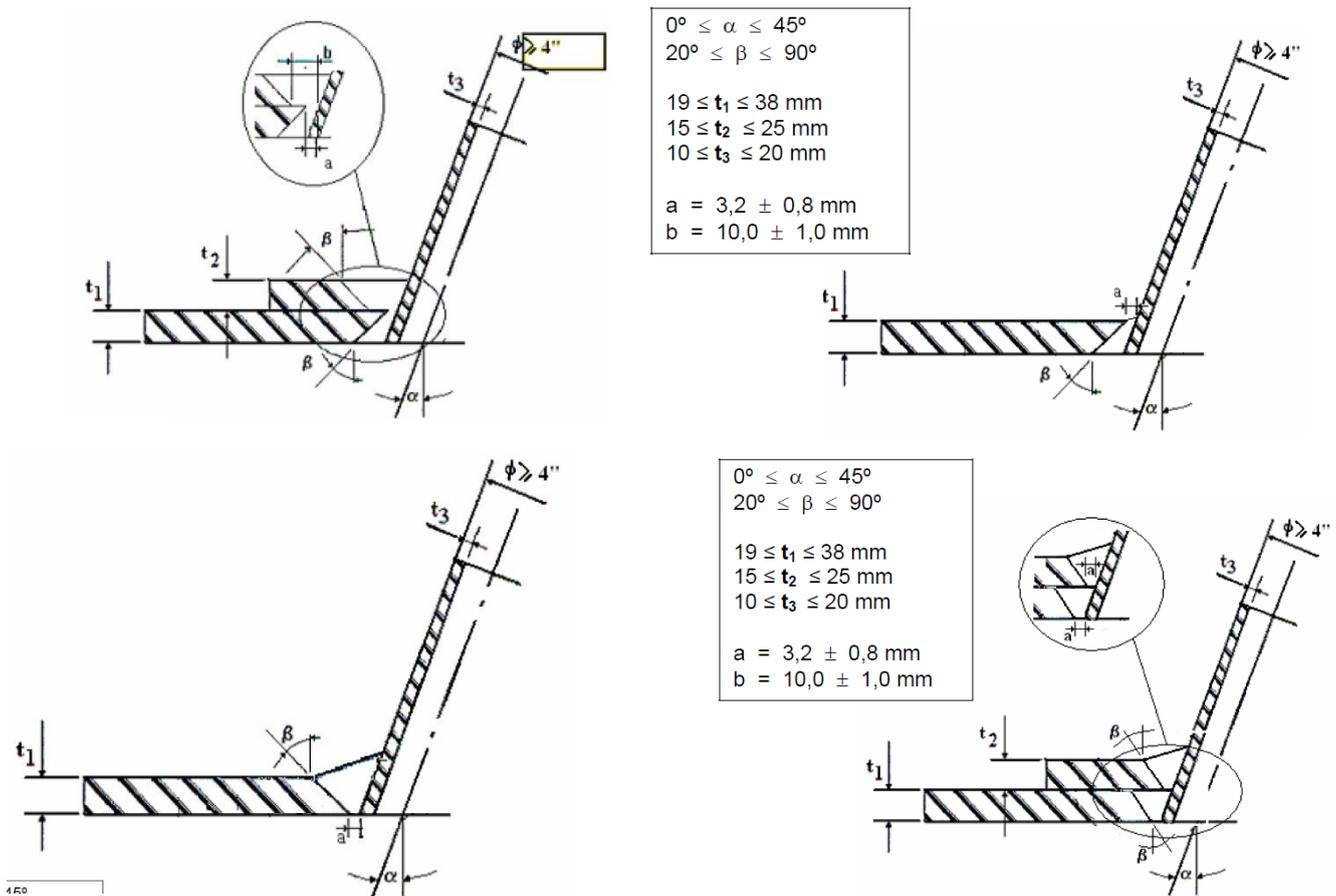
**Figura 1 – Junta de Topo entre chapas e tubos.**



**Figura 2 – Junta de ângulo em T.**



**Figura 3 – Junta de ângulo com solda em ângulo.**



**Figura 4 – Conexão com chanfro de geometria variável.**

### 4.3. Aparelho de Ultrassom

4.3.1. Deve ser do tipo pulso-eco, apresentação A-Scan, capaz de gerar frequência na faixa de 1 a 6 MHz. O controle de ganho deve permitir um ajuste grosso com incrementos de 10 ou 20 decibéis e um ajuste fino de incrementos, a partir de 0,5 decibéis, tendo capacidade de ampliar no mínimo 80 decibéis. A temperatura de operação deve cobrir a faixa entre 5 e 40°C.

4.3.2. A Tabela 1 indica, como sugestão, fabricantes e modelos de aparelhos de ultrassom que podem ser utilizados nas inspeções das juntas soldadas. Outros equipamentos de inspeção podem ser utilizados, desde que atendam minimamente os requisitos apresentados em 4.3.1 e que sejam compatíveis com esses instrumentos.

**Tabela 1 – Aparelhos de ultrassom sugeridos para realização das inspeções em juntas soldadas.**

Fabricante	Modelo
GE / Krautkramer	USM 35; USN 25; USN 50; USN 52; USM Go
Olympus / Parametrics	Epoch II; III; LTC; XT
Sonatest	Sitescan 130; 140; 230; 240
Modsonic	Einstein II
Siui	CTS 9005; 9006; Smartor
Mitech	MFD 350B; MFD650c. MFD800c

#### 4.4. Transdutores

4.4.1. A Tabela 2 indica, como sugestão, modelos e detalhes de transdutores de ultrassom que podem ser utilizados nas inspeções das juntas soldadas. Outros dispositivos podem ser utilizados, desde que atendam minimamente os requisitos apresentados em 4.4.2.

**Tabela 2 – Transdutores de ultrassom sugeridos para realização das inspeções em juntas soldadas.**

Fabricante	Modelo	Tipo	Ângulo [°]	Dimensões [mm]	Frequência [MHz]	Faixa de Utilização [mm]
GE / Krautkramer	B2 SN	Normal	0	Ø 24	2	50 a 100
GE / Krautkramer	B4 SN	Normal	0	Ø 24	4	30 a 100
GE / Krautkramer	MB2 SN	Normal	0	Ø 10	2	40 a 100
GE / Krautkramer	MB4 SN	Normal	0	Ø 10	4	25 a 100
GE / Krautkramer	MSEB 4H	Duplo Cristal	0	Ø 10	4	4,8 a 50
GE / Krautkramer	WB 45 N2	Angular	45	20 X 22	2	50 a 1000
GE / Krautkramer	WB 60 N2	Angular	60	20 X 22	2	50 a 1000
GE / Krautkramer	WB 70 N2	Angular	70	20 X 22	2	50 a 1000
GE / Krautkramer	MWB45 N4	Angular	45	8 X 9	4	5 a 400
GE / Krautkramer	MWB60 N4	Angular	60	8 X 9	4	5 a 400
GE / Krautkramer	MWB70 N4	Angular	70	8 X 9	4	5 a 400
Modsonic	MM 4 SN	Normal	0	Ø 10	4	25 a 100
Modsonic	MMEB 4 H	Duplo Cristal	0	Ø 10	4	4,8 a 70
Modsonic	MBW 45 N4	Angular	45	8 X 9	4	5 a 400
Modsonic	MBW 60 N4	Angular	60	8 X 9	4	5 a 400
Modsonic	MBW 70 N4	Angular	70	8 X 9	4	5 a 400
SIUI	RP4-10L	Normal	0	Ø 10	4	25 a 100
SIUI	TR4-10L	Duplo Cristal	0	Ø 10	4	4,8 a 70
SIUI	AFN4-89-45L	Angular	45	8 X 9	4	5 a 400
SIUI	AFN4-89-60L	Angular	60	8 X 9	4	5 a 400
SIUI	AFN4-89-60L	Angular	70	8 X 9	4	5 a 400
Mitech	10x4x0°	Normal	0	Ø 10	4	25 a 100
Mitech	3,5x10x4x0°	Duplo Cristal	0	Ø 10	4	4,8 a 70
Mitech	8x9x4x45°	Angular	45	8 X 9	4	5 a 400
Mitech	8x9x4x60°	Angular	60	8 X 9	4	5 a 400
Mitech	8x9x4x70°	Angular	70	8 X 9	4	5 a 400
ENDvale	MT10-4	Normal	0	Ø 10	4	25 a 100
ENDvale	MDC-4	Duplo Cristal	0	Ø 10	4	4,8 a 70
ENDvale	MZA-45-4	Angular	45	8 X 9	4	5 a 400
ENDvale	MZA-60-4	Angular	60	8 X 9	4	5 a 400
ENDvale	MZA-70-4	Angular	70	8 X 9	4	5 a 400

4.4.2. Os transdutores devem ser de 1 a 10 MHz. Os normais devem ser utilizados para espessuras a partir de 25 mm. Para espessuras inferiores a 25 mm devem ser empregados transdutores do tipo duplo-cristal. O ruído máximo permitido é de 10% na altura total da tela. Os angulares devem ter ângulo variando entre 35 a 80 graus, recomendando-se as informações da Tabela 3. Os transdutores angulares devem ser compatíveis com o detalhe dimensional da junta soldada e com o tipo de descontinuidade a ser detectada, buscando a incidência do feixe sônico o mais perpendicular possível ao chanfro da junta soldada, sendo que aqueles utilizados em superfícies com raio de curvatura inferior a 250 mm devem possibilitar um ajuste de suas sapatas à superfície.

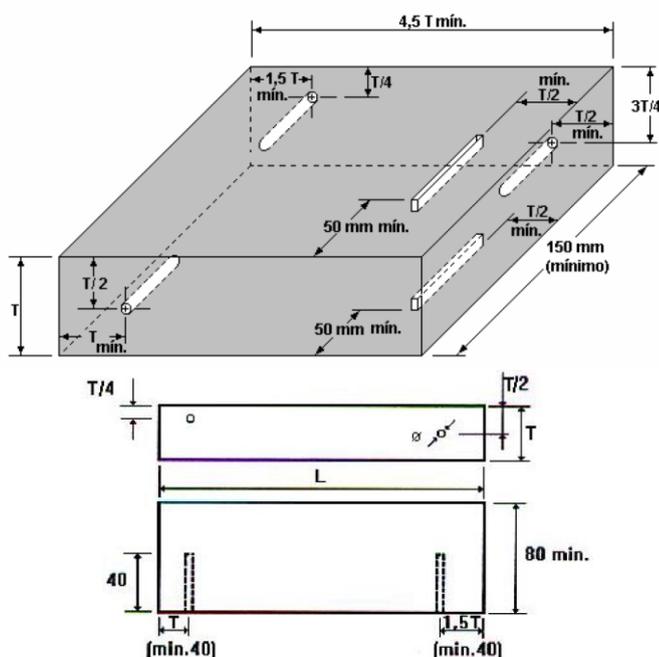
**Tabela 3 – Ângulos de transdutores recomendados para espessuras de materiais a serem inspecionados.**

Ângulo do transdutor	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

#### 4.5. Calibração da sensibilidade

##### 4.5.1. Soldas entre chapas planas, juntas de ângulo e conexões

4.5.1.1. A calibração da sensibilidade e a curva de referência deve ser obtida utilizando-se um bloco de referência de material igual ou acusticamente semelhante ao da peça a ser inspecionada, com uma espessura "T" relacionada com a espessura da peça a ser ensaiada, conforme indicada na Figura 5. Quando "t" é composta por mais de uma espessura numa mesma junta soldada, o seu valor a ser considerado deverá obedecer aos dados da Tabela 4.



Espessura da Junta (t) mm	Espessura do Bloco de Referência (T) mm	Diâmetro dos Furos (mm)
$\leq 25$	20 ou t	2,5
$> 25$ até 50	38 ou t	3,0
$> 50$ até 100	75 ou t	5,0

**Obs.:**

Profundidade do entalhe = 2%T

Largura do entalhe = 6,4mm (1/4")

Comprimento do entalhe = 25mm (1")

Profundidade mín. do furo = 40 mm e paralelo à superfície.

Tolerância do diâmetro do furo  $\pm 0,1$ mm e da sua localização de  $\pm 1,0$ mm.

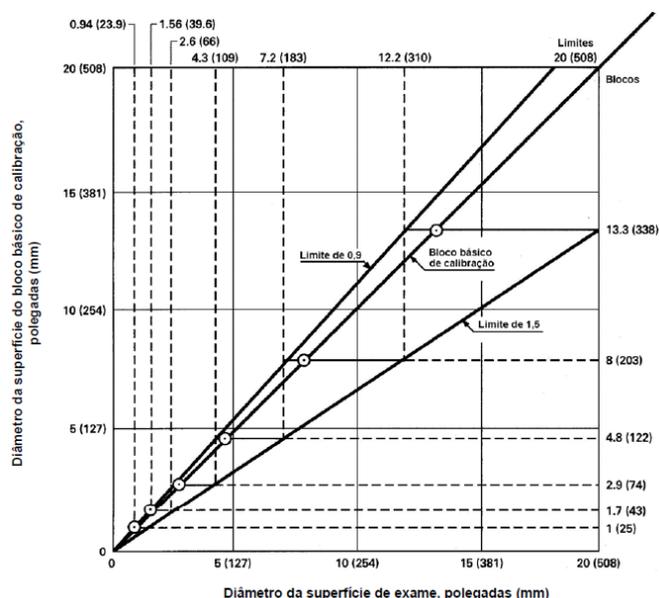
**Figura 5 – Blocos de Referência para componentes não tubulares.**

**Tabela 4 – “t” equivalente para duas ou mais espessuras em uma mesma junta soldada.**

Tipos de Juntas	“t” correspondente
Juntas de topo e juntas de ângulo em ângulo	Espessura média da solda
Juntas de conexões	Espessura média da solda entre o casco e o pescoço, excluindo-se a chapa de reforço (se existente)

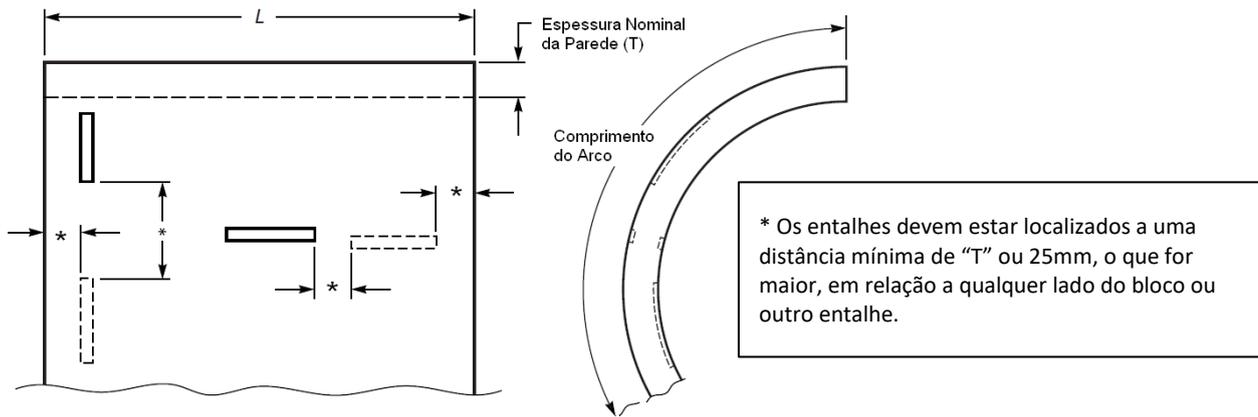
4.5.1.2. Se a varredura for efetuada numa superfície cilíndrica, numa direção ortogonal ao eixo desta, e a superfície de contato tem um diâmetro externo de curvatura menor ou igual a 500mm, o diâmetro externo de curvatura de bloco de referência deve preferencialmente ser o mesmo da superfície de contato. Um bloco de referência de um determinado diâmetro será utilizado para a inspeção de peças que estejam entre 0,9 a 1,5 vezes o diâmetro deste bloco, conforme Figura 6. Para a seleção do diâmetro de curvatura dos blocos de referência:

- (1) marque o diâmetro (de curvatura) da superfície do bloco de referência na linha diagonal;
- (2) trace, pelo ponto marcado, uma linha horizontal ligando a diagonal às linhas dos limites 0,9 e 1,5;
- (3) 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.


**Figura 6 - Blocos de referência curvos.**

#### 4.5.2. Soldas de tubulação

4.5.2.1. A calibração da sensibilidade e a traçagem da curva de referência devem ser feitas em um bloco de referência conforme a Figura 7, o qual deve ser de mesmo diâmetro nominal, espessura, tratamento térmico e especificação de material da tubulação que será inspecionada.



**Notas:**

- 1- O mínimo comprimento do bloco (L) deve ser 203 mm (8") ou 8T, o qual for maior;
- 2- Para diâmetro externo até 102 mm (4"), o comprimento mínimo de arco deve ser de 270°. Para diâmetro externo maiores que 102 mm, o comprimento mínimo de arco deve ser 203 mm (8") 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 (1/4"). O comprimento dos entalhes deve ser de no mínimo 25 mm (1").

**Figura 7 – Bloco de Referência para tubulação.**

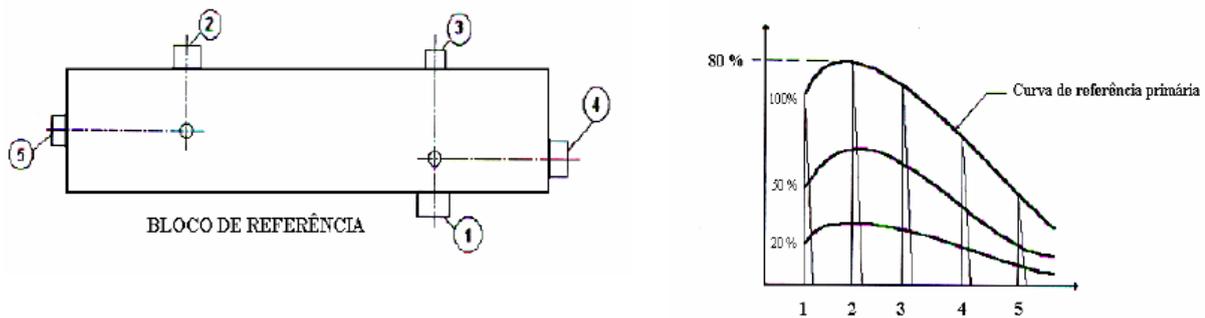
**4.6. Curvas de Referências**

**4.6.1. Curvas de referência para chapas planas, juntas de ângulo e conexões.**

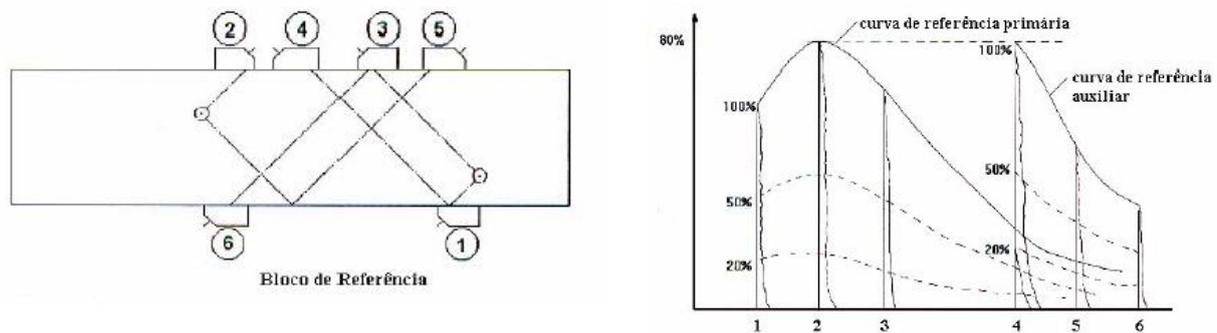
**4.6.1.1. Para a sua construção, deverá ser seguida a seguinte sequência:**

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

**4.6.1.2. A Figura 8 e a Figura 9 ilustram a construção das curvas de referência para os transdutores mono/duplo-cristal e para os transdutores angulares, respectivamente.**



**Figura 8 – Curva de referência primária para transdutores mono/duplo cristal.**



**Figura 9 – Curva de referência primária para transdutores angulares.**

4.6.1.3. Se os últimos pontos da curva de referência primária ficarem abaixo de 20% da altura da tela, será necessário traçar a curva de referência auxiliar a partir do primeiro ponto abaixo de 20% da altura da tela, conforme:

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

Notas:

1. A área da curva de referência entre o zero da escala e o seu primeiro eco, ponto "1" da Figura 9, 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.

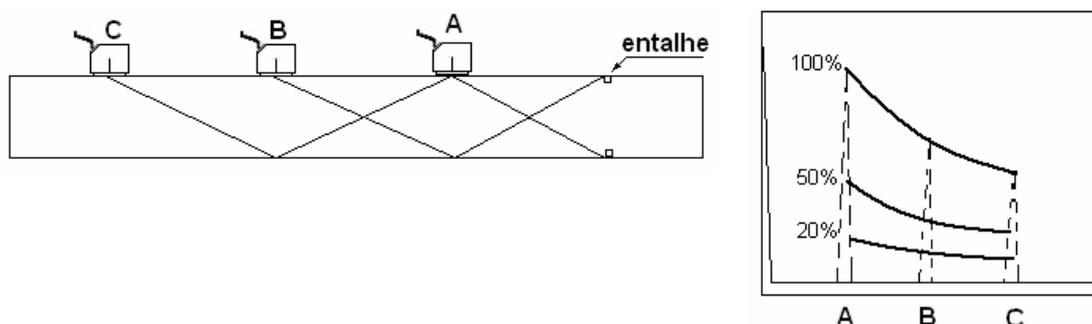
2. Quando o equipamento utilizado for de última geração ou que já possua o recurso de traçagem das curvas, não se torna necessário o ajuste da curva auxiliar.

4.6.2. Curvas de referência para tubos

4.6.2.1. Para a calibração da sensibilidade em transdutores normais/duplo-cristal, a calibração deve ser feita colocando-se o eco de fundo a 80% da altura total da tela.

4.6.2.2. Para a calibração da sensibilidade em transdutores angulares, a construção das curvas de referência deve ser feita conforme sequência descrita abaixo, e conforme ilustrada na Figura 10.

- Posicionar o transdutor de modo a maximizar o entalhe posicionado no diâmetro interno (1/2 pulo);
- 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);
- Sem alterar o ganho, posicionar o transdutor 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;
- 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 o ganho em 6 dB e 14 dB em relação ao ganho primário (GP).



**Figura 10 – Curva de referência para tubulação.**

#### 4.7. Correção das Perdas por Transferência

4.7.1. A correção devido à perda por transferência para transdutores 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 transdutor 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 ( $GC=GP+PT$ ).

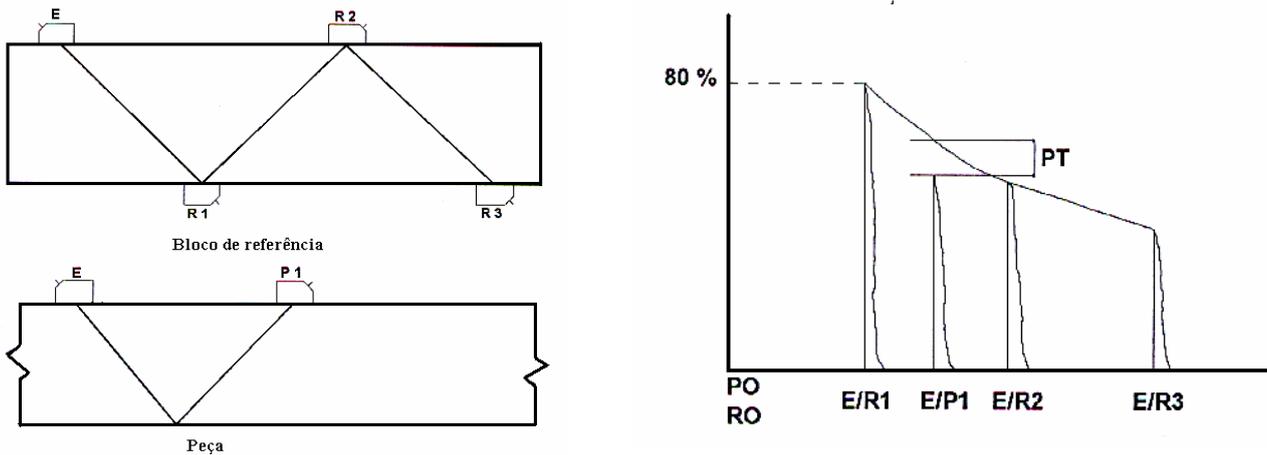
4.7.2. A correção devida à perda por transferência para transdutores angulares deve ser executada da seguinte maneira:

- Com o auxílio do bloco de referência, deve ser traçada a curva mostrada na Figura 11, com dois transdutores, um como emissor e outro como receptor, de mesmo ângulo, frequência tipo e fabricante.
- Os transdutores devem ser posicionados conforme Figura 11, 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 transdutores na peça a ser examinada (ver Figura 11), na posição E/P1 e se a altura do eco deste posicionamento for igual à altura da curva

(alínea b), não são necessárias correções;

f) 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;

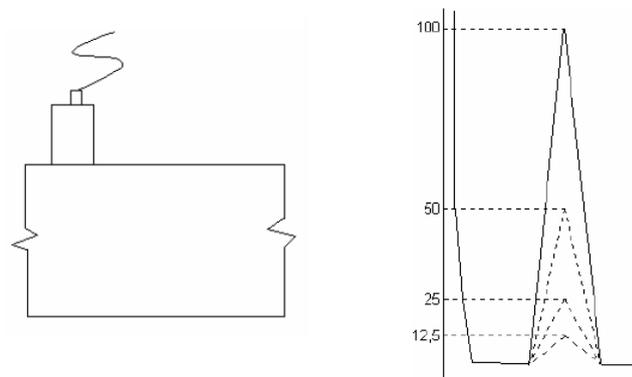
g) ganho resultante é denominado ganho corrigido ( $GC = GA + PT$ ). O ganho para varredura deve ser o ganho corrigido acrescido de 6 dB. Para avaliação de descontinuidades, o ganho deve ser o ganho corrigido, sem o acréscimo de 6 dB.



**Figura 11 – Correção da perda por transferência.**

#### 4.8. Linearidade Vertical

4.8.1. A linearidade do controle de ganho deve ser verificada diariamente através de um cabeçote normal conforme indicado na Figura 12. 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 5. 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.

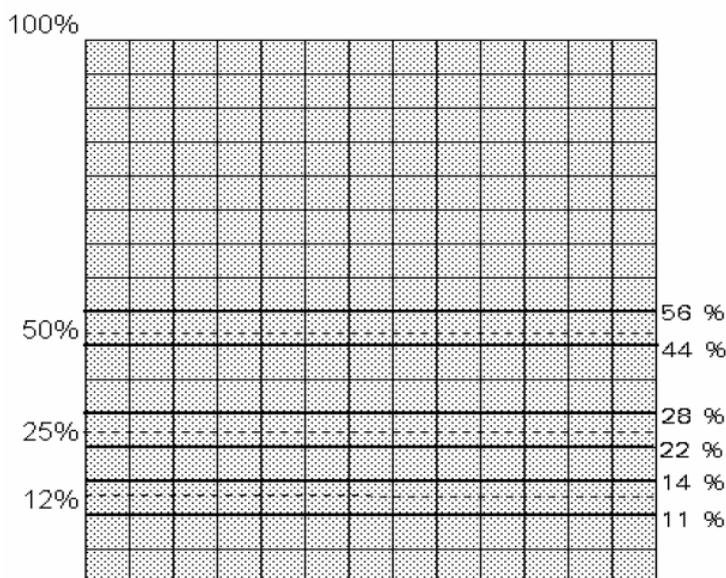


**Figura 12 – Linearidade do controle de ganho.**

**Tabela 5 – Dados para verificação da linearidade do controle de ganho do aparelho.**

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

4.8.2. A verificação deve ser feita utilizando-se um gabarito de material plástico transparente, conforme a Figura 13, 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.

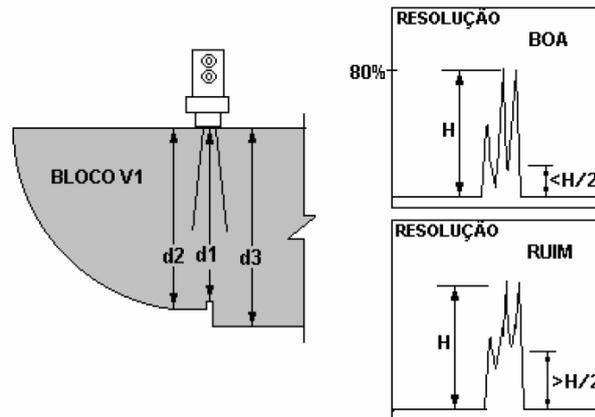
**Figura 13 – Gabarito para verificação da linearidade do controle de ganho do aparelho.**

#### 4.9. Linearidade Horizontal

4.9.1. Os aparelhos devem 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.

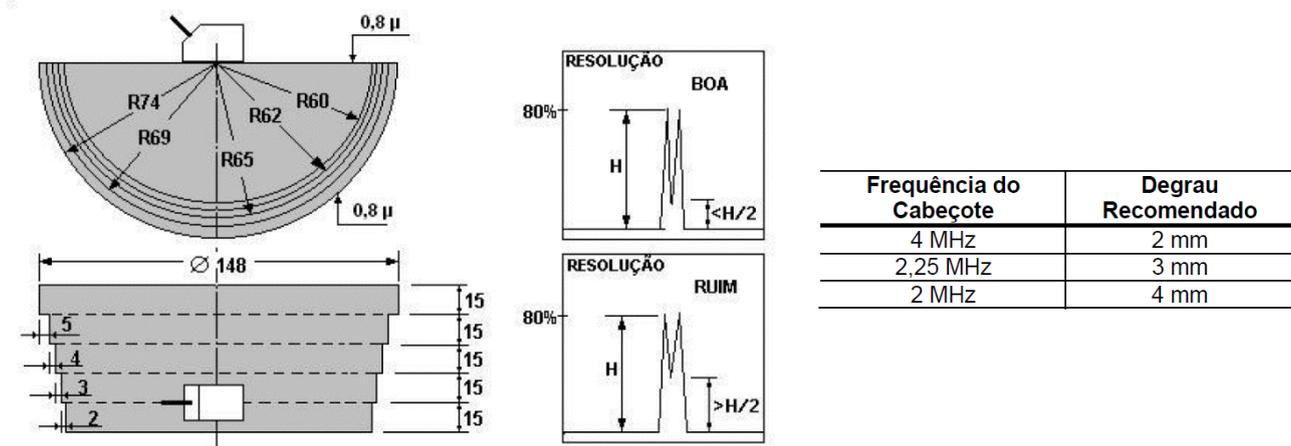
#### 4.10. Resolução

4.10.1. A resolução com transdutor normal e duplo-cristal deve ser verificada, posicionando o cabeçote no bloco V1, conforme indicado na Figura 14; de forma a se obter três ecos provenientes das superfícies refletoras. O transdutor deve ser movimentado a fim de se obter os ecos com praticamente a mesma amplitude. O transdutor apresenta boa resolução se os ecos das espessuras d1, d2, d3 apresentarem separação entre si na metade da amplitude total ou em ponto mais baixo (ver Figura 14).



**Figura 14 – Resolução com cabeçotes normal e duplo-cristal.**

4.10.2. A resolução com transdutores angulares deve ser verificada posicionando o transdutor no bloco mostrado na Figura 15 de forma a se obter 2 ecos provenientes de dois raios distintos. O transdutor deve ser movimentado de forma a se obter os seus ecos com a mesma amplitude. O transdutor apresenta boa resolução quando a separação entre os ecos ocorre na metade da amplitude total ou em ponto mais baixo.



**Figura 15 – Verificação resolução para cabeçote angular.**

#### 4.11. Condição superficial

4.11.1. As superfícies de varredura devem estar limpas, livres de rugosidade ou oxidação excessiva, carepas de laminação, tintas, respingos de solda, depressões ou qualquer outra irregularidade que possa interferir no acoplamento ou na livre movimentação dos transdutores. Quando for requerido o acoplamento do transdutor sobre o cordão de solda, o reforço deve ser removido, ficando a sua superfície, faceada com o metal base.

4.11.2. Nas superfícies com a presença de carepas ou demasiadamente oxidadas, a preparação deve ser feita com escova de aço, lixadeira ou por jateamento. Quando necessário, os vestígios de graxa, óleo ou gordura, devem ser removidos com solventes.

4.11.3. A temperatura da superfície deve estar entre 0° e 55°C. A diferença de temperatura entre a superfície de ensaio e o bloco de referência utilizado não deve ser superior a 14°C.

#### 4.12. Acoplantes

4.12.1. Utilizar preferencialmente carboxi-metil-celulose, podendo ser diluído em água.

4.12.2. Outros materiais podem ser empregados como acoplantes: óleo, glicerina, pasta de celulose ou gel, desde que não contenham mais de 1% em peso de resíduos de enxofre e halogêneos.

4.12.3. O mesmo tipo de acoplante utilizado na calibração deve ser usado no ensaio.

4.12.4. Após a execução do ensaio, o acoplante deve ser removido imediatamente da superfície do componente.

#### 4.13. Técnica de Varredura

4.13.1. A área de varredura a ser percorrida pelas ondas transversais do transdutor angular será primeiramente inspecionada com transdutores normal ou duplo-cristal, para pesquisar a existência de descontinuidades paralelas à superfície que, no caso de existirem, devem ser registradas e consideradas no ensaio com transdutor angular.

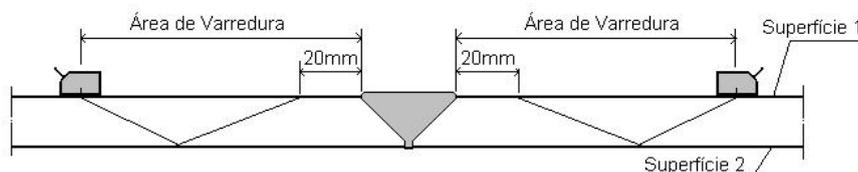
4.13.2. Para a varredura das soldas, devem ser empregados no mínimo 2 transdutores angulares de ângulos diferentes sendo que um deles deve incidir o mais perpendicular possível à face do bisel. Para a escolha dos transdutores deve-se observar as recomendações feitas no item 4.4.

4.13.3. A varredura será executada com uma sobreposição de, no mínimo, 15%.

4.13.4. A velocidade de inspeção será menor que 150 mm por segundo.

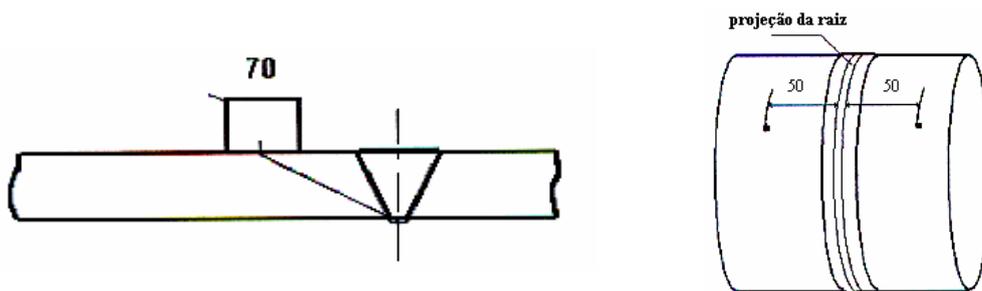
4.13.5. Será feita a marcação física na peça dos limites da área de varredura por meio de giz de cera ou marcador industrial, *markey*.

4.13.6. As juntas soldadas serão inspecionadas por varredura transversal e longitudinal à solda, sendo que a varredura longitudinal será feita com o feixe sônico aproximadamente paralelo à solda, com ângulo de no máximo  $45^\circ$  em relação ao eixo longitudinal da solda. Nas soldas onde o reforço estiver usinado, a varredura longitudinal será feita sobre a junta soldada. A varredura transversal será efetuada com a movimentação do transdutor no sentido transversal à solda, com pequena oscilação orbital do transdutor, em torno de  $\pm 10^\circ$ . A área de varredura deverá ser suficiente para a inspeção de toda a junta soldada e mais 20 (vinte) mm adjacentes a mesma. A Figura 16 exemplifica o esquema de uma varredura em uma junta de topo.



**Figura 16 – Varredura em uma junta de topo.**

4.13.7. Em juntas circunferenciais de tubos com diâmetro menor ou igual a 152mm (6"), a raiz deve ser examinada com transdutor de  $70^\circ$  posicionado de tal maneira que o feixe sônico atinja a raiz na linha de centro da solda. O transdutor deve então ser movimentado paralelamente ao eixo do cordão de solda em ambos os lados da peça. Para facilitar o posicionamento do transdutor, devem ser produzidas marcações físicas a 50mm de distância da face da raiz. Essa metodologia também é aplicável no caso de vasos de pressão, podendo ser executada pela superfície externa ou interna, sempre pelos dois lados da junta. A Figura 17 ilustra uma varredura em juntas circunferenciais de tubos.



**Figura 17 – Varredura em juntas circunferenciais de tubos.**

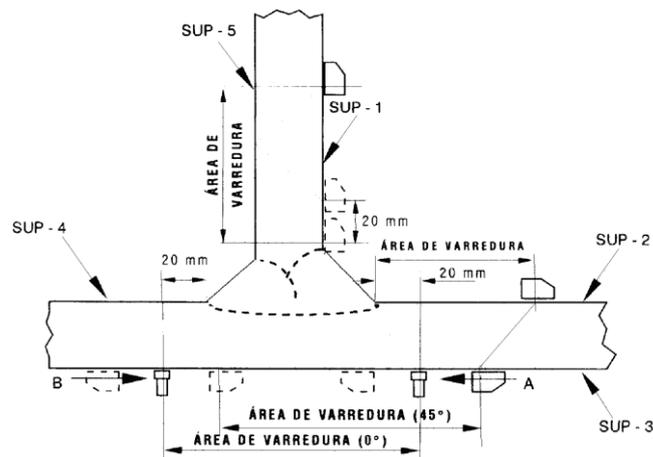
4.13.8. Se por algum motivo a varredura não puder ser executada conforme especificado, este fato será registrado no relatório e comunicado ao profissional nível 3 para determinar a necessidade, ou não, de ensaio complementar.

4.13.9. A inspeção de juntas soldadas entre tubos e curvas com diâmetro maior ou igual a 152mm (6"), será executada pelo lado externo do tubo e pelo lado interno e externo da curva. Quando executado pelo lado interno da curva deve ser utilizando acoplante mais viscoso de modo a possibilitar a passagem do feixe sônico para a peça. A varredura deve ser realizada com transdutores de 60° e 70°, independente da espessura da peça. As discontinuidades detectadas pelo lado interno da curva, localizadas no enchimento da solda, serão avaliadas considerando o nível de referência da curva de 50% da referência primária. Descontinuidades detectadas em outras regiões serão avaliadas de acordo com os critérios de aceitação descritos no item 6.

4.13.10. A inspeção de juntas soldadas entre tubos e flanges com diâmetro de 50 a 152mm (2" a 6"), será executada somente pelo lado externo do tubo, utilizando-se acoplante mais viscoso de modo a possibilitar a passagem do feixe sônico para a peça. A varredura deve ser realizada com transdutores de 60° e 70°, independente da espessura da peça. A inspeção por ultrassom somente será executada caso a raiz da solda seja considerada livre de discontinuidades como falta de penetração, falta de fusão, concavidade, excesso de penetração e mordedura, que devem ser antes avaliados por ensaios complementares de inspeção visual e líquido penetrante pelo lado interno na raiz.

4.13.11. Para as juntas em ângulo, a varredura deve ser preferencialmente executada com pelo menos um transdutor angular através da superfície 1 ou 5 e, caso haja acesso, pela superfície 3, com o transdutor normal ou duplo-cristal e o transdutor angular de 45°, de acordo com a Figura 18. Caso não seja possível este tipo de varredura, as superfícies 1 e 2 ou 4 e 5 devem ser utilizadas para a inspeção da solda apenas com transdutores angulares.

4.13.12. Em caso de dúvida recomendar o ensaio radiográfico complementar.

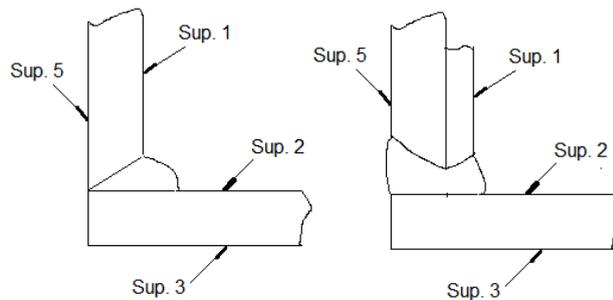


Superfície de Ensaio	Espessura (mm)															
	t ≤ 15				15 < t ≤ 25				25 < t ≤ 40				40 < t ≤ 100			
	0°	45°	60°	70°	0°	45°	60°	70°	0°	45°	60°	70°	0°	45°	60°	70°
1 ou 5	-	-	X	X	-	O	X	O	-	X	O	O	-	X	O	-
2 ou 4	-	-	X	X	-	O	X	O	-	X	O	O	-	O	-	-
3 (A/B)	X	X	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	X	O	-	-

X – Requerido    O – Complementar

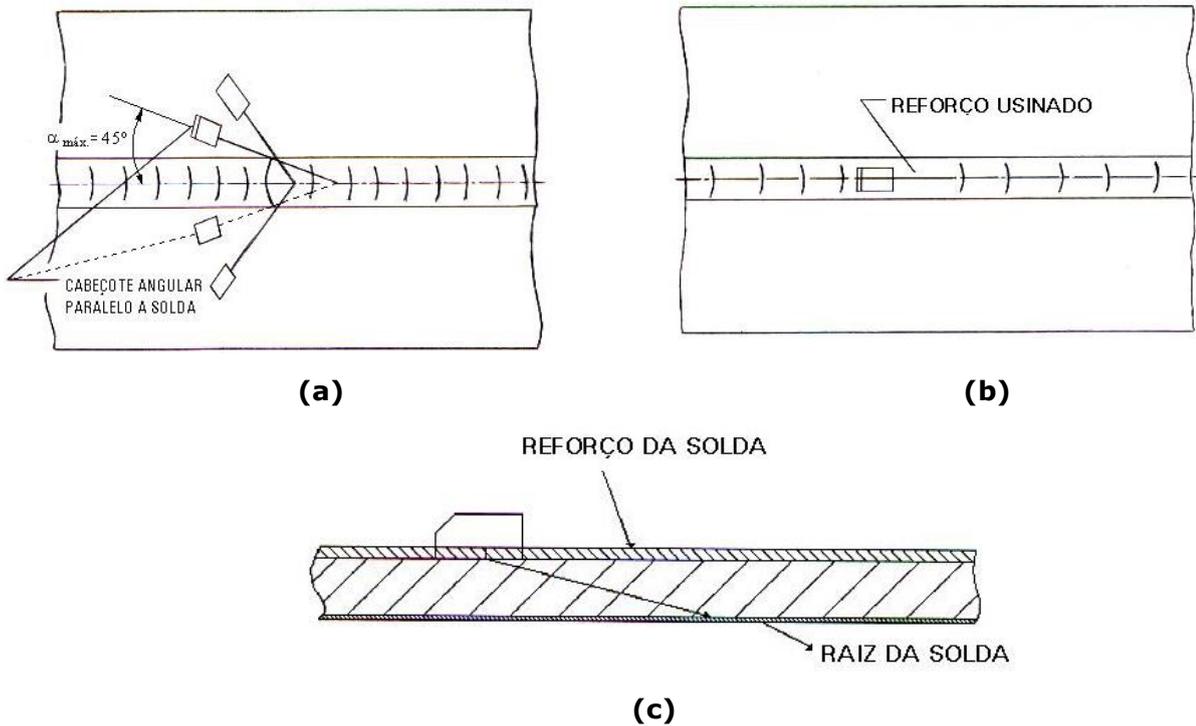
**Figura 18 – Varredura de juntas de ângulo.**

4.13.13. Para as juntas casco-conexão, a inspeção deve ser feita com transdutores de 45°, 60° e 70° pela superfície 1 ou 5, e sempre que possível, pela superfície 3, de acordo com o esquema da Figura 19. Para diâmetro interno de conexão maior que 100 mm, sempre que houver acesso, deve ser utilizado transdutores normal ou duplo cristal e angular de 45° pela superfície 3. No caso de conexões com chapa de reforço (colar), inspecionar inicialmente a solda casco-conexão antes da montagem do anel do reforço, complementando o ensaio após sua soldagem ao pescoço da conexão.

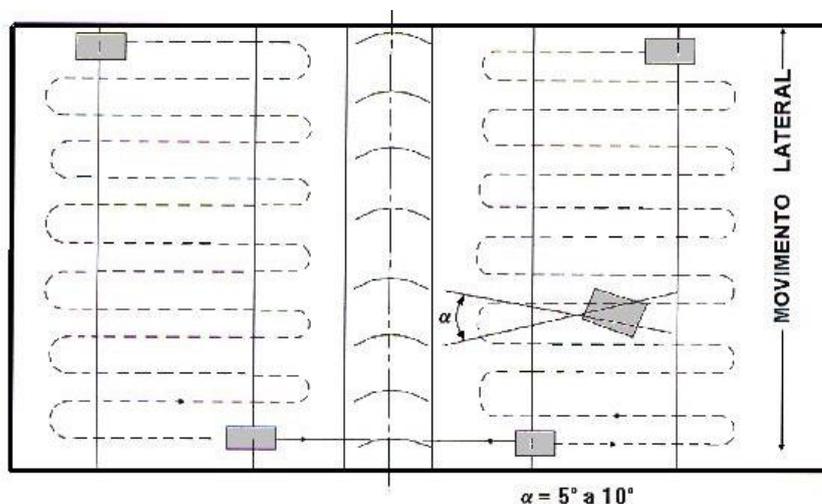


**Figura 19 – Varredura em conexões.**

4.13.14. A varredura para detectar descontinuidades transversais deve ser realizada sempre que possível. A Figura 20 e a Figura 21 ilustram, respectivamente, varreduras para detecção de descontinuidades nas direções transversais e longitudinais.



**Figura 20 – Varredura para detecção de descontinuidades transversais: (a) solda com reforço; (b) solda com reforço usinado; (c) seção transversal destacando a incidência do feixe.**



**Figura 21 – Varredura para detecção de descontinuidades longitudinais e movimentação do transdutor.**

#### 4.14. Requisitos adicionais

##### 4.14.1. Antes de iniciar o serviço o inspetor deverá saber:

- material base e metal de adição da junta;
- processo de soldagem;
- dimensões da junta (ângulo do chanfro, abertura da raiz, etc);
- norma de projeto do equipamento.

4.14.2. 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 transdutores utilizados (por exemplo o feixe de 20 dB).

#### 4.15. Método de dimensionamento das descontinuidades

4.15.1. O comprimento de uma descontinuidade é determinado pelo Método da Queda dos 6 dB, descrito a seguir:

a) Reduzir ou elevar o sinal máximo do defeito a 100% da tela, conforme posição da Figura 22;

b) Avaliar, deslocando o transdutor para a esquerda e direita, tomando-se o cuidado de manter o transdutor sempre na mesma distância da solda, de "A para B", até o sinal cair 50% da altura da tela

Ponto "A" – Sinal máximo recebido;

Ponto "B" – Posição do transdutor com sinal a 50% da tela.

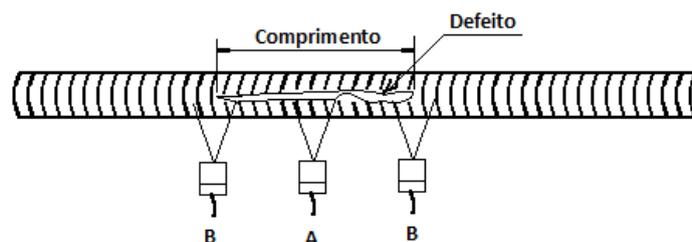
Mais indicado para avaliar a extensão longitudinal dos defeitos.

c) O dimensionamento será feito pela aplicação do método nas extremidades da descontinuidade, considerando-se o eco mais próximo de cada extremo;

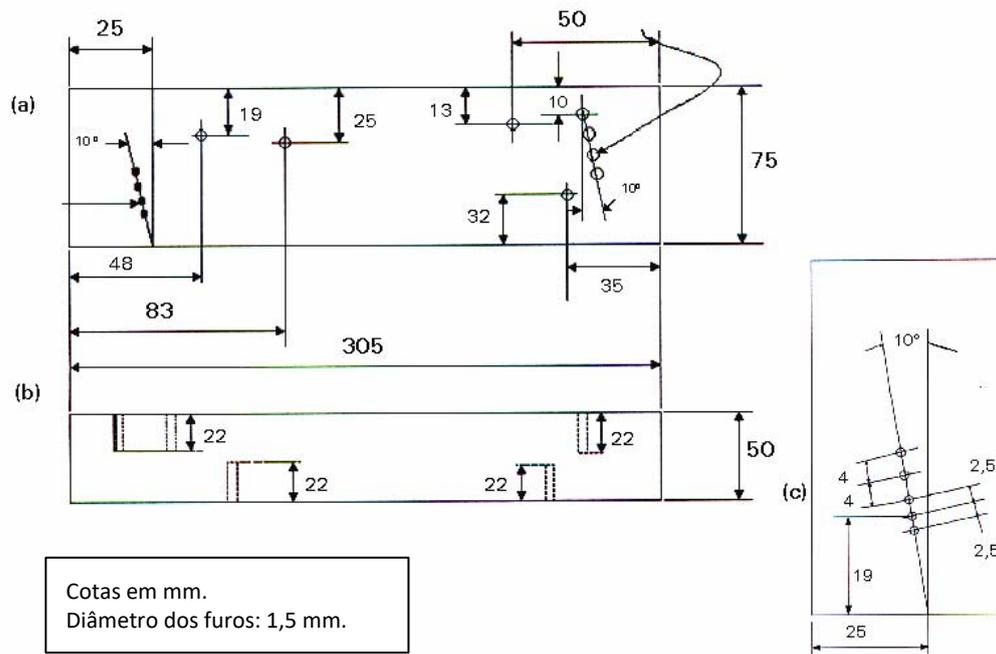
d) Quando requerido o dimensionamento da altura das descontinuidades, o mesmo deverá ser realizado pelo método mais adequando ao tipo, característica e localização da descontinuidade, direção, máxima amplitude, região sã, queda dos 20 dB, queda dos 12 dB, etc.;

e) A determinação dos limites do feixe de 20 dB deve ser feito com o auxílio do bloco ilustrado na Figura 23;

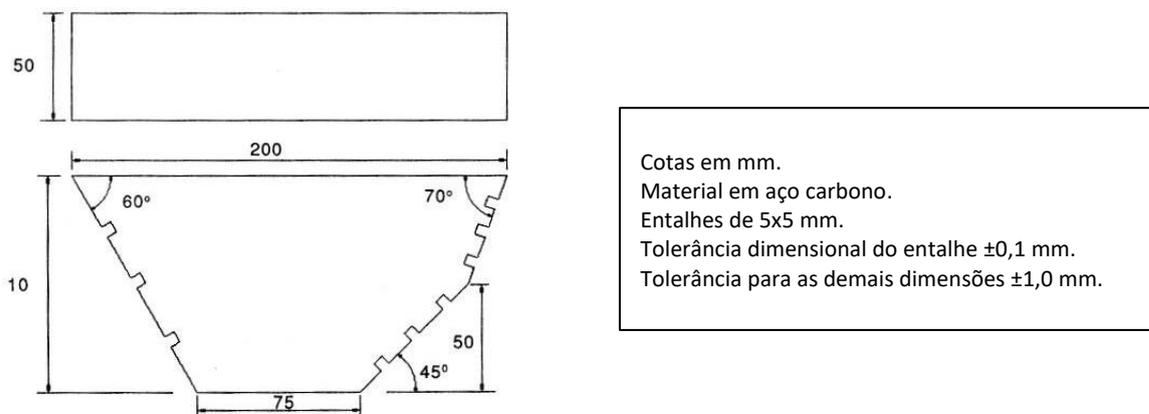
f) A Figura 24 apresenta o bloco a ser utilizado na traçagem do perfil do feixe sônico pela queda dos 12 dB.



**Figura 22 – Método da queda dos 6 dB para dimensionamento do comprimento das descontinuidades.**



**Figura 23 – Bloco para determinação do perfil do feixe de 20 dB: (a) vista superior; (b) vista frontal; (c) detalhe da posição dos furos.**



**Figura 24 – Bloco para determinação do perfil do feixe sônico de 12 dB.**

#### 4.16. Qualificação de procedimento

4.16.1. Os procedimentos deverão ser qualificados por um profissional nível 3, sendo submetidos ao responsável da organização para revisão e aprovação. Os documentos deverão conter no mínimo as seguintes descrições:

- identificação e data da elaboração;
- objetivo;
- normas de referência;
- dados do material, forma ou tipo de peça, dimensões, extensão do exame e detalhes da peça a ser ensaiada;

- e) etapa da realização do ensaio, dentro do processo produtivo, quando aplicável;
- f) número e revisão do procedimento;
- g) verificação das condições da inspeção, periodicidade e registros, quando aplicável;
- h) condição superficial da peça e superfícies executadas as varreduras;
- i) acoplante utilizado;
- j) bloco de referência destinado na calibração da sensibilidade
- k) critério de aceitação;
- l) identificação das peças ou indicadores utilizados para a verificação do desempenho do sistema;
- m) limpeza final e ensaios a serem efetuados na superfície, nos pontos de contato do aparelho, quando aplicável;
- n) requisitos de segurança e ambientais;
- o) sistema de identificação e marcação das peças após ensaio;
- p) relatório de registro de resultados.

#### 4.17. Certificação de pessoal

4.17.1. As inspeções por ultrassom devem ser realizadas por profissionais qualificados e certificados segundo os critérios de preferência listados abaixo:

1. Norma NBRNM-ISO 9712.
2. Base normativa Abendi.
3. Base normativa ASNT.
4. Base normativa da empresa contratante.

#### 4.18. EPI

4.18.1. Em seus locais de trabalho, além das exigências das Normas Reguladoras, os inspetores deverão estar com seus respectivos EPI's com CA dentro da validade. Quando aplicável, os seguintes EPI's deverão ser utilizados:

1. Vestimentas que cubram corpo, pernas e braços por completo;
2. Capacete;
3. Óculos de proteção;
4. Protetor auricular;
5. Sapatos de segurança para ambientes energizados;
6. Cinto e talabarte de segurança para condições descritas na NR-35.

## 5. PROCEDIMENTO

5.1. Antes de iniciar o ensaio o inspetor deverá saber:

- a) Verificar tipo de material, metal de base e adição da junta soldada;
- b) Desenho com detalhe do chanfro da junta soldada a ser inspecionada;
- c) Procedimento de soldagem;
- d) Critério de aceitação e reprovação;
- e) Outros fatores relacionados com a fabricação;

- f) Selecionar blocos de referência e transdutores para inspecionar e traçar os gráficos, curvas ou escalas com abertura do feixe sônico para cada transdutor;
- g) Calibrar o equipamento de acordo com item 4.5, traçando as curvas ajustando a sensibilidade conforme item 4.6;
- h) Verificar a correta preparação da superfície conforme prescrito no item 4.8;
- i) Medir espessura da junta por ultrassom;
- j) Calibrar a escala do equipamento conforme item 4.5;
- k) Traçar as curvas de referência para transdutores mono cristal/normal ou duplo cristal, conforme item 4.6.;
- l) Traçar as curvas de referência para transdutores angulares conforme item 4.6;
- m) Determinar a perda por transferência conforme item 4.7;
- n) Encontrar o ganho corrigido (GC) conforme item 4.7.;
- o) Determinar e marcar fisicamente a área de varredura para transdutores angulares conforme item 4.6;
- p) Ajustar o ganho de varredura, que é o ganho corrigido acrescido de 6 dB;
- q) Inspecionar a área de varredura com transdutores mono cristal/normal ou duplo cristal;
- r) Inspecionar a solda com transdutor angular, observando os tipos de varredura;
- s) Analisar as descontinuidades detectadas conforme critério de aceitação, conforme estabelecido pelas normas de referência, ou quando não for definido pelas mesmas, segundo item 6;
- t) Relatar os resultados do exame no formulário padrão, Anexo I, observando os critérios para mapeamento;
- u) Em caso de reparo de solda, fazer no formulário padrão um croqui com a seção reta da junta indicando a posição do defeito;

## **6. CRITÉRIOS DE REGISTRO E ACEITAÇÃO**

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

6.2. Os critérios de aceitação devem ser definidos nos Planos de Inspeção. Quando não existirem critérios definidos devem ser utilizados os seguintes critérios:

- Soldas de vasos de pressão; caldeiras e tubulação de vapor: item 14.1 (ASME Sec. VIII Div. 1; ASME Sec. I e B31.1)
- Soldas de tubulação de processo: item 14.2 (ASME B31.3)
- Corpos de prova para qualificação de soldadores: item 14.3 (ASME Sec. IX)

6.3. 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, segundo ASME Sec. VIII Div. 1, apêndice 12, item 12.3.

6.4. De acordo com ASME Sec. VIII Div. 1, 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

- a) Considerar para junta de topo "t" igual à espessura da solda, excluindo-se o reforço;
- b) Para juntas de diferentes espessuras, "t" será considerado a menor espessura.

6.5. 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.

## **7. SEGURANÇA**

7.1. A equipe de segurança do trabalho local deverá avaliar as condições de segurança e ambientais antes de serem iniciadas as atividades de inspeção, respeitando-se as Normas Reguladoras pertinentes, atendendo a todos os seus critérios.

## **8. PERIODICIDADE**

8.1. Os ativos a serem inspecionados devem obedecer a periodicidade de medição conforme os critérios descritos em normas, procedimentos e leis complementares cabíveis.

## **9. ANEXOS**

Anexo I – Registro de Inspeção por Ultrassom Convencional.





	<b>REGISTRO DE INSPEÇÃO POR ULTRASSOM CONVENCIONAL</b>	PROTOCOLO
		FOLHA: /

CROQUIS/OBSERVAÇÃO

LOCAL DATA ____/____/____  INSPETOR NÍVEL 2	LOCAL DATA ____/____/____  INSPETOR NÍVEL 3	LOCAL DATA ____/____/____  SUPERVISOR
--	--	--