

ENSAIO POR ULTRASSOM

Histórico de Revisões		
Data	Revisão	O que foi revisado
05/08/2020	01	Capa
		Rodapé
18/08/2020	02	Elaboração da nova versão de procedimento com base nos requisitos das normas ISO9001:2015 e ISO14001:2015
15/07/2021	03	Atualização do Item 5.4

ÍNDICE

1	PROPÓSITO	4
---	-----------------	---

2	NORMAS DE REFERÊNCIA	4
3	SETORES ENVOLVIDOS	4
4	DEFINIÇÕES.....	4
5	DESCRIÇÃO	4
6	ANEXOS.....	20

1 PROPÓSITO

Este procedimento estabelece as condições para a execução por ultra-som manual em juntas soldadas efetuadas na Construção Naval.

2 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- IACS – International association of Classification Societies Ltd. – No. 20 Non-Destructive Testing of ship hull steel welds
- ASME Boiler and Pressure Vessel Code - Section V, ed. 2007, Add. 08
- Norma Petrobrás N-1594F – Ensaio Não Destrutivo – ultra-som
- Norma Petrobrás N-1738 C - Descontinuidades em Juntas Soldadas, Fundidos, Forjados e Laminados
- ABENDE NA-001, Rev. 09 - Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaio Não Destrutivos
- ASTM E 317 - Standard Practice for Evaluating Performance Characteristics of Ultrasonic Pulse-Echo Examination Instruments and Systems without the Use of Electronic Measurement Instruments
- BSI BS EN 12223 - Nondestructive Testing – Ultrasonic Examination – Specification for Calibration Block No. 1
- BSI BS EN 12668-2 - Nondestructive Testing – Characterization and Verification of Ultra-sonic Examination Equipment – Part. 2: Probes
- BSI BS EN 12668-3 - Nondestructive Testing – Characterization and Verification of Ultrasonic Examination Equipment – Part. 3: Combined Equipment.
- BSI BS EN 27963 - Calibration Block No. 2 for Ultrasonic Examination of Welds

3 SETORES ENVOLVIDOS

Todos os setores do Mauá

4 DEFINIÇÕES

Não há termos não comuns que necessitem definições.

5 DESCRIÇÃO

5.1 Qualificação de Pessoal.

O pessoal que executa o ensaio por ultra-som deve ser qualificado e certificado pelo Sistema Brasileiro de Qualificação e Certificação de Pessoal em END, conforme norma ABENDE NA - 001 ou por entidades internacionais independentes que atendam aos requisitos da norma EN 45013 e que operem em conformidade com as normas ISO 9712 ou EN 473.

5.2 Material e Faixa de Espessura

Material: Aço carbono e aço de baixa liga.

Faixa de espessura: 4,8a200 mm.

Diâmetro: ≥50,8mm.

5.3 Desenho com Detalhe Dimensional da Solda

Para cada caso específico, deverão ser definidas as dimensões indicadas vide figura 1.

5.4 Tipo de Aparelho, Fabricante e Modelo.

Aparelhos de ultra-som utilizados:

APARELHOS	
Fabricante	Modelo

KRAUTKRAMER	USM-2 / USK-7 / USK-6 / USM-20 / USM-25 / US-50 / US-52 / USM-35
SONATEST	SITESCAN 130/140/150/230/240
PANAMETRICS	EPOCH II / III / IV / 4B/LT/XT-BX-UJL
STARMANS	DIO – 562
NEWSONIC	MACH-I (T) Nº DE SERIE M1640-0708

Obs.: O Controle "REJECT" deve trabalhar na posição "OFF", para todos os ensaios, a menos que possa ser demonstrado que ele não altera a linearidade do ensaio.

5.5 Tipo, Dimensões, Ângulo e Frequência de Transdutores.

Serão utilizados cabeçotes de marca e tipo conforme a tabela a seguir :

CABEÇOTES						
Modelos Krautkramer	Dimensões (mm)	Freq. (MHz)	Tipo	Ângulo (Graus)	Campo Próximo (mm)	Faixa de Espessura (mm)
B1 SN	24	1	NORMAL	0	25	25 a 100
B2SN	24	2	NORMAL	0	45	25 A 100
B4SN	24	4	NORMAL	0	90	25 A 100
MB2SN	10	2	NORMAL	0	8	15 A 100
MB4SN	10	4	NORMAL	0	16	15 A 100
K2N	10	2	NORMAL	0	8	25 A 100
K4N	10	4	NORMAL	0	16	25 A 100
Sonatest SLF 410	10	4	NORMAL	0	16	25 A 100
SE B-4H	20	4	DUPLO CRISTAL	0	12	05 A 50
SE B-4H 0°	20	4	DUPLO CRISTAL	0	25	05 A 100
MSEB-4H	10	4	DUPLO CRISTAL	0	10	05 A 50
MSEB-2H	10	2	DUPLO CRISTAL	0	10	05 A 50
WB 45 N2	20 X 22	2	ANGULAR	45	90	05 A 100
WB 60 N2	20 X 22	2	ANGULAR	60	90	05 A 100
WB 70 N2	20 X 22	2	ANGULAR	70	90	05 A 100
MWB 45 N4	8 x 9	4	ANGULAR	45	30	05 A 100
MWB 60 N4	8 x 9	4	ANGULAR	60	30	05 A 100
MWB 70 N4	8 x 9	4	ANGULAR	70	30	05 A 100

Modelos Panametrics	Dimensões (mm)	Freq. (MHz)	Tipo	Ângulo (Graus)	-	Faixa de Espessura (mm)
AM4R-45	8X9	4	Angular	45	-	05 a 100
AM4R-60	8X9	4	Angular	60	-	05 a 100
AM4R-70	8X9	4	Angular	70	-	05 a 100
AM2R-45	14X14	2	Angular	45	-	-
AM2R-60	14X14	2	Angular	60	-	-
AM2R-70	14X14	2	Angular	70	-	-
PF-4R-24	24	4	Normal	0	-	-
PF-2R-10	10	2	Normal	0	-	15 a 100
PF-2R-24	24	2	Normal	0	-	15 a 100
DLR-4R-35X10	35X10	4	SE	0	-	05 a 50

Os cabeçotes não devem produzir "grama" excessiva, de modo a permitir a fácil identificação de um eco com altura de 10% da altura total da tela, na sua área de utilização.

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

- a) Deve ser compatível com o detalhe dimensional da solda;
- b) Deve ser compatível com o tipo de descontinuidade a ser detectada;
- c) Recomenda-se os seguintes ângulos:
 - 60 ° e 70 ° para espessuras até 15 mm
 - 60 ° e 70 ° ou 45 ° e 60 ° para espessuras entre 15 mm e 25 mm,
 - 45 ° e 60 ° ou 45 ° e 70 ° para espessuras entre 25 mm e 40 mm,
 - 45 ° e 60 ° para espessuras acima de 40 mm.

5.6 Técnica a ser utilizada

Serão utilizadas as técnicas por contato, de ondas longitudinais, para transdutores normais e de ondas transversais para transdutores angulares.

5.7 Método e Periodicidade da Calibração da Aparelhagem.

Será de acordo com o ANEXO III.

5.8 Método de Calibração

5.8.1 Calibração da distância

- Cabeçotes angulares: a calibração da distância será efetuada no raio de 100 mm do bloco N° 1 (norma BSI BS EN 12223), ou nos raios de 25 mm ou 50 mm do bloco N° 2 (norma BSI BS EN 27963).
- Cabeçotes normais: a calibração de distância poderá ser efetuada utilizando-se a espessura de 25 mm do bloco N° 1, ou a espessura do bloco N° 2, ou ainda, na peça a ser ensaiada.
- Cabeçotes duplo-cristal: A calibração da distância deverá ser efetuada pelo uso de duas espessuras no mínimo, podendo ser as espessuras dos blocos N° 1 e N° 2.

5.8.2 Calibração da sensibilidade

A calibração da sensibilidade será efetuada com o uso do bloco de referência adequado mostrado no ANEXO I pela sistemática descrita a seguir:

- a) Posicionar o cabeçote de modo a maximizar o eco do refletor que proporcione a maior amplitude.
- b) Ajustar o Controle de Ganho de modo a se obter deste refletor uma indicação com 80% da altura da tela. O ganho será chamado de Ganho Primário (GP). Marcar o pico desta indicação na tela.
- c) Sem alterar o ganho, posicionar o cabeçote de modo a maximizar o eco dos demais refletores marcando as respectivas amplitudes na tela. No caso de cabeçotes angulares efetuar esta operação no percurso do som direto e, quando aplicável, também no percurso indireto.
- d) Interligar as marcações de modo a se obter a curva de referência primária. O ganho obtido é denominado "Ganho Primário".
- e) Traçar curvas de 50% e 33% da amplitude da curva de referência, reduzindo-se o ganho em 6dB e 10 dB em relação ao ganho primário.

Observações:

- Quando calibrarmos para a verificação do metal de base para detectar descontinuidades do tipo laminar que possam interferir na varredura com o cabeçote angular, o ajuste deve ser feito posicionando o 1º eco de fundo para o cabeçote duplo-cristal e o 2º eco de fundo para o cabeçote normal, a 80% da altura da tela. Neste caso não será necessário o ajuste de sensibilidade, já que a calibração da sensibilidade é executada no próprio material a ser examinado.
- A calibração de sensibilidade deve incluir o sistema completo de ultra-som (aparelho, cabo e cabeçote) e, deve ser efetuada antes do uso do sistema na faixa de espessura a ser ensaiada.
- A calibração de sensibilidade deve ser efetuada na superfície do bloco correspondente à superfície do componente da qual se fará o ensaio.

- O mesmo acoplante a ser usado no ensaio, deve ser usado na calibração.
- As mesmas sapatas a ser usadas no ensaio, devem ser usadas na calibração.
- Qualquer controle que afeta a linearidade do instrumento deve estar na mesma posição para a calibração, para as verificações de calibração, para as verificações de linearidade e para o ensaio.
- A diferença de temperatura entre o bloco de calibração e a superfície de ensaio, não deve ser maior que 14°C.
- A integridade, rugosidade superficial e dimensões dos blocos N° 1 e N° 2 devem estar de acordo com as normas BSI BS EN 12223 e BSI BS EN 27963, e a dos blocos de referência devem estar de acordo com o ANEXO I.
- Os blocos N° 1, N° 2 e os blocos de referência devem possuir certificados de calibração rastreáveis à RBC (Rede Brasileira de Calibração).
- A calibração dos blocos N° 1, N° 2 e blocos de referência, deve ser efetuada a cada 24 meses (máximo).
- Se na traçagem da curva de referência, os últimos pontos ficarem abaixo de 20% da altura da tela, deve ser construída uma nova curva a partir destes pontos denominada Curva de Referência Auxiliar, da seguinte forma:
 - 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 ganho é chamado de Ganho Auxiliar - GA).
 - c. Sem alterar o ganho obter os ecos dos refletores com percursos maiores marcando suas novas amplitudes na tela.
 - d. Interligar as marcações de modo a obter a Curva de Referência Auxiliar (ver fig. 2).
- A calibração deve ser verificada (em pelo menos um dos refletores básicos do bloco de referência ou usando um bloco simulador ^[1]) ao fim de cada ensaio, a cada 4 horas durante o ensaio, e sempre que houver troca de inspetor. Os valores registrados de distância e amplitude devem satisfazer os requisitos abaixo:
 - a) Se a leitura da distância do refletor básico tiver se alterado em mais de 10% ou em mais de 5% da escala total de distância, o que for maior, corrigir a calibração de distância e observar esta correção no relatório de ensaio. Todas as indicações registradas desde a última calibração válida devem ser re-examinadas com a calibração correta e seus valores de distância trocados no relatório de exame.
 - b) Se a amplitude da indicação do refletor tiver se alterado em $\pm 20\%$ (ou ± 2 dB), uma nova calibração deve ser feita e todo o comprimento de solda ensaiado após a última verificação satisfatória deve ser re-examinado.

^[1] Verificações com um bloco simulador (por exemplo, o bloco No. 2) devem ser correlacionadas com a calibração original no bloco de referência. A precisão da verificação no simulador deve ser confirmada no bloco de calibração no fim de cada período de serviço diário

5.9 Ajuste da Sensibilidade do Aparelho

A correção devido à perda por transferência para cabeçotes normais e duplo cristal, deve ser executado da seguinte maneira:

- a. 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.
- b. Com o mesmo ganho posicionar o cabeçote na peça a ser ensaiada.
- c. Verificar a diferença na altura dos ecos em dB, sendo esta diferença denominada perda por transferência (PT), que deve ser acrescida ou diminuída do Ganho Primário.
- d. O ganho resultante é denominado Ganho Corrigido ($GC = GP \pm PT$ ou $GC = GA \pm PT$).

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

- a) Com o bloco de referência deve ser traçada a curva mostrada na figura 3, com dois cabeçotes de mesmo ângulo, frequência, tipo e fabricante, utilizados no ensaio, um como emissor e outro como receptor.
- b) Os cabeçotes devem ser posicionados conforme a figura 3 de modo a ser obter o sinal "E/R1", sendo o sinal maximizado e colocado a 80% da altura da tela.
- c) Sem alterar o ganho, os sinais das posições "E/R2" e "E/R3" devem ser marcados na tela.
- d) Interligar os pontos de "E/R1" a "E/R3" obtendo-se uma curva sobre a tela.
- e) Com o mesmo ganho, posicionam-se os cabeçotes na peça a ser ensaiada (ver fig. 3), na posição "E/P1" e a altura do eco deste posicionamento for igual à altura da curva da alínea "b", não são necessárias correções.
- f) Havendo diferenças, ajusta-se a altura encontrada no material da peça, para a mesma altura da curva da alínea "b" e anota-se o número de decibéis (PT) que devem ser acrescidos ou diminuídos no Ganho Primário.
- g) O ganho resultante é denominado de Ganho Corrigido ($GC = GA$ ou $GP \pm PT$).

- 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.

5.10 Condição Superficial e Técnica de Preparação

A superfície de contato dos transdutores deverá estar livre de respingos de soldas, óxido, carepa de laminação ou irregularidades superficiais que possam interferir na movimentação do transdutor. A limpeza poderá ser feita através de escova de aço rotativa ou escova manual e esmerilhamento. Na margem da solda deve haver uma concordância suave entre as superfícies do metal base e da solda e quando for requerido o acoplamento sobre o cordão de solda, o reforço do mesmo deve ser totalmente removido, ficando a superfície faceada com a do metal da base.

5.11 Acoplante

Será utilizada glicerina ou metil-celulose.

5.12 Técnica de Varredura

5.12.1 A varredura deve ser executada com uma sobreposição de 20% da largura do cristal, no mínimo.

5.12.2 A velocidade de inspeção não deve ser maior que 150 mm/s.

5.12.3 A região do metal de base a ser percorrida pelas ondas do cabeçote angular deve, primeiramente, ser inspecionada com cabeçote normal ou 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.

5.12.4 Para a detecção de defeitos paralelos ao cordão de solda, a área percorrida pelo cabeçote angular deve ser suficiente para que seja ensaiada toda a solda e mais 10 mm de metal de base de cada lado da solda ou a largura da zona termicamente afetado, o que for maior, ao longo da seção transversal (ver fig. 4). O ensaio, sempre que possível, deve ser feito por ambos os lados de solda, na mesma superfície. Sempre que possível deve ser efetuada a marcação física dos limites da área a ser percorrida pelo cabeçote, por meio de tinta, lápis, riscador, fita magnética ou outro meio adequado.

5.12.5 A fim de se detectarem defeitos transversais ao cordão de solda, serão utilizados transdutores angulares colocados em contato com as superfícies adjacentes à solda, essencialmente paralelos ao eixo da mesma, em sentidos opostos (conforme posições 3, 4, 5 e 6 da figura 5). Como uma alternativa, se a superfície da solda for esmerilhada, o transdutor será colocado na linha central da junta soldada, com o feixe dirigido ao longo da solda (conforme posições 1 e 2 da figura 5).

5.12.6 Soldas que não podem ser totalmente ensaiadas segundo duas direções com cabeçote angular, (por exemplo: Juntas em "T" ou de canto), devem também ser ensaiadas, se possível com cabeçote normal. Essas áreas de acesso restrito devem ser observadas no relatório de ensaio.

5.12.7 Soldas que não podem ser ensaiadas por ao menos um lado, usando cabeçote angular, devem ser observadas no relatório de ensaio.

5.12.8 Utilizar preferencialmente, os transdutores mostrados a seguir (ver fig. 4).

5.12.8.1 Juntas de Topo:

ESPESSURAS de até (inclusive) (mm)	TRANSDUTORES
até 15	60° e 70°
15 a 25	60° e 70° ou 45° e 60°
25 a 40	45° e 60° ou 45° e 70°
acima de 40	45° e 60°

5.12.8.2 Juntas em "T" ou em ângulo:

ESPESSURAS (mm)	TRANSDUTORES / LOCALIZAÇÃO		
	1A	1B	1C
até 15	Normal ou SE e 45°	60° e 70°	60° e 70°
Acima de 15 até 25	Normal ou SE e 45°	60° e 70° ou 45° e 60°	60° e 70° ou 45° e 60°
Acima de 25 até 40	Normal ou SE e 45°	45° e 60° ou 45° e 70°	45° e 60° ou 45° e 70°
acima de 40	Normal ou SE e 45°	45° e 60°	45° e 60°

5.12.8.3 - Conexões Perpendiculares e Juntas Casco - Flange:

ESPESSURAS de até (inclusive) (mm)	TRANSDUTORES / LOCALIZAÇÃO		
	1A	1B	1C
até 15	Normal ou duplo-cristal	60° e 70°	60° e 70°
15 a 25	Normal ou duplo-cristal	60° e 70° ou 45° e 60°	60° e 70° ou 45° e 60°
25 a 40	Normal ou duplo-cristal	45° e 60° ou 45° e 70°	45° e 60° ou 45° e 70°
acima de 40	Normal ou duplo-cristal	45° e 60°	45° e 60°

Notas:

1. Sempre que possível, deve ser solicitado ao inspetor de solda que efetue uma marcação a 25 mm de distância da face da raiz da junta, ao longo do perímetro do tubo. Esta marcação servirá de referência ao inspetor de ultra-som para a localização precisa da face da raiz após a execução da solda;
2. Sempre que necessário devem ser retirados moldes da seção transversal da junta, permitindo maior facilidade na avaliação das descontinuidades de raiz e evitando que ecos provenientes de embicamentos, desalinhamentos, diferenças de espessura e outros prejudiquem o laudo destas descontinuidades;
3. A inspeção de soldas entre tubos X acessórios (curva, te, redução, flange) é limitada por fatores geométricos pelo fato de só permitir um bom acoplamento do cabeçote no lado tubo. Estas limitações devem ser analisadas pelo inspetor de ultra-som, registradas – quando aplicável – e ensaiadas considerando-se as seguintes recomendações:

Obs.: as recomendações em a) e b) a seguir podem aplicar-se também para juntas acessório x acessório, após uma análise do inspetor Nível 2.

a) Sempre que a varredura não puder ser efetuada pelos dois lados da solda, em virtude da presença de acessórios, o reforço externo da solda deve ser removido para que a varredura seja estendida sobre o cordão de solda. Nesta situação a varredura deve ser realizada somente pelo lado do tubo com os cabeçotes de 60° e 70° para espessuras de até 25 mm e 45°, 60° e 70° para as demais espessuras.

As descontinuidades detectadas no enchimento da solda, devem ser avaliadas considerando-se um nível de referência de 50% do nível de referência primário (acréscimo de 6 dB). Para as demais descontinuidades observar as condições normais de sensibilidade. Em situações duvidosas de interpretação ou suspeita de porosidade deve ser recomendado ensaio complementar por radiografia.

b) Sempre que houver acesso e condições para a realização do ensaio por ultra-som pela parte interna de uniões tipo tubo x flange, as varreduras da solda devem ser complementadas pelas superfícies internas do tubo e do flange, considerando-se para esta situação, as condições normais de sensibilidade.

De forma geral, para estes tipos de uniões, o reforço interno da solda deve ser removido, para melhorar a examinabilidade do cordão soldado.

Quando o reforço interno da solda não puder ser removido, devem ser realizados ensaios complementares por líquido penetrante e visual para assegurar a ausência de defeitos como falta de penetração, falta de fusão, concavidade, excesso de penetração e mordedura na raiz da solda.

Quando não houver acesso interno para o ensaio por ultra-som, as recomendações do subitem a) acima devem ser seguidas.

4. Sempre que houver limitações de acoplamento do cabeçote em uniões tipo tubo x curva, o reforço externo da solda deve ser removido. Deve-se procurar adaptar, na medida do possível as sapatas dos cabeçotes aos raios de curvatura, especialmente na parte interna das curvas, procurando-se ainda utilizar acoplante de maior viscosidade. Observar ainda que:

a) para juntas com diâmetros $\geq 4"$ e $\leq 6"$ o ensaio deve ser feito, sempre que possível, também pelo raio interno da curva, devendo ser dirigido essencialmente para o ensaio da raiz da solda. Nesta situação as varreduras devem ser realizadas sempre com cabeçotes de 60° e 70° , independentemente da espessura da tubulação. Quando forem detectadas descontinuidades pela varredura pelo lado interno da curva, localizadas no enchimento da solda, estas devem ser avaliadas considerando-se um nível de referência de 50% do nível de referência primário (acréscimo de 6 dB). Para as demais descontinuidades observar as condições normais de sensibilidade. Em situações duvidosas de interpretação ou suspeita de porosidade deve ser recomendado ensaio complementar por radiografia

b) para juntas com diâmetros $\geq 8"$ essencialmente as mesmas condições de ensaio tubo x tubo devem ser empregadas.

Nota: Nas regiões da curva, onde o acoplamento não for possível, as recomendações da nota 3.a) acima devem ser seguidas.

5.13 Método para Determinação Indicações Não Relevantes Devidas à Geometria

Indicações determinadas como provenientes de condições superficiais (tais como geometria da raiz da junta), podem ser classificadas como "indicações geométricas".

A identidade, máxima amplitude, localização e extensão do refletor provocando uma indicação geométrica, devem ser registradas (por exemplo: acessório interno, 200% da curva de referência primária, 25 mm acima da linha de centro da solda, na superfície interna, de 90° a 95°).

Devem ser seguidas as seguintes etapas para classificar uma indicação como geométrica:

- a) Interpretar a área contendo o refletor;
- b) Verificar e plotar as coordenadas do refletor. Preparar um croquis, mostrando uma seção transversal da solda, mostrando a posição do refletor e descontinuidades superficiais, tais como raiz e reforço de solda.
- c) Rever desenhos de fabricação e soldagem.

Outras técnicas de ultra-som ou de outros métodos de END podem ser úteis na determinação da posição real, dimensão e orientação do refletor.

5.14 Critério de Registro e de Aceitação de Descontinuidades

5.14.1 O registro de indicações deve ser feito em relação ao nível de referência estabelecido. Os seguintes critérios de registro e de aceitação devem ser utilizados:

5.14.1.1 Somente indicações com refletividade maior ou igual a 33% da curva de referência primária devem ser avaliadas. Indicações com refletividade inferior devem ser desconsideradas.

5.14.1.2 O critério de aceitação deve estar conforme a tabela abaixo:

ALTURA DO ECO	CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO ⁽¹⁾
Maior que 100% da curva de referência Primária	Máximo comprimento de $t/2$ ou 25mm, o que for menor
Maior que 50% e menor ou igual a 100% da curva de referência Primária	Máximo comprimento de $t/2$ ou 50mm, o que for menor
Indicações avaliadas como sendo provenientes de trincas são inaceitáveis independente da sua amplitude;	
Indicações avaliadas como sendo provenientes de falta de penetração em juntas soldadas feitas por um único lado são inaceitáveis independente da sua amplitude.	

Nota:

⁽¹⁾ Duas descontinuidades adjacentes de comprimentos L_1 e L_2 situadas sobre uma linha e com uma distância entre elas L menor que a descontinuidade mais curta devem ser consideradas como uma descontinuidade contínua de comprimento $L_1 + L + L_2$.

5.15 Método de Dimensionamento de Descontinuidades

O comprimento de descontinuidades registráveis deve ser determinado pelo método da queda dos 6dB nos extremos das descontinuidades.

5.16 Limpeza Final

Deve ser executada uma limpeza final sempre que o acoplante utilizado possa interferir com o processo subsequente da peça ou com as condições de serviço da peça. Essa limpeza pode ser feita utilizando-se água e panos limpos, ou solventes apropriados.

5.17 Requisitos Ambientais e de Segurança

- Devem ser considerados os aspectos e impactos ambientais e riscos e perigos causados pela atividade de inspeção em serviço.
- Antes do início dos trabalhos de inspeção, deve ser obtida uma permissão de trabalho, conforme rotina interna do Estaleiro Mauá, onde são definidos os requisitos de segurança para execução dos trabalhos de inspeção.
- Em caso de não-conformidade, comunicar ao órgão gestor da seguridade industrial e meio ambiente.
- Utilizar os EPI's necessários para a execução dos serviços de inspeção conforme a norma regulamentadora nº 6 (NR-6).
- Verificar se os acessos, andaimes e iluminação são suficientes e adequados.
- Verificar se os trabalhos de manutenção em paralelo não oferecem risco à segurança.

5.18 Sistemática de Registro de Resultados

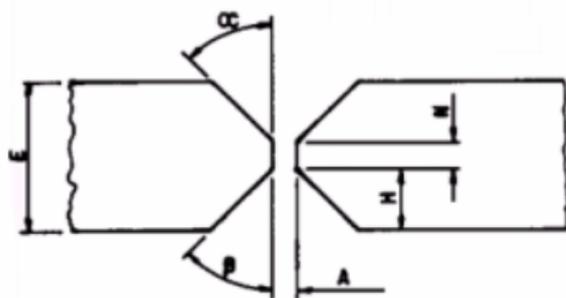
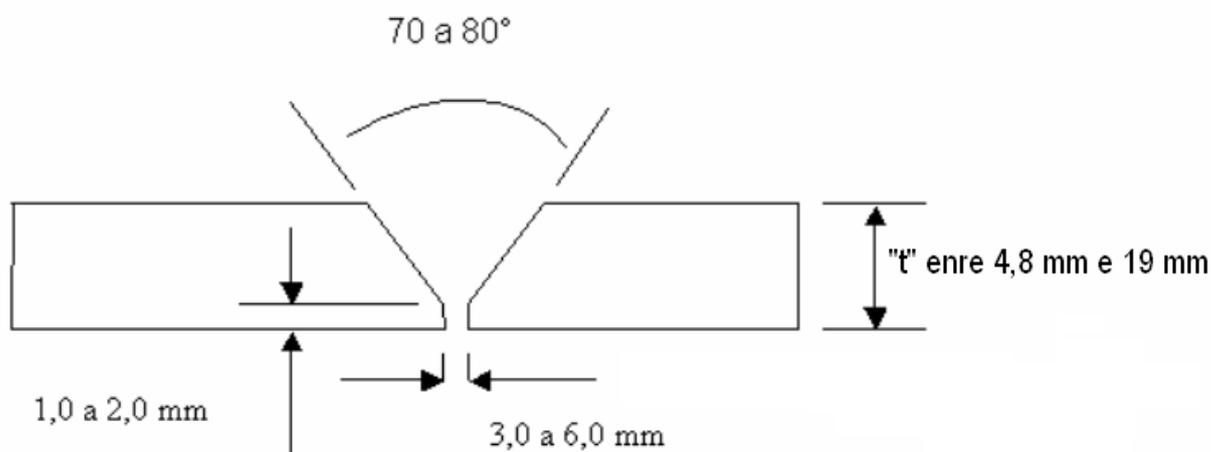
Deve ser estabelecido um sistema para registro do ensaio que forneça uma perfeita rastreabilidade das juntas soldadas ensaiadas e dos locais das descontinuidades..

5.18.1 Formulário para Relatório de Registro de Resultados

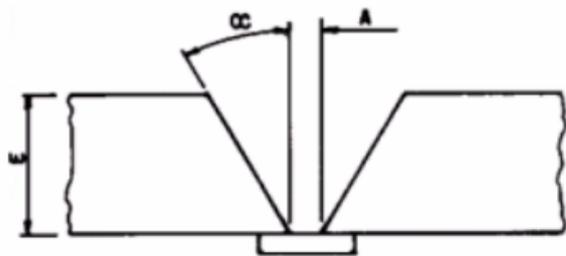
Deve ser emitido um relatório contendo, no mínimo: a) nome do emitente; b) identificação numérica; c) identificação da peça, tipo, grau, diâmetro, espessura; d) número e revisão do procedimento; e) identificação, incluindo número de série, dos aparelhos e cabeçotes utilizados; (f) identificação do registro da calibração da aparelhagem; g) condição superficial; h) acoplante utilizado; i) superfície por onde o ensaio foi realizado; j) identificação do bloco de referência utilizado; k) registro de resultados: - nível de resposta; - localização em relação à direção longitudinal da solda; - croqui da localização aproximada na seção transversal da solda; - identificação e dimensões da descontinuidade; - cabeçote utilizado na detecção da descontinuidade; - superfície de detecção; l) normas, incluindo edição/ revisão, e/ou valores de referência para interpretação dos resultados; m) laudo indicando aceitação, rejeição ou recomendação de ensaio complementar; n) data; o) identificação, assinatura e nível, do inspetor responsável.

Poderá ser emitido relatório conforme ANEXO II

Figura 1 a) Juntas de Topo

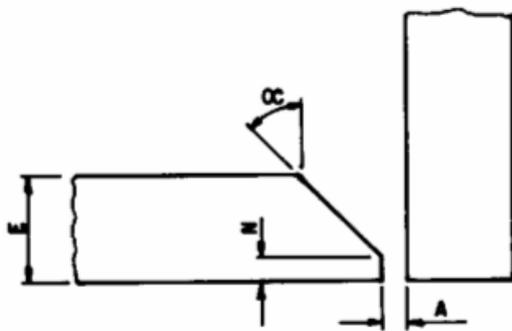


E (mm)	N (mm)	A (mm)	α	β
$19 < E \leq 25$	1,5	3,0	$35^\circ - 30^\circ$	$45^\circ - 40^\circ$
$25 < E \leq 38$	3,0	3,0	30°	$40^\circ - 35^\circ$
$38 < E \leq 45$	3,0	4,0	$30^\circ - 25^\circ$	$35^\circ - 30^\circ$
$45 < E \leq 63$	3,0	4,0	25°	$30^\circ - 25^\circ$

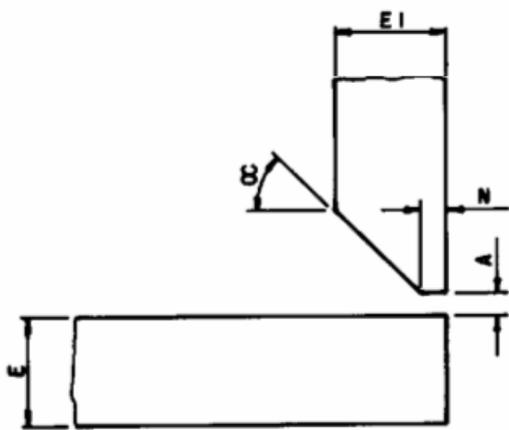


E (mm)	A (mm)	α
$35 < E \leq 60$	16	10°
$E > 60$	19	20°

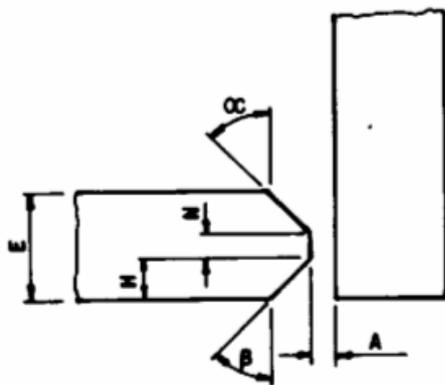
Figura 1 b) Juntas de Conexões



4,8 (mm)	N (mm)	A (mm)	OC
$10 < E \leq 22$	1,5	3,0	$37,5^\circ$
$E > 22$	2,5	3,0	$37,5^\circ$

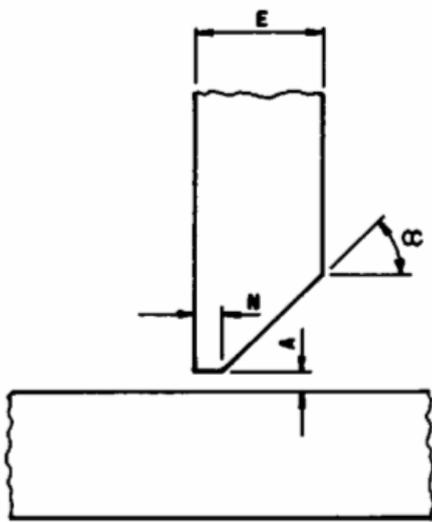


E (mm)	EI (mm)	N (mm)	A (mm)	OC
$E > 10$	$EI > 10$	2,5	2,5	35°

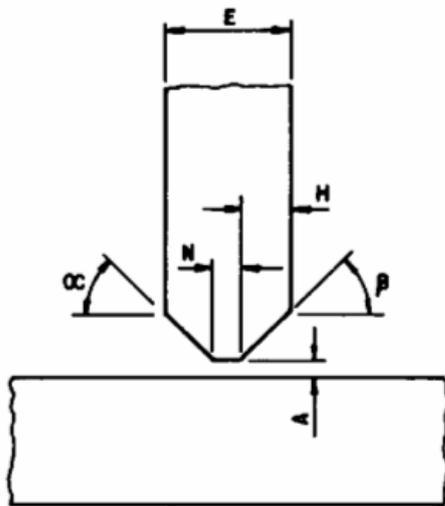


E (mm)	N (mm)	A (mm)	H (mm)	OC	β
$15 < E \leq 30$	2	3	$E/3$	$37,5^\circ$	$37,5^\circ$
$30 < E \leq 60$	2	3	$E/3$	$37,5^\circ$	$37,5^\circ$
$E > 60$	2	5	$E/3$	$37,5^\circ$	$37,5^\circ$

Figura 1 c) Juntas em ângulo



E (mm)	N (mm)	A (mm)	CC
$4,8 < E \leq 22$	1,5	3,0	$37,5^\circ$
$E > 22$	2,5	3,0	$37,5^\circ$



E (mm)	N (mm)	A (mm)	H (mm)	CC	β
$15 < E \leq 30$	2	3	$E/3$	$37,5^\circ$	$37,5^\circ$
$30 < E \leq 60$	2	3	$E/3$	$37,5^\circ$	$37,5^\circ$
$E > 60$	2	5	$E/3$	$37,5^\circ$	$37,5^\circ$

Figura 2

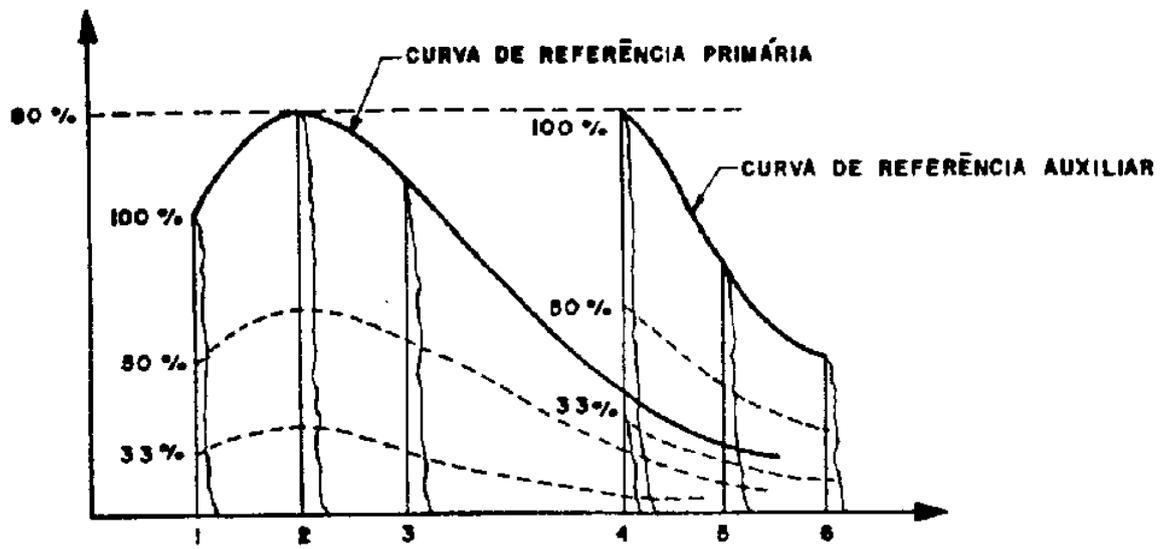
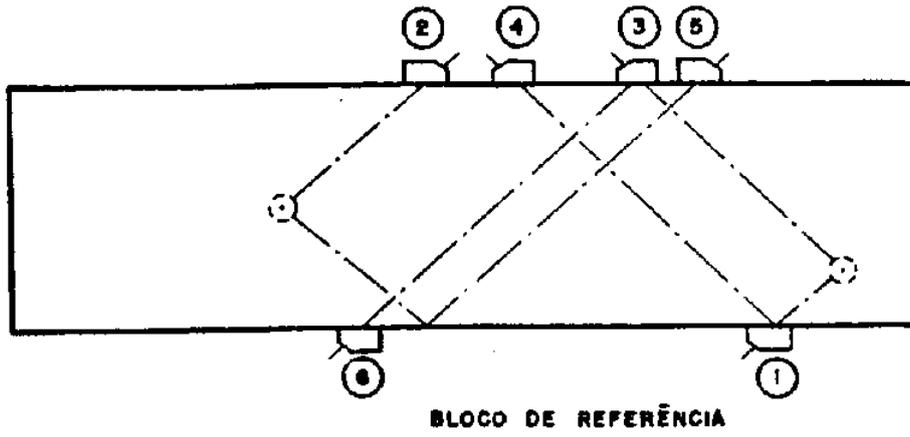
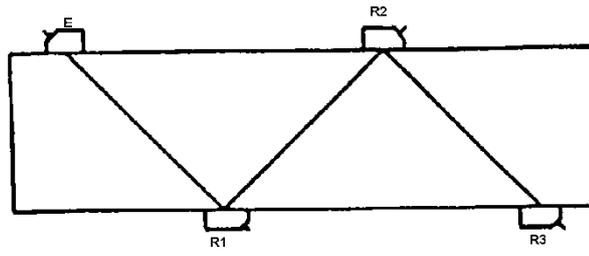
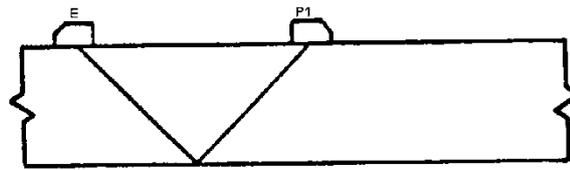


Figura 3



Bloco de referência



Peça

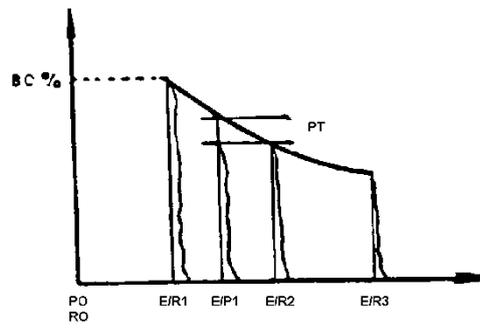


Figura 4

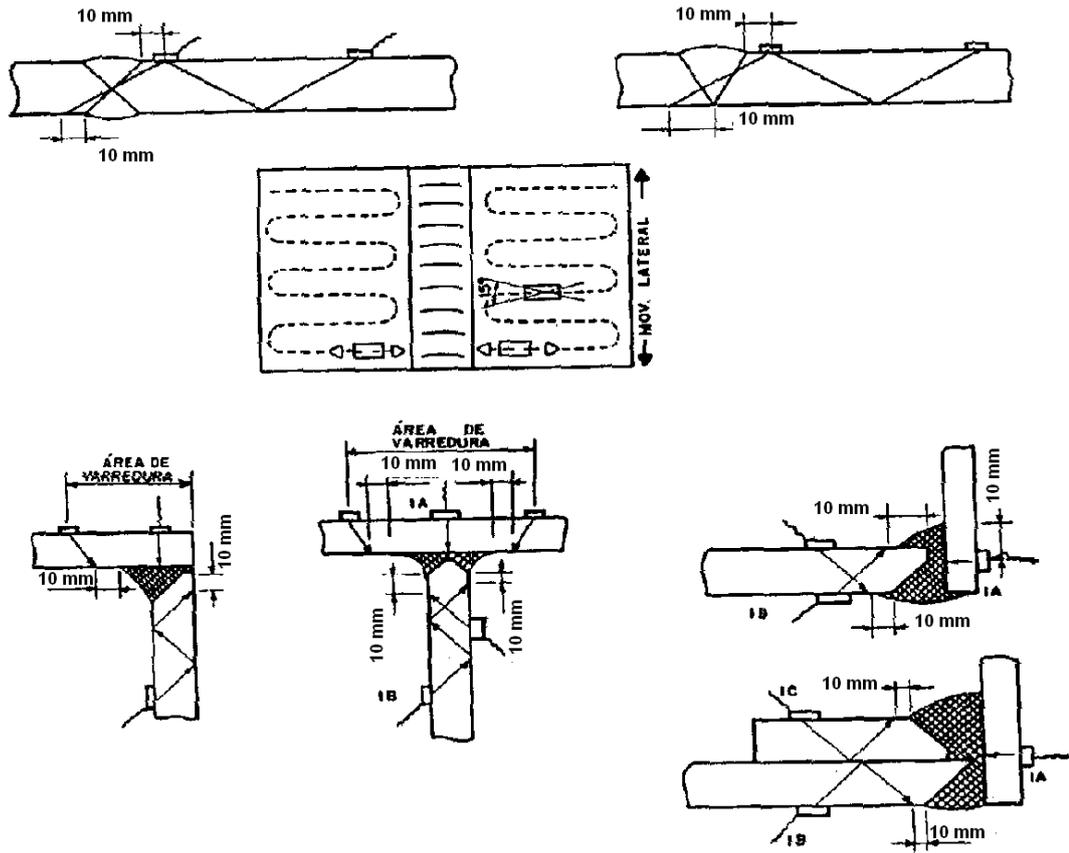
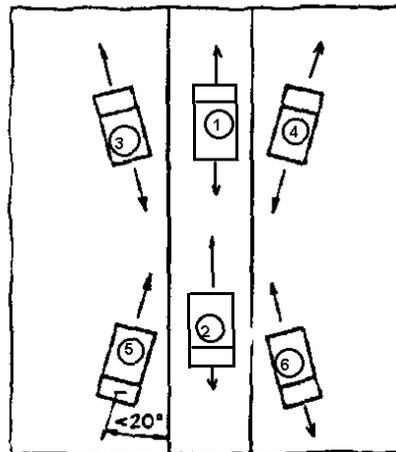


Figura 5



6 ANEXOS

Anexo I: Blocos de Referência para Soldas – (Código: PS – MAUA – GCQ74 - DG01)

Anexo II: Formulário de Relatório Coletivo de Ensaio por Ultra-som (modelo de preenchimento) – (Código: PS – MAUA – GCQ74 - DG02)

Anexo III: Métodos de Verificação dos equipamentos e cabeçotes de Ultra-som– (Código: PS – MAUA – GCQ74 - DG03)