



1. OBJETIVO

Este procedimento estabelece as condições mínimas para a execução do ensaio por correntes parasitas, utilizando sondas superficiais aplicáveis à:

- inspeção de solda, visando à detecção de descontinuidades planares e pontuais superficiais em soldas de materiais metálicos soldados ou não (metal de solda, zona termicamente afetada e metal de base).
- Inspeção de chapas, visando à detecção de descontinuidades planares e pontuais superficiais em chapas de materiais metálicos condutores.

Este procedimento foi elaborado e desenvolvido para ser utilizado somente nos exames de qualificação e nos treinamentos do Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de pessoal em Ensaio Não destrutivo SNQC/END. O nível 3 é o responsável pela elaboração e qualificação dos procedimentos nas empresas, atendendo aos requisitos de normas, especificações do cliente e adequações as necessidades relacionadas a fabricação ou ao uso.

2. NORMAS DE REFERÊNCIA E/OU OUTROS DOCUMENTOS APLICÁVEIS

- ABNT NBR NM 316 – Ensaio não destrutivo - Correntes Parasitas - Terminologia
- ISO 12718 – Non-destructive testing – Eddy current testing - Vocabulary
- NBR NM-ISO 9712:2014 – Ensaio não destrutivo – Qualificação e certificação de pessoal em END
- ASME BPVC Section V (Nondestructive Examination), Article 8 (Eddy Current Examination), Mandatory Appendix VI (Eddy Current Detection and Measurement of Depth of Surface Discontinuities in Nonmagnetic Metals with Surface Probes): Ed 2019
- ISO 17643:2015 – Non-destructive testing of welds – Eddy current testing of welds by complex-plane analysis
- ABNT NBR 15548 – Ensaio Não destrutivo – Correntes Parasitas – Procedimento para o Setor Aeronáutico

3. MATERIAIS A SEREM ENSAIADOS / CAMPO DE APLICAÇÃO

3.1 Este procedimento se aplica ao ensaio de soldas e chapas metálicas para a detecção de descontinuidades planares superficiais empregando a técnica de correntes parasitas com sonda superficial especial (recomendadas pela norma ISO 17643) ou sonda superficial convencional.

3.2 A técnica pode ser aplicada a objetos com revestimento não metálico ou sem revestimento desde que tomados os cuidados descritos nesse procedimento.

4. CONDIÇÃO SUPERFICIAL

4.1 O ensaio de correntes parasitas depende do contato íntimo entre a sonda e a superfície da peça sendo ensaiada. Para que o ensaio de correntes parasitas seja eficiente a presença de excessiva quantidade de respingos de solda, carepas, sujeiras ou camadas de pintura não aderida deve ser evitada porque diminuirá a sensibilidade da técnica pelo afastamento da sonda da superfície.



- 4.2** Embora o ensaio de correntes parasitas possa detectar trincas superficiais existentes sob-revestimentos não metálicos, a sensibilidade do teste deve ser demonstrada antes da realização do ensaio.
- 4.3** Em condições usuais o método normal de preparação da superfície antes do ensaio é por escovamento. Toda região a ser inspecionada deverá ser escovada antes da realização do ensaio.

5. SISTEMAS DE ENSAIO POR CORRENTES PARASITAS

5.1 REQUISITOS GERAIS

- 5.1.1** Deverá ser utilizado aparelho digital de correntes parasitas, com canais de frequências entre 1 kHz e 1 MHz;
- 5.1.2** Os canais devem possuir controles independentes de excitação, ganho e fase. O aparelho pode possuir uma tela com registro para fase e amplitude em um plano complexo de impedâncias;
- 5.1.3** A tela deve possuir recurso de “congelamento” da imagem durante o período de tempo necessário para análise pelo inspetor e ser visível sob todas as condições de iluminação previstas durante a inspeção;
- 5.1.4** O modo de avaliação dos sinais pode ser tanto pela comparação da fase ou da amplitude dos sinais obtidos na inspeção com os sinais de referência obtidos no bloco de calibração; O controle de fase deve permitir uma rotação completa do sinal (360°) em passos não maiores que 10°.
- 5.1.5** Sondas:
- Para medição da espessura de revestimento não metálico, porventura existente, serão empregadas sondas superficiais absolutas capazes de produzir uma deflexão de amplitude igual a largura da tela quando movimentadas de um ponto do bloco de calibração sem revestimento para outro ponto do bloco com revestimento de espessura igual a máxima esperada na região a ser ensaiada. A faixa de frequência da sonda empregada (marcada claramente no corpo da sonda) deve estar no intervalo de 1 kHz a 1 MHz;
 - Para a detecção das descontinuidades superficiais é possível a utilização de sondas pontuais (“pencil probes”) convencionais absolutas ou diferenciais;
 - Principalmente para a inspeção de materiais ferríticos recomenda-se o uso de sonda superficial especial (como citado na norma ISO 17643), A configurações de arranjo das bobinas na sonda de inspeção podem ser diferencial, ortogonal, tangencial ou equivalente, cuja principal característica é ter uma dependência mínima de variações na condutividade, permeabilidade e lift-off nas zonas soldada e termicamente afetada pelo calor (zta);
 - O diâmetro da sonda deve ser escolhido com base na geometria do componente sendo inspecionado;
 - A sonda escolhida deve ser capaz de operar com uma película de proteção não metálica, usada para minimizar o desgaste, presente também na ocasião de ajuste e de verificação dos parâmetros de ensaio (calibração);
 - A sonda deve operar na frequência selecionada que deve estar na faixa de 100 kHz a 1 MHz.

6. CALIBRAÇÃO DO SISTEMA DE ENSAIO POR CORRENTES PARASITAS

6.1 BLOCO DE CALIBRAÇÃO

- 6.1.1 Um bloco de calibração de mesma especificação de material do qual será examinado deve ser usado para ajuste dos parâmetros de ensaio (frequência, ganho, fase e escala da tela);
- 6.1.2 Esse bloco deve conter entalhes transversais, de comprimento igual à largura do bloco, usinados por eletro erosão, com profundidades 0,5 mm; 1,0 mm e 2,0 mm. A tolerância na profundidade dos entalhes deve ser $\pm 0,1$ mm. A abertura do entalhe deve ser menor ou igual a 0,2 mm (Figura 1);
- 6.1.3 Lâminas flexíveis de espessura 0,5 mm devem ser empregadas para simular o revestimento não metálico do componente a ser ensaiado. O próprio revestimento do componente a ser ensaiado também pode ser usado no bloco de calibração.

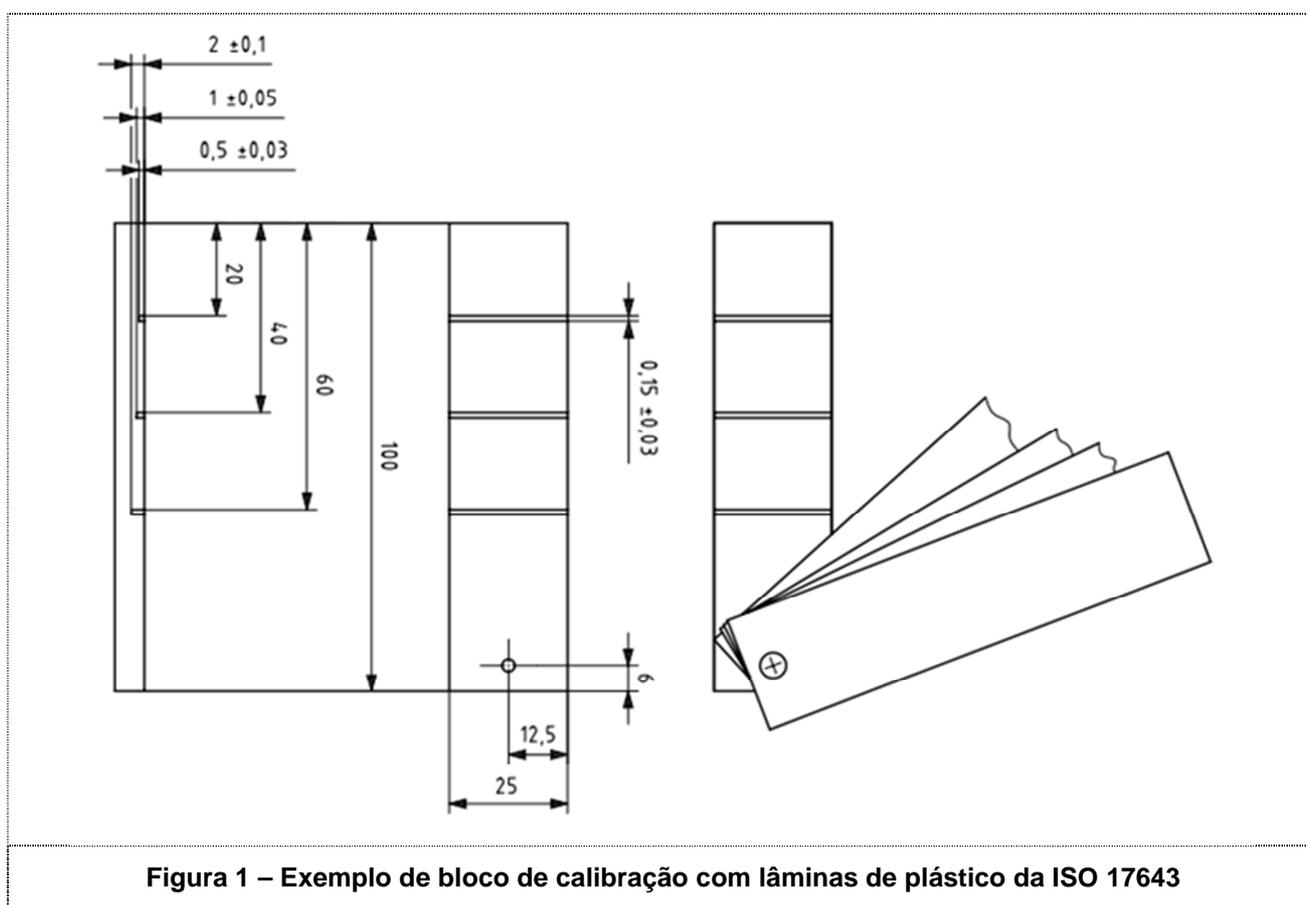


Figura 1 – Exemplo de bloco de calibração com lâminas de plástico da ISO 17643

6.2 AJUSTAGEM

6.2.1 Medição da máxima espessura de camada de revestimento não metálico

- 6.2.1.1 Caso a região a ser inspecionada possua revestimento não metálico é preciso medir qual a máxima espessura de camada existente nessa região;
- 6.2.1.2 A espessura do revestimento influencia na sensibilidade de detecção das trincas, portanto, é necessário estimar qual a máxima espessura na região a inspecionar;
- 6.2.1.3 Empregar as sondas de medição de espessura de camada de revestimento e o bloco de calibração com lâminas flexíveis de plástico;

- 6.2.1.4 Ajustar a frequência, ganho, fase e escala do aparelho para que a deflexão causada na tela pelo ponto de trabalho seja máxima quando a sonda passar do contato com a superfície do bloco em uma região sem entalhe e sem lâminas de plástico para a mesma região agora com todas as lâminas de plástico existentes no bloco padrão seja a máxima possível na tela (normalmente na direção horizontal da tela, Figura 2);
- 6.2.1.5 Após esse ajuste, registrar todas as deflexões do ponto de trabalho para as diversas quantidades de lâminas existentes no bloco padrão. Associar através da construção de uma curva de calibração todas as deflexões com as espessuras de camada correspondentes as quantidades de lâminas de cada situação, figura 3.
- 6.2.1.6 Pesquisar em toda região a ser inspecionada qual a maior espessura de revestimento existente. A maior espessura encontrada deve ser associada com o número de camadas a empregar na calibração da sonda para detecção de trincas superficiais na solda.

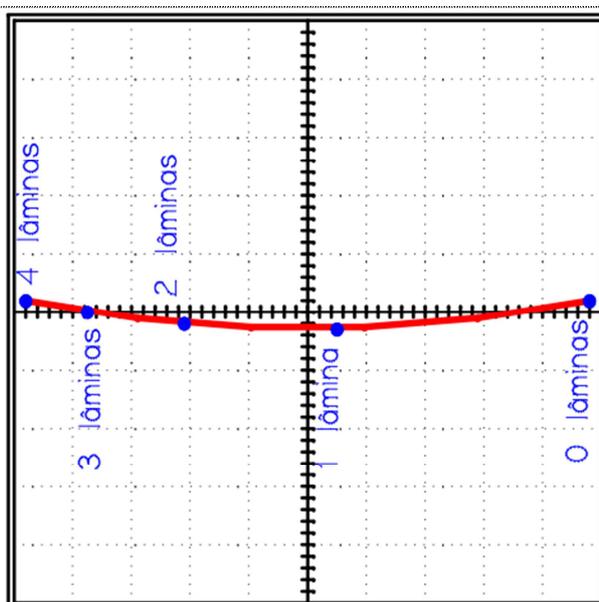


Figura 2 – Tela do aparelho com ajustagem para medição da espessura de camada de revestimento não metálico

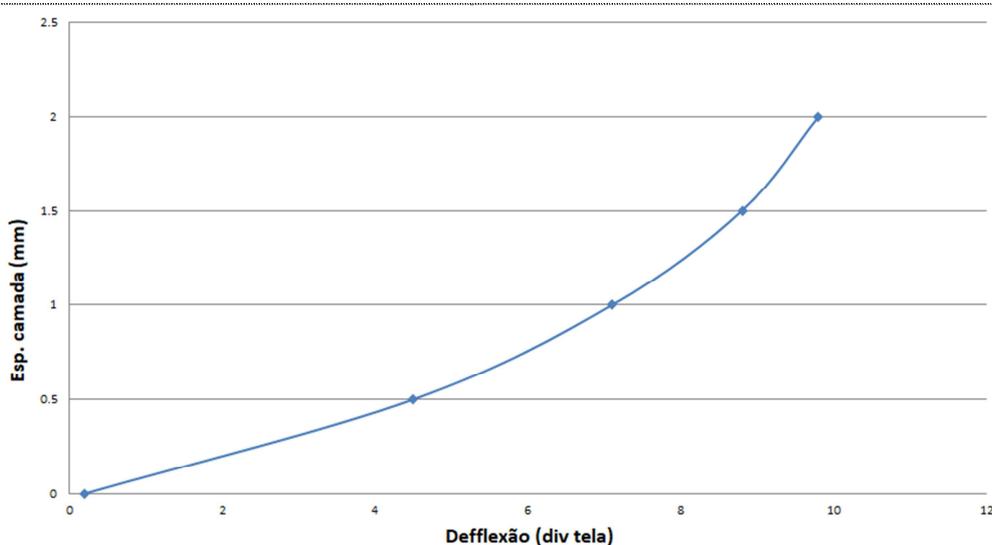
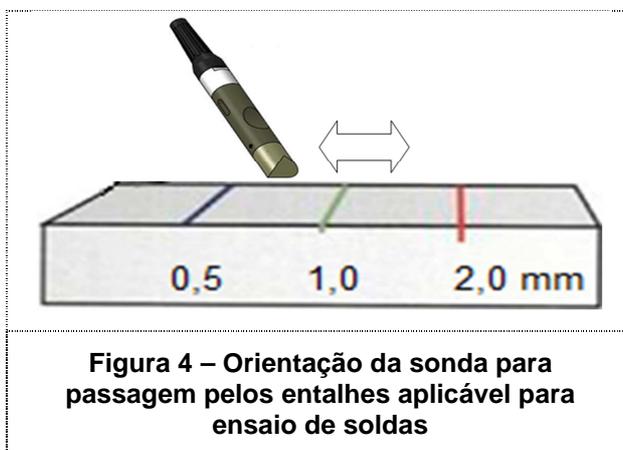


Figura 3 – Curva de calibração para medição de espessura de camada

6.2.2 Detecção de trincas na região de interesse

- 6.2.2.1 A frequência de excitação escolhida da sonda de inspeção, específica para a detecção de descontinuidades planares e pontuais, deve ser otimizada com relação a sensibilidade do ensaio, deflexão do sinal de lift-off e de outros sinais indesejáveis. Para condições usuais de inspeção, uma frequência de 100 kHz é recomendada;
- 6.2.2.2 Para a detecção das descontinuidades superficiais é possível à utilização de sondas pontuais (“pencil probes”) convencionais absolutas ou diferenciais;
- 6.2.2.3 A ajustagem dos parâmetros de ensaio é executada pela varredura da sonda nos entalhes do bloco de calibração. A superfície do bloco de calibração deve inicialmente ser coberta pelas lâminas de plástico flexíveis com espessura igual ou maior que a máxima espessura de revestimento não metálico medida;
- 6.2.2.4 A calibração do aparelho é feita para obter sinais com amplitudes crescentes conforme aumento da profundidade dos entalhes.
- 6.2.2.5 Ajustar a frequência, ganho, fase e escala do aparelho para que a deflexão causada na tela pelo ponto de trabalho seja aproximadamente 80% da altura total da tela, quando a sonda passar pelo entalhe do bloco de calibração com a profundidade de 1 mm sobre uma espessura de lâminas não menor que a máxima espessura de revestimento encontrada no item 6.1.
- 6.2.2.6 A deflexão obtida pelo entalhe de 0,5 mm do bloco de calibração, com esses ajustes, não deve ser menor que 50% do sinal obtido no entalhe de 1 mm sobre a mesma espessura de revestimento (Figura 5). A sensibilidade assim ajustada não pode implicar na avaliação de irregularidades geométricas do componente como se fossem descontinuidades planares. A impossibilidade dessa calibração contraindica o ensaio de correntes parasitas para essa aplicação.
- 6.2.2.7 A verificação da calibração deve ser executada no mínimo no início e no fim da inspeção e em períodos que não devem ultrapassar 4 horas. A verificação da calibração também deve ser executada sempre que ocorrer mudanças nas condições de inspeção. Toda verificação de calibração deve ser registrada.
- 6.2.2.8 **Aplicável somente ao ensaio de solda e zona termicamente afetada**
- A sonda apresenta resposta na tela em sentido contrário quando passando nos entalhes (e consequentemente nas descontinuidades) numa direção ortogonal a aquela direção usada no ajuste das variáveis do aparelho para calibração. Recomenda-se então reduzir a escala da tela para que essa apresente os sinais das descontinuidades existentes em todas as direções na solda independentemente da direção de varredura.
 - Principalmente para a inspeção de materiais ferríticos recomenda-se o uso de sonda superficial especial (como citado na norma ISO 17643).



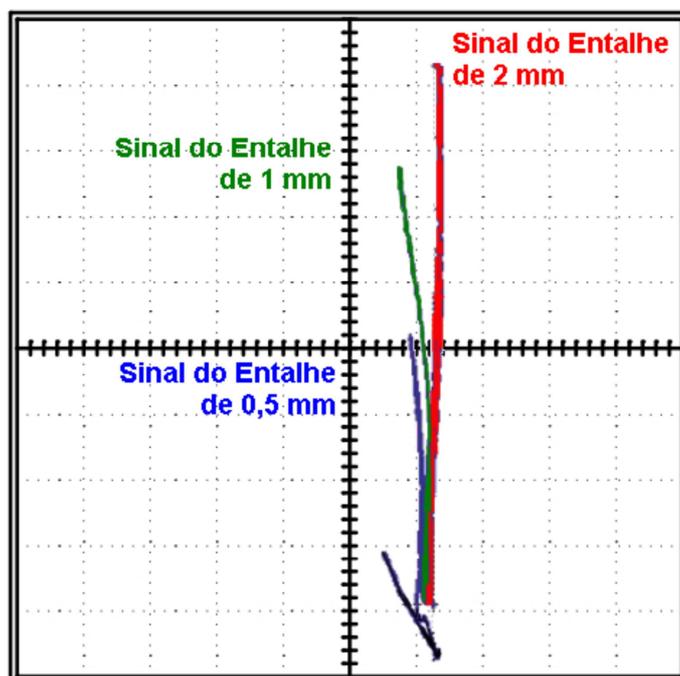


Figura 5 – Tela do aparelho com ajustagem para a detecção de descontinuidades

7. CONDIÇÃO SUPERFICIAL E TÉCNICA DE PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

- 7.1** O ensaio de correntes parasitas depende do contato íntimo entre a sonda e a superfície da peça sendo ensaiada. Para que o ensaio de correntes parasitas seja eficiente a presença de excessiva quantidade de respingos de solda (quando aplicável), carepas, sujeiras ou camadas de pintura não aderida deve ser evitada porque diminuirá a sensibilidade da técnica pelo afastamento da sonda da superfície.
- 7.2** Embora o ensaio de correntes parasitas possa detectar trincas superficiais existentes sob revestimento não metálico, a sensibilidade deve ser demonstrada antes da realização do ensaio.
- 7.3** Em condições usuais o método normal de preparação da superfície antes do ensaio é por escovamento. Toda região a ser inspecionada deverá ser escovada antes da realização do ensaio. Para exames de qualificação em corpos de prova pintados, não é necessário efetuar o escovamento.

8. TÉCNICA/PLANO DE VARREDURA

8.1 Geral

- 8.1.1** As superfícies de interesse devem ser varridas pela sonda para essa aplicação.
- 8.1.2** Sempre que possível, a sonda deve ser movida na direção perpendicular a maior dimensão da descontinuidade de interesse do ensaio. No caso de não se saber qual a direção da maior dimensão da descontinuidade de interesse esperada, ou da possibilidade de haver descontinuidades em várias direções, executar pelo menos duas varreduras em direções perpendiculares entre si em toda a região a ser inspecionada. Maiores cuidados

devem ser tomados quando trabalhando com sondas diferenciais que são ainda mais sensíveis a orientação das descontinuidades.

- 8.1.3** Durante o ensaio, a máxima velocidade de varredura e a distância entre a sonda e a superfície da peça (lift-off), não poderão ser maiores que os valores utilizados na ajustagem dos parâmetros de ensaio (calibração).

8.2 Aplicável na varredura de chapas

- 8.2.1** Recomenda-se a marcação da região a inspecionar com uma espécie de malha ("grid") desenhada com espaçamento correspondente a 80% da região sensível ("footprint") da sonda utilizada, ver figura 6.



Figura 6 – Marcação da região a inspecionar para varredura através de "malha"

8.3 Aplicável na varredura de soldas e áreas afetadas termicamente

- 8.3.1** O ensaio por correntes parasitas pode ser dividido em duas etapas: inspeção da zona termicamente afetada pelo calor e inspeção da superfície do cordão de solda.
- 8.3.2** Atenção deve ser dada para garantir que a sonda forme ângulos ideais para as várias geometrias da superfície da solda existentes na zona afetada pelo calor.
- 8.3.3** A figura 7, obtida na norma ISO 17643, mostra as direções de varredura e orientação da sonda ideal para diferentes condições superficiais na margem da solda e ZTA.
- 8.3.4** A figura 8, obtida na norma ISO 17643, mostra as direções de varredura para a superfície do cordão de solda.

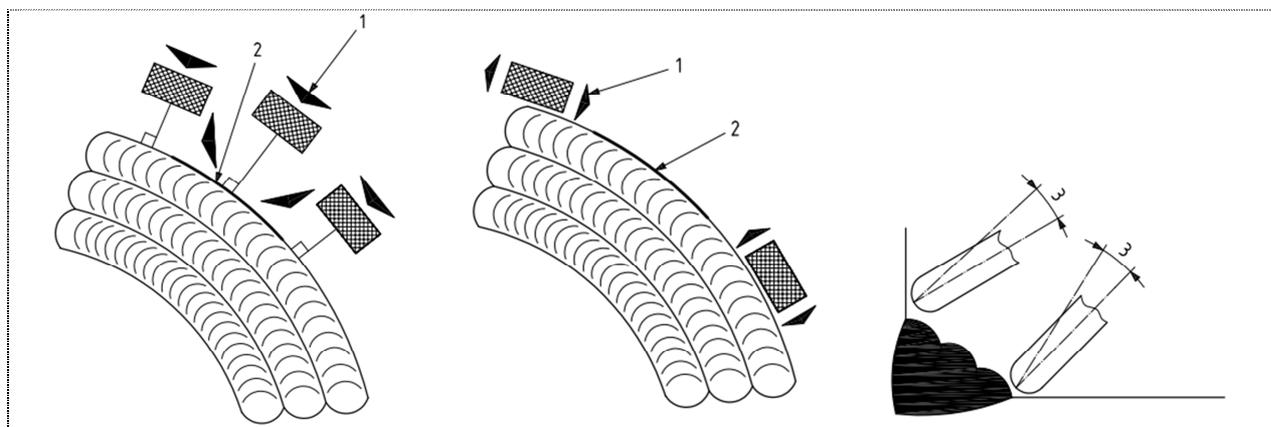


Figura 7 – Varreduras indicadas para a ZTA e margem da solda (ISO 17643)

Legenda: 1 – direção da sonda; 2 – descontinuidade; 3 – ângulo ideal da sonda

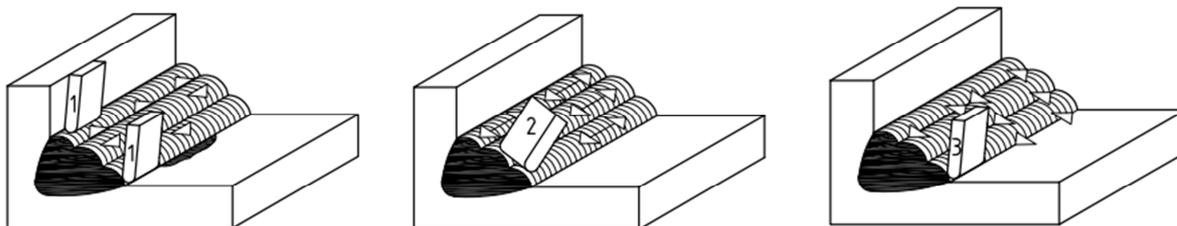


Figura 8 – Varreduras indicadas para a superfície da solda (ISO 17643)

Legenda: 1, 2 e 3 – diferentes direções da sonda

9. CARACTERIZAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

9.1 Os itens a seguir podem influenciar na detectabilidade das descontinuidades e devem ser considerados:

- a)** Material de confecção do bloco de calibração: O material do bloco de calibração deve ser similar (especificação ASTM/AISI ou UNS) ao do componente inspecionado;
- b)** Revestimento com materiais não metálicos ou não condutores de eletricidade: Esses tipos de revestimento reduzem a sensibilidade do ensaio em função do afastamento que implicam na sonda em função da sua espessura;
- c)** Posição/direção da bobina com relação à descontinuidade: Cuidados devem ser tomados para garantir que o ângulo ideal ocorra entre a sonda e a área examinada. A corrente induzida é direcional, então cuidados devem ser tomados para que esta seja perpendicular à descontinuidade;
- d)** A profundidade máxima de qualquer descontinuidade detectada (relativa à máxima amplitude de sinal obtida na varredura dessa descontinuidade) deve ser comparada com a resposta (sinal) dos entalhes do bloco de calibração da figura 1;
- e)** Todas as indicações cujo componente vertical da impedância apresentada na tela do aparelho ultrapassar a deflexão relativa ao entalhe de 0,5 mm do bloco de calibração devem ser registradas como prováveis trincas;
- f)** As posições inicial e final dos defeitos são determinadas pelos pontos em que o sinal ultrapassa 20% da altura total da tela (início da descontinuidade) e depois retorna a 20% da altura total da tela (fim da descontinuidade). Esses pontos devem ser registrados e utilizados posteriormente para determinar a localização e o comprimento das descontinuidades.



10. CRITÉRIO DE REGISTRO E ACEITAÇÃO DE DESCONTINUIDADE

10.1 Critério de Registro

- Devem ser registrados os seguintes dados:
 - Pontos em que a componente vertical da impedância cruza o limiar 20% da altura total da tela, para cima (início da descontinuidade) e para baixo (fim da descontinuidade);
 - Amplitude vertical máxima obtida no intervalo contínuo em que a componente vertical da impedância se mantém acima de 20% da altura total da tela.

10.2 Critério de Aceitação

- Descontinuidades que apresentarem amplitude superior a relativa ao entalhe do bloco de calibração com 0,5 mm de profundidade (independentemente do comprimento) deverão ser considerados rejeitadas.

11. SISTEMÁTICA DE IDENTIFICAÇÃO E RASTREABILIDADE REGISTRO DOS RESULTADOS

- 11.1** Os resultados dos ensaios devem ser registrados de maneira que seja possível correlacionar o relatório com a localização física das descontinuidades detectadas incluindo um croqui.
- 11.2** Para o registro das indicações detectadas no ensaio em chapas e soldas será utilizado o formulário do anexo 1.
- 11.3** Para o mapeamento das indicações e posicionamento longitudinal na solda será utilizado o formulário do anexo 2.
- 11.4** Para mapeamento das indicações detectada no ensaio da chapa será utilizado o formulário do anexo 3.

12. SEGURANÇA

- 12.1** Todo pessoal envolvido com a inspeção deve estar familiarizado com as normas e procedimentos de segurança da empresa responsável pelas curvas a serem inspecionadas, e utilizar todos os EPIs necessários conforme definido pelos procedimentos do setor de Segurança Industrial.

13. ANEXOS

- 13.1** Anexo 1 – Relatório de registro dos resultados (chapas e Soldas)
- 13.2** Anexo 2 – Folha de mapeamento longitudinal (solda e ZTA)
- 13.3** Anexo 3 – Folha de mapeamento (chapa)



CORRENTES PARASITAS
PROCEDIMENTO DE END
Sondas Superficiais

Manual: **S-CP**

Página: **10 de 11**

Revisão: **0 (mai/2021)**

PR-168

ANEXO 1



RELATÓRIO DE ENSAIO
CORRENTES PARASITAS
SONDAS SUPERFICIAIS

(logo do CEQ)

PROCEDIMENTO- Nº / Rev.	CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO	RELATORIO Nº	FOLHA de
Número do CP	ESTADO DA SUPERFÍCIE	MATERIAL	
NOME DO ARQUIVO	ARQUIVO DE CALIBRAÇÃO	BLOCO DE CALIBRAÇÃO	TEMPERATURA DA PEÇA

EQUIPAMENTO UTILIZADO

FABRICANTE	MODELO	Nº SÉRIE	DATA DE VALIDADE DA CALIBRAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO DA SONDA

REGISTRO DE CALIBRAÇÃO

DATA	HORA	AMPLITUDE ENTALHE 0,5 MM	AMPLITUDE ENTALHE 1,0 MM	AMPLITUDE ENTALHE 2,0 MM	OBSERVAÇÃO

REGISTRO DETALHADO DAS INDICAÇÕES

Nº	POSIÇÃO (mm)		COMPRIMENTO	AMPLITUDE (% TELA)	LAUDO	OBSERVAÇÃO
	X	Y				

OBSERVAÇÕES

LEGENDA

LAUDO

A: Aprovado R: Reprovado NEC: Necessário Exame Complementar	() Aprovado () Reprovado () NEC
---	--

Nome do Candidato:	Assinatura do Candidato:	Nº SNQC:
Modalidade do Exame:	Empresa:	
Data:	Visto do Examinador:	



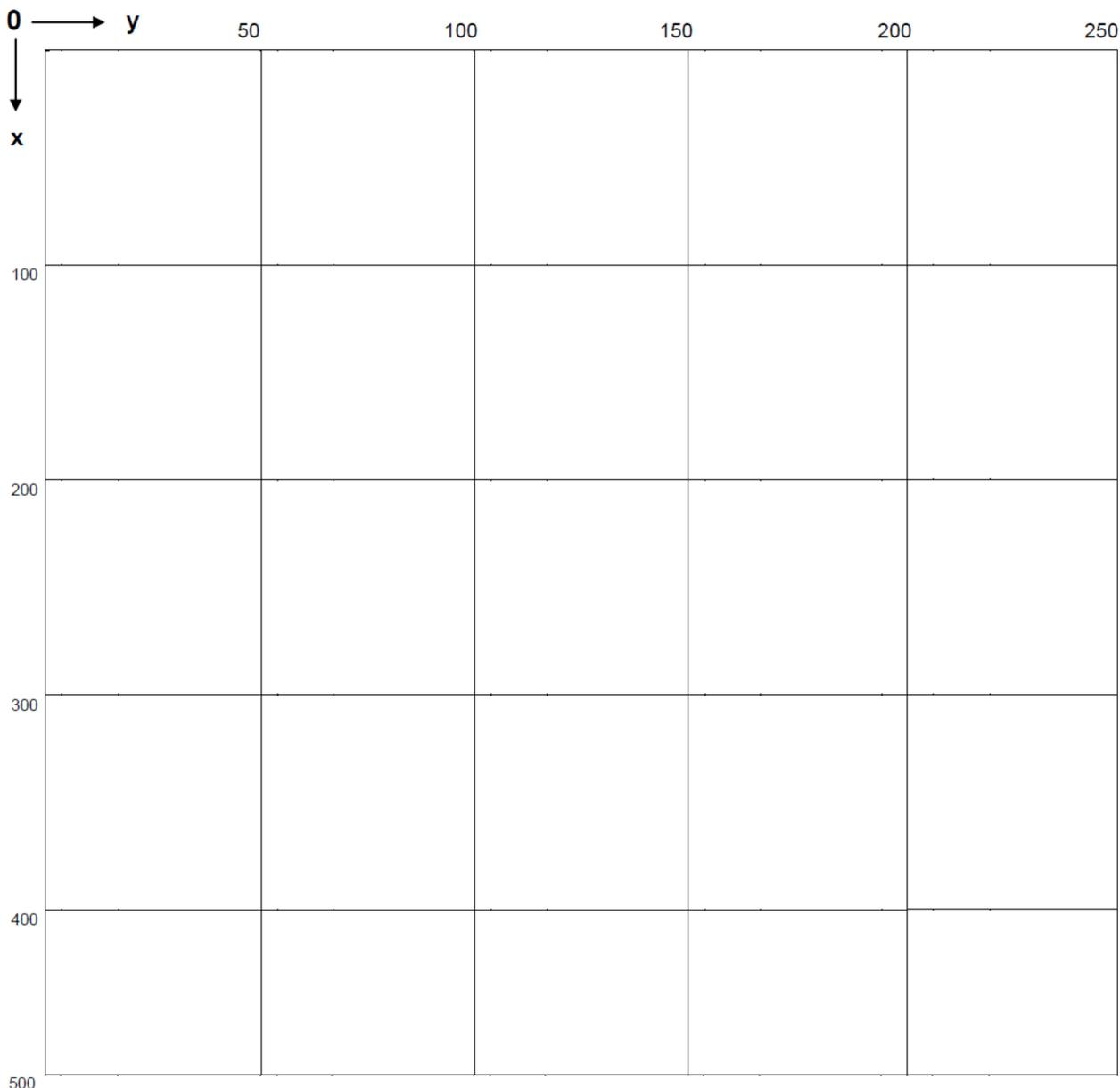
ANEXO 3



RELATÓRIO DE ENSAIO

(logo do CEQ)

MAPEAMENTO DAS INDICAÇÕES NA CHAPA	RELATÓRIO N.º
	FOLHA: _____ de _____



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