



MARINHA DO BRASIL
ARSENAL DE MARINHA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE GARANTIA DA QUALIDADE (AMRJ-23)

TR Nº 23/002/2025

**APÊNDICE D - METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS DE ANÁLISE DE INTEGRIDADE
ESTRUTURAL (AIE)**

1. As tarefas, materiais, ferramentas e equipamentos descritos na presente metodologia de execução do objeto, cuja finalidade é, também, assegurar que a futura contratada tenha meios disponíveis para a realização das atividades almejadas pelo AMRJ-233, compreendem lista não exaustiva dos requisitos técnicos e de disponibilidade de pessoal, equipamentos e consumíveis necessários para a realização dos serviços previstos na TABELA 1 – DEMANDA do TR Nº 23/002/2025. O objeto desta metodologia de execução corresponde ao Grupo I do Processo, que contempla: Análise de Integridade Estrutural (AIE) em chapas, soldas e componentes mecânicos em geral, via inspeção por Líquido Penetrante, Partículas Magnéticas, Medição de Espessura por Ultrassom e Detecção de Defeitos Internos por Ultrassom de Submarinos e Navios de Superfície em navios e embarcações atracadas/docadas ou em processo de construção no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) e na Base Naval do Rio de Janeiro (BNRJ).

1.1. A não inclusão de alguma atividade no rol extensivo dos ensaios discriminados neste documento não isenta a contratada de executá-lo sob nenhum pretexto.

1.2. A contratada deverá iniciar os serviços em até 48h (quarenta e oito horas) após ser notificada pelo Fiscal de Contrato, observando o horário de início de expediente do Arsenal de Marinha, às 7h30, se tratando, de dias úteis, finais de semana, feriados e dias especiais.

1.2.1. A autorização para início dos serviços ficará a cargo do Fiscal de Contrato, observada antecedência mínima de 48 horas (quarenta e oito horas) para a comunicação da necessidade de serviço à contratada.

1.2.2. Os serviços poderão ocorrer, além dos dias de expediente normais, em sábados, domingos, feriados e em pernoite, e não deverão incorrer em custos adicionais para a contratante quanto à execução em dias/horários extraordinários.

1.3. Após a realização dos ensaios, a contratada deverá emitir relatório técnico com assinatura digital e encaminhá-lo em até 5 (cinco) dias úteis do término das inspeções. A documentação dos resultados deverá seguir as exigências abaixo:

- Identificação do ensaio (tipo de END realizado);
- Resultados obtidos e interpretação dos mesmos;
- Fotografias ou diagramas das áreas inspecionadas; e
- Detalhamento dos defeitos encontrados e classificação segundo as normas.

1.4. Produtividade Mínima Contratual

A produtividade mínima a ser observada durante a execução contratual deverá atender aos parâmetros estabelecidos abaixo, considerando condições normais de trabalho e ausência de interferências externas ou fatores alheios à contratada:

- Medição de espessura por ultrassom: mínimo de 50 m² de chapeamento por diária;
- Inspeção de solda por ultrassom (US): mínimo de 8 (oito) juntas soldadas inspecionadas por diária;
- Inspeção por Líquido Penetrante (LP) ou Partículas Magnéticas (PM): mínimo de 20 (vinte) metros lineares de solda inspecionados por diária.

Esses valores serão utilizados como referência para aferição de desempenho e controle da produtividade dos serviços executados.

2. Qualificação dos Profissionais

Os inspetores de operação de Análise de Integridade Estrutural (AIE) em chapas, soldas e componentes mecânicos em geral, via inspeção por Líquido Penetrante, Partículas Magnéticas, Medição de Espessura por Ultrassom e Detecção de Defeitos Internos por Ultrassom deverão ser qualificados para executar os ensaios de acordo com a certificação ASNT (American Society for Non Destructive Testing) – Nível 2 ou ABENDI (ISO 9712). Os auxiliares de Análise de Integridade Estrutural (AIE) deverão ter qualificação comprovada em virtude da execução de preparar as superfícies: por preparação mecânica efetuada através de utilização de maquinário (lixamento, escovamento, esmerilhamento) para remoção de tinta, escória de soldagem, rugosidade excessiva, rebarba e limpeza prévia da superfície incluindo remoção de óleo, graxas ou impurezas que possam interferir nos resultados dos ensaios. Além disso, o auxiliar deverá

apresentar certificado de operador de plataforma elevatória. Tanto os inspetores quanto os auxiliares deverão possuir certificação nas normas de segurança NR 06, 33 e 35. O Supervisor da equipe de Análise de Integridade Estrutural (AIE) será o responsável técnico da futura CONTRATADA pela execução, supervisão e desenvolvimento dos eventos abrangidos, devendo estar sempre a frente das ações, devendo ser comprovado o vínculo do profissional com o quadro da empresa, além de possuir registro no CREA, na profissão de engenheiro. O inspetor alpinista industrial, além da certificação ASNT Nível 2 ou ABENDI (ISO 9712) para o processo de END solicitado, deverá ter qualificação Nível 2 IRATA, com apresentação do registro, para trabalho em altura.

3. Procedimentos

Todos os procedimentos deverão ser próprios da contratada, certificados por um profissional ASNT SNT TC de Nível 3 ou ABENDI (ISO 9712) equivalente, mediante orientação de requisitos de execução, critérios de aceitação e a devida aprovação da comissão técnica deste Arsenal de Marinha, podendo ser implantados nos procedimentos técnicos deste Arsenal de Marinha. O fiscal de contrato é membro da administração responsável pela definição dos requisitos de execução, critérios de aceitação recebimento dos procedimentos e posterior apresentação da recusa ou aprovação por parte da comissão técnica. Sendo reprovado, a contratada terá até 3 dias úteis para apresentar novo procedimento, seguindo as recomendações técnicas deste Arsenal de Marinha. Todos os atos e documentos elaborados deverão estar com fulcro em normas técnicas e amparo legal, observando o crivo do inspetor de Nível 3 da ASNT ou ABENDI (ISO 9712), de responsabilidade exclusiva da contratada, podendo responder administrativamente por danos causados à Administração Pública por dolo ou culpa, quiçá responsabilização penal e civil, dependendo do fato gerador.

A contratada não está isenta do cumprimento de outras normas técnicas que possam vir a ser plenamente aplicáveis durante a execução contratual. Caso haja necessidade do serviço ou para garantir a operatividade dos meios navais, a Organização Militar poderá adotar as autorizações e solicitações urgentes, devidamente registradas em atos administrativos, visando assegurar a continuidade das operações da Marinha do Brasil.

O conteúdo de todos os procedimentos deste Arsenal de Marinha é de carácter reservado, apenas, devendo ter conhecimento os membros participantes do processo de ensaios e a administração deste Arsenal de Marinha, sob pena de responsabilidade administrativa, civil e penal.

A relação de materiais elencadas neste documento não é exaustiva e a disponibilidade de todos os materiais necessários para a efetiva realização dos procedimentos é de inteira responsabilidade da contratada.

Todos os equipamentos pertinentes à inspeção devem estar calibrados, com certificado de calibração com validade de até um ano em dia.

Será facultada a visita técnica prévia por parte da contratada, de forma antecipada, visando a elucidação de possíveis dúvidas técnicas e materiais a serem aplicados, sem custos adicionais para o AMRJ.

3.1. Ensaio de Líquido Penetrante

3.1.1. Recursos Materiais

O inspetor da contratada deverá possuir os seguintes equipamentos / insumos / acessórios:

- a) Pirômetro de contato;
- b) Bloco padrão Jiz 10 ou 20 para Fluorescente e 30 ou 50 para visível;
- c) Líquido penetrante para ensaio Visível e Fluorescente;
- d) Revelador;
- e) Luxímetro digital;
- f) Material abrasivo necessário ao preparo, tanto para aço carbono, quanto para aço inoxidável;
- g) Borrifador 2 à 20 Litros;
- h) Trapos/Panos;
- i) Limpador/Removedor;
- j) Luz negra;
- k) Medidor digital de luz ultravioleta;
- l) Removedor / solvente atendendo aos requisitos do ASME V quanto ao teor de cloro e enxofre.

3.1.2. Etapas de Execução dos Ensaios

3.1.2.1. Preparação da Superfície de ensaio

Um dos passos mais críticos no processo por líquido penetrante é a preparação da superfície de exame. As superfícies a serem inspecionadas deverão estar livres de graxa, óleo, ferrugem, escórias, carepas, respingo de solda ou qualquer tipo de contaminação. Riscos, entalhes e imperfeições superficiais que possam vir a prejudicar a avaliação do ensaio não são aceitáveis. Para junta soldada, deverá ser preparada uma margem de área de 1" adjacente a ambos os lados. Os métodos empregados poderão ser escovamento, lixamento e esmerilhamento.

3.1.2.2. Limpeza das Superfícies

Tem como objetivo a retirada de elementos estranhos e contaminantes, que possam impedir a entrada de penetrante nas descontinuidades. A limpeza deverá ser feita com solvente convencional; o inspetor deverá ter plena certeza que os resíduos da superfície tenham evaporado de qualquer descontinuidade.

3.1.2.3. Aplicação do Penetrante

A superfície deverá estar perfeita e uniformemente coberta com líquido penetrante por meio de aerossol, pulverização, pincelamento ou imersão. Os líquidos penetrantes podem ser classificados em:

GRUPO I: Líquido Penetrante Removível com Solvente

GRUPO III: Líquido Penetrante Removível com Água

O tempo de penetração descrito em procedimento poderá variar em função fabricante do líquido penetrante, do tipo de descontinuidade esperada, estado da superfície, temperatura e do material da peça.

3.1.2.4. Secagem da superfície após a remoção do excesso do líquido penetrante:

GRUPO I (Líquido Penetrante Removível com Solvente): A secagem da superfície após a remoção do excesso do líquido penetrante deverá ser feita somente por evaporação natural. Ventilação forçada excedendo a ventilação normal na área de inspeção não deve ser utilizada, exceto quando especificado pelo fabricante. Estando a superfície completamente seca, a aplicação do Revelador deverá ser iniciada em até dez minutos;

GRUPO III (Líquido Penetrante Removível com Água): A secagem deverá ser feita através da circulação de ar, pano ou evaporação natural, após remoção do excesso da água utilizada na limpeza inicial.

3.1.2.5. Aplicação do Revelador

Um Revelador úmido não aquoso (a base de solvente) deverá ser utilizado e, imediatamente antes da aplicação, este deverá ser agitado para permitir que as partículas sólidas se dispersem no meio líquido. O revelador deverá ser aplicado por aerossol, com camada uniforme, produzindo uma cobertura fina na superfície a ser ensaiada.

3.1.2.6. Tempo de Interpretação do Resultado da Inspeção

A interpretação inicial do ensaio deverá ser feita imediatamente após a aplicação do revelador úmido não aquoso. A interpretação final do resultado do ensaio deverá ser efetuada no tempo mínimo de sete minutos, não devendo, entretanto, ultrapassar trinta minutos após a secagem completa do revelador.

3.1.2.7. Limpeza Final da Superfície Ensaída

Após a conclusão da inspeção, a superfície deverá ser limpa utilizando-se pano umedecido com removedor.

3.1.2.8. Análise e aplicação de critérios de aceitação

Em função da norma e procedimento, as indicações verdadeiras deverão ser classificadas como:

Relevantes – Indicações que podem comprometer o uso da peça; ou

Não Relevantes - Indicações que devido as suas dimensões e características não comprometem a utilização.

3.2 Ensaio de Partículas Magnéticas

3.2.1. Recursos Materiais

O inspetor da contratada deverá possuir os seguintes equipamentos / insumos / acessórios:

- a) Yokes;
- b) Pó de partícula magnética colorida e fluorescente;
- c) Contraste para via colorida;
- d) Removedor;
- e) Material abrasivo;
- f) Luminárias;
- g) Tubo de decantação;
- h) Luxímetro;
- i) Pastilha sensora;
- j) Massa padrão;
- k) Medidor de campo magnético;

3.2.2. Etapas de Execução dos Ensaios

3.2.2.1. Preparação da Superfície de ensaio

O método dependerá do tipo, tamanho e quantidade de peças a serem inspecionadas. Os métodos empregados poderão ser escovamento, lixamento e esmerilhamento.

3.2.2.2. Limpeza da Superfície

Tem como objetivo a retirada de elementos estranhos e contaminantes, a limpeza deverá ser feita com solvente convencional.

3.2.2.3. Preparação das Partículas

As partículas via úmida requerem a preparação da suspensão ou banho e podem estar em forma de pó ou pasta. Já as partículas via seca não necessitam de preparação e serão retiradas diretamente das embalagens para os aplicadores de pó.

3.2.2.4. Tipos de Partículas Magnéticas

Deverão ser de material não tóxico, finamente divididas, ter alta permeabilidade magnética, baixa retentividade e de tamanho e cor que proporcione sensibilidade adequada e bom contraste com a cor da peça a ser inspecionada e estar livre de impurezas que possam interferir na sua boa utilização;

Partículas Magnéticas - Via Úmida: É o método de ensaio pelo qual as partículas magnéticas encontram-se em dispersão em um líquido denominado veículo e este líquido pode ser água, querosene ou óleo leve. Quando se usar água como veículo, serão adicionados condicionadores (Agentes Umectantes, Anticorrosivos e Antiespumantes);

As partículas magnéticas poderão ser coloridas ou fluorescentes, aplicadas em camada fina e uniforme e que deverá cobrir totalmente a superfície de teste;

A concentração de partículas no líquido deverá ser verificada a cada preparação e a cada oito horas de trabalho contínuo, sendo a amostra retirada diretamente do aplicador, para um Tubo Decantador com fundo graduado em ml, onde, para um volume de cem mililitros (mL) da solução preparada para ensaio, o depósito de partículas decantadas deve estar na faixa entre 1,2 a 2,4 mL para Partículas Coloridas e 0,1 a 0,7 mL para Partículas Fluorescentes, isto após um período de trinta minutos de decantação, ou até que todas as partículas se depositem no fundo do Tubo Decantador;

Partículas Magnéticas - Via Seca: Poderão ser usadas partículas coloridas ou fluorescentes, aplicadas em camada fina e uniforme que deverá cobrir totalmente a superfície de teste;

Visualização das Partículas Magnéticas - Por Contraste: Com a finalidade de promover melhor visualização das partículas magnéticas durante a realização do Ensaio, deverão ser utilizados os líquidos de contraste, que consistem em uma tinta branca acondicionada em aerossol, que será aplicada de maneira uniforme sobre a superfície de teste. A tinta de contraste é aplicada com a finalidade de criar um fundo branco, sem interferir na mobilidade das partículas magnéticas ou mesmo na intensidade

dos campos de fuga. A espessura do filme de tinta, após secagem, deverá ser da ordem quinze μm , podendo variar até cinquenta μm , não necessitando ser verificada a espessura real da película do filme em questão.

3.2.2.5. Método de Realização do Ensaio

As partículas para via seca, como o próprio nome indica, são aplicadas a seco. O veículo que sustenta a partícula até a sua acomodação é o ar. A aplicação poderá ser feita por meio de aerossol ou aplicador de pó manual. As partículas para via úmida são aplicadas por meio de borrifadores, aerossol, que produzem uma névoa sobre a região em exame; ou ainda derramadas sobre a peça por um recipiente. O método por via úmida exige uma constante agitação da suspensão para garantir a homogeneidade das partículas. Caso necessário, o excesso das partículas magnéticas por via seca ou úmida sobre a peça deverá ser removido por meio de jato moderado de ar comprimido seco com força suficiente para retirar o excesso das partículas sem, no entanto, remover as partículas que formam as indicações de descontinuidades. Observa-se que a realização do ensaio pelo método contínuo consiste em acionar o meio de magnetização imediatamente antes de aplicar as partículas magnéticas sobre a superfície da peça a ser ensaiada, e somente desligá-lo após encerrada a aplicação das mesmas ou a remoção do excesso das partículas magnéticas acumuladas, caso necessário.

3.2.2.6. Direção de Magnetização do Ensaio

Deverão ser executados, no mínimo, dois exames em cada área. Durante o segundo exame, as linhas de fluxo magnético, deverão ser aproximadamente perpendiculares às do primeiro exame. Defeitos detectados são avaliados aplicando-se as linhas do fluxo perpendicularmente aos mesmos. Deve-se recorrer a sucessivas sobreposições para garantir total cobertura da área ensaiada.

3.2.2.7. Critério de Aceitação

Conforme norma e procedimento.

3.2.2.8. As etapas descritas acima constituem uma instrução técnica, não restringindo a adoção de outros procedimentos relevantes ao ensaio. Além disso, não isentam a contratada da obrigação de realizar os serviços previstos nos procedimentos e atos administrativos emitidos por este Arsenal de Marinha.

3.3. Ensaio de Medição de Espessura por Ultrassom

3.3.1. Recursos Materiais

O inspetor da contratada deverá possuir os seguintes equipamentos / insumos / acessórios:

- a) Medidor de Espessura capaz de medir sobre camada de tinta;
- b) Transdutor Duplo Cristal SE de 2 a 10MHz, Diâmetro de 7,5 a 10mm;
- c) Cabo Coaxial;
- d) Bloco escalonado (plano) com 3 (três) degraus 32, 50, 80mm ou similar;
- e) Bloco escalonado (plano) com 7 (sete) degraus 2, 4, 6, 10, 15, 20, 25mm ou similar;
- f) Bloco escalonado curvo 2, 4, 6, 8" de diâmetro ou similar;
- g) Acoplante metil celulose;
- h) Blocos de calibração para aço carbono, aço inox e alumínio;
- i) Acoplante com certificado de contaminantes de cloro e enxofre;
- j) Removedor com certificado de contaminantes de cloro e enxofre;
- k) Material abrasivo adequado a aço carbono, aço inoxidável e alumínio.

3.4. Ensaio de Ultrassom Convencional para Detecção de Defeitos Internos

3.4.1 Recursos Materiais:

- a) Detector de falhas por Ultrassom Convencional;
- b) Transdutor Normal, Duplo Cristal SE e pares angulares de Angulares 45°, 60° e 70°, de 2 a 10MHz;
- c) Bloco de referência ASME (plano) 20 e 38mm;
- d) Bloco de referência ASME (curvo) 2, 4, 6, 8, 10" SCH 40;
- e) Bloco padrão V1 e V2;
- f) Bloco de resolução (bolo de noiva);
- g) Régua graduada;
- h) Material para escrever no corpo do transdutor INDEX e Angulo Real;
- i) Acoplante metil celulose;
- j) Acoplante com certificado de contaminantes;
- k) Equipamento pulso eco digitais com capacidade de registro de A Scans
- l) Conjunto de blocos de calibração em aço inoxidável, aço carbono e alumínio para cobrir soldas de topo para tubos e chapas de diferentes espessuras e diâmetros

3.5. Ensaio de Ultrassom Phased Array para Detecção de Defeitos Internos

3.5.1 Recursos Materiais

- a) Equipamento de Phased Array com 32 canais e as devidas licenças liberadas para detecção de defeitos interno e monitoramento.

- b) Transdutor e sapatas (IHC) para detecção de defeitos interno e monitoramento de corrosão;
- c) Encoder;
- d) Bloco referência (plano) ASME 20 e 38mm, com guia;
- e) Bloco Tipo “A” (dois raios);
- f) Acoplante Água ou Metil Celulose;
- g) Jogo de transdutores de diferentes frequências;
- h) Jogo de blocos de calibração cobrindo solda de tubos e chapas de diferentes espessuras;
- i) Sapatas para transdutor angular e reto;

3.6. Inspetor Alpinista Industrial para Inspeção em Altura

3.6.1 Recursos Materiais

- a) Equipamento de medição de espessura (Inspeção ME);
- b) Esmerilhadeira 4.1/2”;

3.7. Auxiliar de Inspeção para Realização de Preparo de Superfícies

3.7.1 Recursos Materiais

- a) Esmerilhadeira de 4.1/2”, portátil, à bateria, acompanhada de no mínimo 03 baterias, de autonomia mínima de 6Ah, e dois carregadores;
- b) Escovas manuais e rotativas para Aço Carbono e Aço Inox;
- c) Disco de corte e desbaste para Aço Carbono e Aço Inox;
- d) Disco De Desbaste Tipo Flap;
- e) Retificadora 1/4”;
- f) Ponta montada “pirulito”, ponta montada fresa de tungstênio e com fio de aço tipo “bailarina” para Aço Carbono e Aço Inox;
- g) Extensão elétrica de 30 metros;

3.8. Equipamento de Proteção Individual

3.8.1 Recursos Materiais

- a) máscaras;
- b) bota;
- c) luva;
- d) capacete;
- e) óculos de proteção;

f) macacão;

g) viseira;

h) protetor auricular;

i) Para o inspetor alpinista industrial, somam-se os EPIs a seguir: cinto completo, em conformidade com a NR35 e acessórios (cordas, fitas de ancoragem, mosquetões, entre outros).

Rio de Janeiro, RJ, na data da assinatura.

Beatriz Maria Natal Batista Abreu
Capitão-Tenente (EN)
Encarregada da Divisão de Laboratórios
AMRJ-233