



1. OBJETIVO

Esta instrução padroniza a sistemática de avaliação de pessoal para a execução do ensaio não destrutivo por emissão acústica, de acordo com o Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoas em END - SNQC/END.

2. NORMAS APLICÁVEIS

- NA-001 - Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaios Não Destrutivos.
- PR-046 – Inspeção com emissão acústica em vasos de pressão metálicos durante o teste de pressão – procedimento.
- PR-057 – Procedimento para testes de emissão acústica em vasos/tanques de plásticos reforçados com fibra de vidro (FRP).
- PR-099 – Ensaios de cilindros de aço sem costura por emissão acústica.
- PR-048 – Ensaio não destrutivo por emissão acústica – terminologia.
- PR-049 – Montagem de sensores piezoelétricos de contato para emissão acústica – procedimento.
- PR-053 – Caracterização da instrumentação de emissão acústica – procedimento.

3. MODALIDADES

O exame prático específico é aplicado nas seguintes modalidades:

- EA-N1 (Emissão Acústica)
- EA-N2 (Emissão Acústica)

4. REGRAS GERAIS

4.1 Os exames são agendados e previamente comunicados aos profissionais através do site da Abendi na sua área restrita. Caso o candidato esteja impossibilitado de comparecer no local, data e horário marcados deve comunicar ao Setor de Certificação.

4.2 O tempo de exame deve ser observado rigorosamente. As provas são recolhidas quando atingido o tempo determinado, e corrigidas no estágio em que se apresentarem.

4.3 A prova de certificação é composta dos exames: Exame Geral, Exame Específico, Exame Prático e a elaboração de uma Instrução Escrita (apenas para Nível 2).

4.4 A prova de recertificação é composta de um Exame Prático e a elaboração de uma Instrução Escrita (apenas para Nível 2).

4.5 O tempo de execução da elaboração da Instrução Escrita para exame de certificação é de 2 horas.

4.6 Não é permitida a consulta a nenhum documento, exceto os fornecidos pelo examinador.

4.7 Não é permitida a conversa entre candidatos durante a realização das provas.

4.8 Não é permitida a reprodução ou cópia de qualquer parte da prova.

4.9 Não é permitido o uso de agendas eletrônicas, aparelhos celulares, calculadoras programáveis e similares nos exames.

4.10 O resultado dos exames é divulgado para o candidato através do Setor de Certificação em sua área restrita.



4.11 Todos os candidatos devem levar caneta escrita grossa azul ou preta (tipo BIC) e um avental (guarda-pó) ou uniforme industrial. Esses materiais não são fornecidos pelo CE. É recomendável se apresentar com uma prancheta do tipo escolar e uma calculadora científica sempre que os exames envolverem cálculos.

5. APLICAÇÃO DOS EXAMES PRÁTICOS

5.1 O candidato deve comparecer com os EPIs adequados na data de exame agendado, conforme indicado no site da Abendi para cada método.

5.2 Para candidatos que optarem pela utilização de material próprio, na data do exame deve comparecer com a relação de equipamentos e instruções descritas nessa instrução. Nesse caso, os equipamentos providenciados são de responsabilidade do candidato quanto à qualidade e a precisão desses e dos demais produtos aplicáveis ao método e a técnica.

5.3 Para o Exame Prático, o profissional deve efetuar o ensaio em pelo menos 2 (dois) corpos de prova. Esses corpos de prova devem ser de geometrias diferentes, com a possibilidade de dimensões reduzidas.

6. EXAME PRÁTICO PARA CERTIFICAÇÃO

A parte prática do exame contempla avaliar o conhecimento teórico do candidato, colocado em prática. É também avaliada a habilidade dos candidatos em manusear o equipamento de EA, configurar o software de aquisição de dados, o processo de coleta de dados, e a capacidade de diagnosticar e solucionar problemas em tempo real. O exame prático busca analisar se o candidato possui habilidade adequada para o trabalho em campo, através de simulações de situações reais que ocorrem durante a inspeção de equipamentos por EA no campo.

6.1 Execução do exame

- O candidato deve realizar o ensaio unicamente de acordo com as instruções fornecidas;
- O local de realização do ensaio deve ser mantido limpo e organizado, durante e após o exame;

6.2 Tempo disponível para realização do exame prático

Etapa	Duração Máxima (horas)
I	2,0
II	N1: 1,0 N2: 4,0

6.3 Instruções para execução do exame: divisão e sequência de aplicação

O exame prático constará de 2 (duas) etapas. Para ser aprovado no exame, o candidato deve executar de forma satisfatória todos os itens de cada uma das etapas descritas nos subitens seguintes.

6.3.1 Etapa I

Nesta etapa o candidato deve demonstrar os conhecimentos e habilidades para a execução das atividades descritas abaixo. A sequência de execução é importante. O candidato deve:

- (i) Solicitar ao examinador a documentação com informações sobre o corpo de prova;
(*Justificativa: essas informações não apenas são relevantes para inclusão no relatório, mas também essenciais para a interpretação e avaliação dos dados*)



- (ii) Realizar análise preliminar de todas as informações fornecidas, tais como identificação do objeto de ensaio, verificação da distribuição de sensores, restrições aplicáveis etc.;
(Justificativa: o estudo preliminar de informações disponíveis auxilia na compreensão do equipamento, minimiza possibilidades de erro, agiliza o tempo de ensaio etc. Isto é fundamental quando estiver aplicando END em situações reais de campo)
- (iii) Montagem dos sensores conforme posicionamento contido nas instruções;
(Justificativa: o posicionamento dos sensores depende do tipo e do material de qual é feito a estrutura. Por este motivo, é realizado um estudo prévio da estrutura e a melhor arranjo de sensores a ser utilizado)
- (iv) Configuração do arquivo de inicialização (aquisição);
(Justificativa: a configuração correta do sistema é imprescindível para a realização do ensaio. Diferentes aplicações exigem diferentes configurações. A configuração incorreta de um ensaio pode gerar dados inadequados inutilizando o ensaio)
- (v) Calibração dos sensores;
(Justificativa: os sensores são a parte do sistema que serve de interface entre a estrutura e o restante do equipamento. Por este motivo, além de deverem estar funcionando adequadamente, devem estar bem acoplados a estrutura permitindo a boa detecção do sinal. Verificar o acoplamento é fundamental)
- (vi) Elaboração da curva de atenuação;
(Justificativa: o levantamento da curva de atenuação é importante por dois motivos – 1. para entendimento do grau de atenuação no tipo de material; 2. para cálculo do número de sensores e melhor posicionamento deles)
- (vii) Cálculo da velocidade de propagação da onda no corpo de prova;
(Justificativa: o cálculo da velocidade é importante para a localização da fonte ativa)
- (viii) Verificação dos ajustes da instrumentação;
(Justificativa: é importante verificar todo o ajuste do sistema antes de iniciar a coleta de dados, pois uma vez realizada, não é possível mudar as configurações podendo assim perder informações importantes ou coletar informações não adequadas)
- (ix) Avaliação do ruído de fundo e o correto ajuste do limite de referência;
(Justificativa: talvez o maior obstáculo para a realização de um ensaio adequado é a interferência dos ruídos externos. Um estudo preliminar do tipo e nível de ruído presente durante o ensaio é essencial para minimizar a influência dos ruídos. Inserção de filtros de frequência e ajuste do limiar de detecção são passos básicos para eliminar ruídos)
- (x) Verificação do funcionamento de todos os canais, simultaneamente, através de impacto global no objeto de ensaio.
(Justificativa: além da calibração dos sensores, ou seja, da verificação do funcionamento individual de cada sensor através da quebra de grafite junto ao sensor, é necessário também verificar se todos os sensores detectam uma única fonte em comum. Por isto a importância deste teste)
- (xi) As atividades de (iii) até (viii) devem ser realizadas pelo candidato com base em um procedimento qualificado ou norma específica.
(Justificativa: a padronização dos ensaios é importante, pois se cada inspetor decidir realizar os ensaios de acordo com o que prefere, não seria possível rastrear resultados e chegar a um entendimento comum do que é melhor de ser feito)
- (xii) Para os itens de (i) até (ix) deve ser emitido um registro pelo candidato.
(Justificativa: as anotações em campo são essenciais para a realização posterior da análise dos dados, bem como para registro permanente do que ocorreu durante o ensaio. Anotações sobre o equipamento, sistema de monitoração, histórico da estrutura, condições de ensaio, incluindo ruído e condições climáticas auxiliam muito na análise e interpretação de dados)

O candidato deve preencher o formulário FM-178 - Relatório de Emissão Acústica, que irá auxiliá-lo na elaboração da curva de atenuação, calibração dos sensores, acompanhamento do ensaio etc.

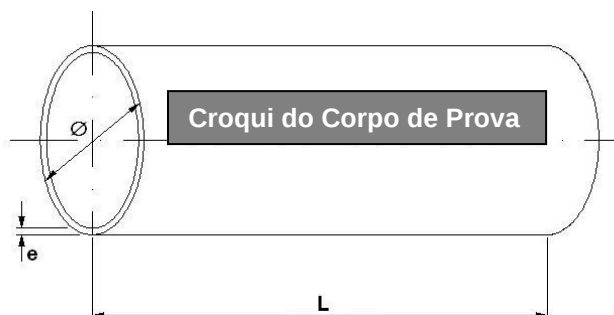
6.3.2 Etapa II

O candidato deve inspecionar o corpo de prova especificado abaixo, realizando as seguintes atividades:

- (i) Realização da aquisição e acompanhamento do arquivamento dos dados^[a];
(Justificativa: durante um ensaio em campo o inspetor deve seguir a sequência de aquisição e arquivamento de dados. Por exemplo, a pressurização de vasos de pressão pode exigir patamares em certos níveis de pressão com um tempo mínimo de pressão constante por patamar)
- (ii) Verificação do correto funcionamento da instrumentação durante a aquisição de dados^[a];
(Justificativa: após a configuração e início do ensaio, o inspetor deve sempre estar atento a quaisquer eventuais problemas que possam ocorrer durante o ensaio. Assim pode tomar a ação necessária para correção dos problemas antes de ser muito tarde para corrigi-lo, perdendo assim os dados)
- (iii) Finalização da aquisição de dados com as verificações de acordo com o procedimento^[a];
(Justificativa: para não corromper os dados e evitar falhas no ensaio, é importante finalizar o ensaio de acordo com as instruções, caso estejam disponíveis)
- (iv) Verificação do funcionamento de todos os canais, simultaneamente, através de impacto global no objeto de ensaio ao término da aquisição de dados;
(Justificativa: para se certificar de que o equipamento estava funcionando corretamente durante o ensaio, o inspetor deve realizar um teste de impacto logo após o término da aquisição de dados)
- (v) Gravação de cópia de segurança, dos arquivos gerados durante a aquisição de dados;
(Justificativa: para prevenir a perda irreversível dos dados, é necessário fazer uma cópia de segurança. Em caso de extravio de dados ou dados corrompidos, o ensaio não é perdido pois foi feita uma cópia de segurança)
- (vi) O candidato a nível 2 (N2) deve realizar a análise e emitir relatório de ensaio para os dados coletados^[b];
(Justificativa: simulação da situação real que exige que um nível 2 não somente saiba coletar dados, mas também realizar a análise dos dados e que saiba emitir um relatório claro com os resultados)
- (vii) O candidato a nível 2 (N2) deve analisar e emitir relatórios de ensaio para um conjunto composto por três arquivos de dados, a ser fornecido pelo examinador durante o exame, sendo eles: um arquivo de vaso de pressão metálico, um arquivo de cilindro metálico sem costura e um arquivo de um equipamento de fibra de vidro^[b];
(Justificativa: simulação da situação real que exige que um nível 2 saiba realizar a análise de dados dos diversos tipos de equipamentos, atendendo aos critérios de aceitação.

Observações: ^[a] As atividades de (i) até (iii) devem ser realizadas pelo candidato com base em um procedimento qualificado ou norma específica.

^[b] Os itens (vi) e (vii) são aplicáveis somente aos candidatos a nível 2 (N2).



6.4 Montagem e Preparação do Exame

Cabe ao examinador preparar o corpo de prova, o material necessário, a sala onde é realizado o exame prático e a configuração do sistema de geração de forma de onda.

O candidato deve montar os sensores no sentido anti-horário a partir da origem.

6.4.1 Sistema de medição e materiais necessários *

A seguir está relacionada uma lista completa de equipamentos e materiais necessários para a realização do exame prático. O examinador, antes do início do exame, deve verificar se algum dos itens relacionados abaixo não está faltando. Caso esteja faltando algum item, o mesmo deve ser providenciado, ou pelo candidato ou pelo examinador, o que for aplicável.

- (a) Corpo de prova;
- (b) Material para preparo da superfície (lixa, escova de aço, trapo, papel toalha etc.);
- (c) Sistema de emissão acústica completo:
 - i. CPU com sistema operacional adequado;
 - ii. placas para coleta de dados;
 - iii. software para coleta e análise de dados;
 - iv. monitor;
 - v. teclado;
 - vi. mouse;
 - vii. acessórios indispensáveis, tais como: cabos de energia; flash card/pen driver ou gravador de DVD para fazer cópia de segurança de dados etc.
- (d) 4 sensores ressonantes a 150 kHz;
- (e) Pré-amplificadores de 40 dB de ganho, com filtros compatíveis a frequência de ressonância dos sensores (caso os sensores não possuam pré-amplificação integrada)
- (f) Acoplante;
- (g) Prendedores de sensor (magnéticos, fita, cola quente etc., o que for aplicável);
- (h) Cabos coaxiais com conectores BNC (ou outro aplicável), para conexão dos sensores aos canais do sistema, impedância de 50 Ohms (recomenda-se entre 4 e 5m);
- (i) Lapiseira com grafite (conforme norma aplicável);
- (j) Sistema gerador de forma de onda completo:
 - i. CPU com sistema operacional adequado;
 - ii. placa geradora de forma de onda: ARB 1410;
 - iii. software: WaveGen 1410;
 - iv. monitor;
 - v. teclado;
 - vi. mouse;
 - vii. acessórios indispensáveis, por exemplo, cabo de energia.
- (k) 2 sensores ressonantes a 150 kHz, sem amplificação integrada, para pulso de sinais;
- (l) Cabos para conexão entre sensor de pulso e placa ARB 1410.
- (m) Prendedor para o sensor de pulso (magnético, fita, cola quente etc., o que for aplicável);

* **Observação:** somente os itens (a), (j), (k), (l) e (m) são fornecidos pela Abendi. É de responsabilidade do candidato de providenciar os demais itens para o dia do exame, salvo ele tenha feito um acordo com a ABENDI.

6.4.2 Configuração do sistema de EA

Toda a configuração do sistema, incluindo conexão de cabos, sensores, acoplamento, ajuste de software etc., deve única e exclusivamente ser realizada pelo candidato, conforme instruções que segue:

Item	Valor
Tipo de limiar de detecção	Fixo
Nível do limiar de detecção	45dB
Ajuste de Ganho	0dB

Pré-amp.	40dB
Filtro analógico passa-alta	20kHz
Filtro analógico passa-baixa	400kHz
PDT	200 μ s
HDT	400 μ s
HLT	400 μ s
Ganho de referência de energia	20dB
Parâmetros mínimos a serem coletados	amplitude, energia, contagem, duração e tempo de subida

6.5 Correção do Exame

A correção do exame é realizada por etapas. Cada etapa tem um critério de avaliação conforme descrito nos itens a seguir.

6.5.1 Etapa I (Níveis 1 e 2)

Os itens a serem avaliados estão descritos na tabela abaixo:

ETAPA I	
Item	Descrição da atividade
1	Solicitação da documentação apropriada antes do início do exame
2	Realização da análise preliminar de todas as informações fornecidas, tais como identificação do objeto de ensaio, verificação da distribuição de sensores, restrições aplicáveis, questionamento ao examinador etc.
3	Montagem dos sensores e equipamento conforme instruções.
4	Configuração do software conforme instruções.
5	Verificação do funcionamento e acoplamento dos sensores. Caso necessário reinstalar os sensores abaixo da média e conduzir nova verificação.
6	Levantamento da curva típica de atenuação do CP.
7	Cálculo da velocidade de propagação da onda no corpo de prova.
8	Avaliação do ruído de fundo presente no local do exame e ajustes necessários.
9	Anotação das condições de ensaio e observações de ruído.
10	Verificação do funcionamento de todos os canais simultaneamente através de impacto global no objeto de teste, antes do início da aquisição de dados.

6.5.2 Etapa II (Nível 1)

Os itens a serem avaliados estão descritos na tabela abaixo:

ETAPA II	
Item	Descrição da atividade
1	Realização da aquisição de dados conforme instrução / procedimento
2	Atenção ao correto funcionamento da instrumentação durante a aquisição de dados.
3	Anotação das ocorrências durante o ensaio.
4	Conclusão do ensaio no tempo pré-determinado.
5	Verificação do funcionamento de todos os canais simultaneamente através de impacto global no objeto de teste, após a finalização da aquisição de dados.
6	Criação de uma cópia de segurança dos arquivos gerados durante a aquisição de dados.
7	Remoção e armazenamento do equipamento, e limpeza do local após a conclusão do exame.

6.5.3 Etapa II (Nível 2)

A etapa II é dividida em duas partes (II(A) e II(B)), descritas nos itens 7.3.1 e 7.3.2.

6.5.3.1 Etapa II(A) - Corpo de Prova

Os itens a serem avaliados estão descritos na tabela abaixo:

ETAPA II	
Item	Descrição da atividade
1	Realização da aquisição de dados conforme instrução / procedimento.
2	Atenção ao correto funcionamento da instrumentação durante a aquisição de dados.
3	Anotação das ocorrências durante o ensaio.
4	Conclusão do ensaio no tempo pré-determinado.
5	Verificação do funcionamento de todos os canais simultaneamente através de impacto global no objeto de teste, após a finalização da aquisição de dados.
6	Criação de uma cópia de segurança dos arquivos gerados durante a aquisição de dados.
7	Remoção e armazenamento do equipamento, e limpeza do local após a conclusão do exame.
8	Execução da análise no local e emissão de laudo conforme critério fornecido na tabela a seguir.
9	Emissão de relatório de ensaio com as informações mínimas requeridas pelo procedimento.

Os critérios para seleção das áreas críticas estão descritos na tabela a seguir:

Critério	Valor
Tempo de aquisição de dados	300 segundos
Número de eventos por cluster (150 mm x 150 mm)	≥ 50
Energia média por evento	≥ 850

A distribuição da pontuação depende dos resultados obtidos pelo candidato. São levados em consideração somente os seguintes critérios: 1) detecção de sinais característicos de defeitos comprometedores da integridade estrutural; 2) localização da fonte de emissão.

6.5.3.2 Etapa II(B) - Conjunto de Dados

A análise deve ser realizada em três tipos diferente de equipamento conforme tabela que segue.

Item
1. Vaso de pressão metálico
2. Cilindro metálico (sem costura)
3. Equipamento de PRF

A detecção das fontes deve incluir somente fontes representativas de dano ou defeito inaceitável (conforme procedimentos), ou seja, de criticidade relevante.

Os Critérios de Aceitação ou Rejeição dos equipamentos estão descritos nas tabelas a seguir.

- **Vasos de pressão metálicos**

<i>Critério</i>	<i>Valor</i>
Emissão durante o patamar(res)	Não mais que 50 sinais após 4 minutos iniciais.
Valor de contagem	Menor que 5000 por sensor para um incremento de 12% acima da pressão de operação.
Número de sinais	Não mais que 200 sinais acima de 65 dB por sensor.
Sinais de alta amplitude	Não mais que 20 sinais acima de 75 dB por sensor.
Energia	O valor da média das energias entre 50 % e 100% do incremento de carga é menor do que entre 0% e 50% . “Desconsiderar os tempos de patamares” .
Atividade	O valor total dos sinais acumulados entre 50% e 100% do incremento de carga é no máximo 15% superior ao valor entre 0% e 50% . “Desconsiderar os tempos de patamares” .
Limite de referência para avaliação dB	50 dB .
OBS: O vaso é rejeitado se não enquadrado em 2 ou mais critérios acima.	

- **Equipamentos de PRF**

<i>Critério</i>	<i>Valor</i>
Emissão durante o(s) patamar(es)	Nenhuma após os 2 minutos iniciais.
Valor de contagem	Menor que 200 por sensor durante todo o ensaio.
Número de sinais maiores que limite de referência [69 dB (inclusive)]	Menor do que 10 por sensor
OBS: O vaso é rejeitado apenas se não enquadrado em todos os critérios acima.	

- **Cilindro metálico (sem costura)**

<i>Emissão durante o ensaio</i>
5 ou mais eventos localizados em um comprimento menor ou igual a 5% da distância entre sensores.
OBS: O cilindro é rejeitado apenas se enquadrado neste critério.
NOTA: Utilizar a velocidade de 3.150 m/s para a localização dos eventos.

7. EXAME PRÁTICO PARA RECERTIFICAÇÃO

No exame de recertificação o candidato N1 deve executar o exame prático aplicado no exame de certificação. No exame de recertificação o candidato N2 deve executar o exame prático aplicado no exame de certificação, conforme Etapas 1 e 2 e elaboração da Instrução Escrita, sendo que na Etapa 2B o candidato deve inspecionar o Corpo de Prova de Vaso de Pressão Metálico. O candidato deve elaborar uma Instrução Técnica para Cilindro Metálico (PR-099) ou para Equipamento de PRF (PR-057). O tempo de prova é de 3 horas para nível 1 e 7 horas para nível 2. O ensaio deve ser realizado conforme os procedimentos PR-046, PR-057 e PR-099 em suas últimas revisões.

8. LISTA DE MATERIAIS PARA O EXAME PRÁTICO

8.1 O candidato deve providenciar para os exames o seguinte material:

- Sistema de emissão acústica completo:
 - i. CPU com sistema operacional adequado;
 - ii. placas para coleta de dados;
 - iii. software para coleta e análise de dados;
 - iv. monitor;
 - v. teclado;
 - vi. mouse;
 - vii. acessórios indispensáveis, tais como: cabos de energia; flash card/pen driver ou gravador de DVD para fazer cópia de segurança de dados etc.
- 4 sensores ressonantes a 150kHz;
- Pré-amplificadores de 40 dB de ganho, com filtros compatíveis a frequência de ressonância dos sensores (caso os sensores não possuam pré-amplificação integrada)
- Acoplante: graxa ou vaselina sólida para acoplamento dos sensores;
- Prendedores de sensor (magnéticos, fita, cola quente etc., o que for aplicável);
- Cabos coaxiais com conectores BNC (ou outro aplicável), para conexão dos sensores aos canais do sistema, impedância de 50 Ω (recomenda-se entre 4 e 5m).

8.2 O CE deve providenciar para os exames o seguinte material:

- Sistema gerador de forma de onda completo:
 - i. CPU com sistema operacional adequado;
 - ii. placa geradora de forma de onda: ARB 1410;
 - iii. software: WaveGen 1410;
 - iv. monitor;
 - v. teclado;
 - vi. mouse;
 - vii. acessórios indispensáveis, por exemplo, cabo de energia.
- 2 sensores ressonantes a 150kHz, sem amplificação integrada, para pulso de sinais;
- Cabos para conexão entre sensor de pulso e placa ARB 1410.
- Prendedor para o sensor de pulso (magnético, fita, cola quente etc., o que for aplicável);
- Trena;
- Material para preparo da superfície (lixa, escova de aço, trapo, papel toalha etc.).

9. INTERRUÇÃO DE EXAME

9.1 O examinador pode interromper o exame prático quando o candidato apresentar:

- a) Indisposição física orgânica ou emocional;
- b) Falta de equipamentos e/ou materiais necessários à realização do exame;
- c) Tentativa de fraude ou participação do exame de outro candidato. Neste caso ambos os exames são interrompidos e os candidatos considerados reprovados.

OBS.: Nas condições (a) e (b) acima o exame é interrompido, mas o candidato não é considerado reprovado.

9.2 Após solucionado o problema, o candidato deve solicitar à Abendi nova data para realização dos exames.

9.3 No caso de fraude, o candidato é considerado reprovado no exame e novo processo poderá ser iniciado somente após 12 meses.



10. RETORNO DE CANDIDATO REPROVADO

No caso de retorno do candidato reprovado, este deve executar apenas as Etapas que não obteve resultado satisfatório.

Nota: A Etapa II é dividida em duas partes (II(A) e II(B)), sendo consideradas, para efeito de correção, como etapas distintas.