

	NORMA TÉCNICA	Página 1/13
Título: AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE DE ATIVOS UTILIZANDO A TÉCNICA DE EMISSÃO ACÚSTICA		NTC-105
Aprovação Comissão Técnica Cepel-Eletrobras-Eletronuclear	Vigência 11/10/2023	1ª Edição

1. OBJETIVO

2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

3. DEFINIÇÕES

4. RESUMO DO MÉTODO DE EMISSÃO ACÚSTICA

5. SIGNIFICADO E USO

6. QUALIFICAÇÃO DE PESSOAS

7. SISTEMA DE MEDIÇÃO DE EMISSÃO ACÚSTICA

8. VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

9. CALIBRAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE EMISSÃO ACÚSTICA

10. PROCEDIMENTO DE ENSAIO

11. ANEXOS

1. OBJETIVO

Essa Norma Técnica tem por objetivo apresentar conceitos utilizados na inspeção por Emissão Acústica (EA), orientar a norma competente para montagem dos sensores e calibração/aferição dos instrumentos em casos específicos, além de referenciar os procedimentos normativos específicos para cada ativo a ser inspecionado.

2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

- 2.1. ABNT NBR NM ISO 9712, Ensaios não destrutivos – Qualificação e certificação de pessoal em END;
- 2.2. ABNT NBR 16593, Ensaio não destrutivo – Emissão Acústica – Procedimento para ensaio em cestas aéreas isoladas e não isoladas;
- 2.3. Norma NBR NM 326 – Ensaios Não Destrutivos – Montagem de Sensores Piezoelétricos de Contato para Emissão Acústica – Procedimento;
- 2.4. ABNT NBR NM 333 – Ensaios não destrutivos – Monitoração contínua por emissão acústica – Procedimento;
- 2.5. Norma NBR NM 339 – Ensaio não destrutivo – Ensaio de emissão acústica (EA) em vaso de pressão metálico durante o ensaio de pressão – Procedimento;
- 2.6. ABNT NBR NM – ISO 18081, Detecção de Vazamentos utilizando EA;
- 2.7. ABNT NBR 15633, Ensaios não destrutivos – Emissão acústica – Detecção e localização de descargas parciais e anomalias térmicas e mecânicas (DPATM) em transformadores de potência e reatores isolados a óleo;
- 2.8. ASME V– Artigo 12 – Acoustic Emission Examination of Metallic Vessels During Pressure Testing;
- 2.9. ASME V– Artigo 13 – Continuous Acoustic Emission Monitoring of Pressure Boundary Components;
- 2.10. ASME V – Artigo 29 – Acoustic Emission Standards;
- 2.11. ASME V – Artigo 30 – Terminology for Nondestructive Examinations Standard;

3. DEFINIÇÕES

3.1. Na Figura 1 podem-se observar seis parâmetros muito utilizados nas inspeções por emissão acústica: **Amplitude, Contagem, Duração, Limiar de detecção, Tempo do hit e Tempo de subida**. Além desses, existem mais dois importantes parâmetros de emissão acústica, não representados na figura: o RMS e o ASL. A seguir serão descritos os principais parâmetros utilizados na técnica de emissão acústica.

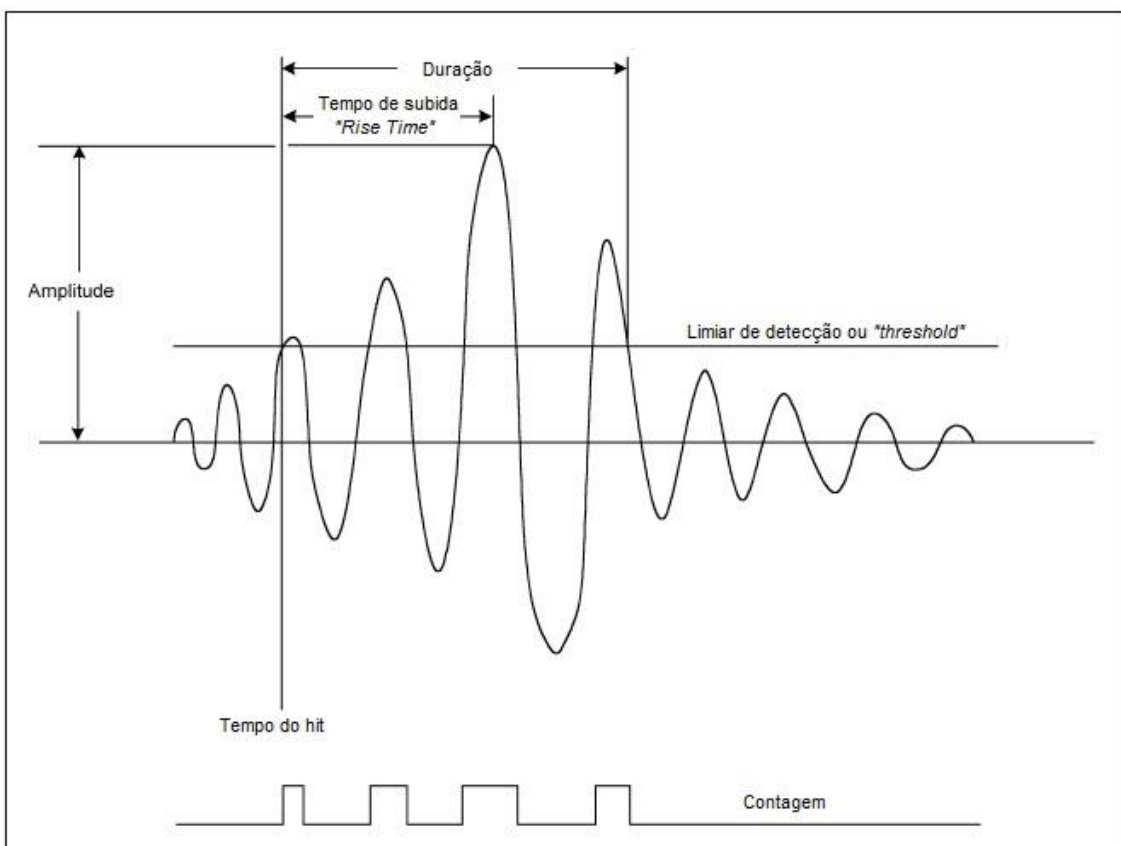


Figura 1 - Sinal típico de emissão acústica.

3.2. Hit: é o processo de detecção e medição de um sinal de emissão acústica em um canal, é iniciado quando o limiar de detecção é ultrapassado.

3.3. Amplitude: é o valor máximo de um sinal de emissão acústica dentro de um hit. A amplitude é expressa em decibel (dB) através da equação (1), onde temos que "V" é a tensão máxima em Volts [V], o "V_{ref}" é a tensão de referência em Volts [V], normalmente é de 10⁻⁶ V e o "Ganho (dB)" é o ganho utilizado no pré-amplificador que se utiliza de 40 dB.

$$dB = 20 * \log\left(\frac{V}{V_{ref}}\right) - \text{Ganho}(dB) \quad (1)$$

3.4. Contagem: é a quantidade de vezes que o sinal cruzou o limiar de referência dentro de um hit. Na Figura 1 o número de contagens é igual a quatro.

3.5. Duração: é definido como o tempo entre o primeiro e o último sinal que cruza o limiar de detecção dentro de um hit.

3.6. Limiar de detecção: Também conhecido como "Threshold", é o limite inferior de amplitude de detecção, acima do qual o sistema irá coletar os sinais. Exemplo: Caso o limiar de detecção esteja fixado em 40 dB, um sinal com amplitude de 35 dB não será adquirido.

3.7. Tempo do hit: também conhecido como "time of test clock", é o tempo no qual um hit foi detectado pelo sistema. Esta detecção ocorre no instante em que o limiar de detecção é

ultrapassado.

3.8. Tempo de subida: é definido como o tempo entre o início do hit e o valor máximo da amplitude dentro de um hit.

3.9. RMS: é uma unidade de medida utilizada para mensurar a potência do sinal acústico dentro de um hit, proveniente do termo em inglês "*Root Mean Square*", que significa média quadrática das raízes. A avaliação do sinal é realizada com intervalo de tempo constante, segundo a equação (2) a seguir, onde " s_i " é o sinal adquirido em Volts (V), o "n" é o número de sinais coletados dentro do intervalo de tempo estabelecido.

$$RMS(V) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (s_i)^2} \quad (2)$$

3.10. ASL: é uma unidade de medida utilizada para mensurar a variação média da amplitude dentro de um hit, proveniente do termo em inglês "*Average Signal Level*", que significa média dos sinais. A avaliação do sinal é realizada com intervalo de tempo constante, segundo a equação (3) a seguir, onde " s_i " é o sinal adquirido em decibel (dB) e o "n" é o número de sinais coletados dentro do intervalo de tempo estabelecido.

$$ASL = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (s_i) \quad (3)$$

4. RESUMO DO MÉTODO DE EMISSÃO ACÚSTICA

4.1. Emissão acústica é o termo utilizado para definir o fenômeno de propagação de ondas mecânicas em determinado meio. A técnica de emissão acústica teve suas primeiras aplicações na década de 1950, e desde então vem sendo muito utilizada na avaliação de integridade física de materiais, na detecção de fontes geradoras de descargas parciais em transformadores, no monitoramento da corrosão em fundos de tanques, na identificação de vazamentos em circuitos hidráulicos e/ou pneumáticos, apenas para citar alguns exemplos. Neste Documento, será demonstrado o princípio da técnica de emissão acústica na avaliação de defeitos em um material e na detecção e monitoramento da cavitação, além dos principais parâmetros desta técnica.

4.2. A Associação Francesa dos Engenheiros especialistas em Equipamentos Pressurizados - A.F.I.A.P, através do Guia "*Guide to Good Practice for Acoustic Emission (AE) Testing of Pressure Equipment (2004)*" apresenta os princípios da Técnica de Emissão Acústica aplicada na avaliação de integridade física de equipamentos pressurizados. Neste caso, a Emissão Acústica é um fenômeno físico que ocorre dentro do material e o seu termo é utilizado para definir a energia liberada pelo material na forma de ondas elásticas transientes. Deve-se garantir que os sensores selecionados atendam parâmetros tais como tamanho, peso, sensibilidade, frequência, resposta do modo de vibração e compatibilidade do meio ambiente e material durante o ensaio. A Figura 2 apresenta o princípio da técnica de Emissão Acústica na avaliação de defeitos internos em um material.

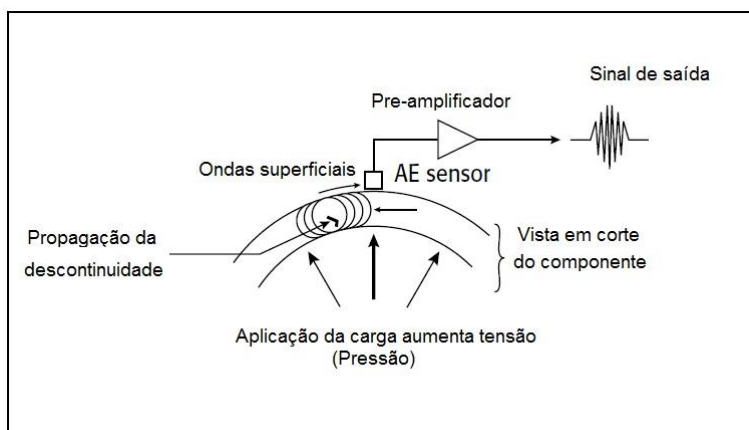


Figura 2 – Princípio da técnica de Emissão Acústica na avaliação de defeitos internos.

4.3. A aplicação de carga e/ou a presença de ambiente agressivo produz modificações internas tais como, crescimento de trincas, deformação plástica local, corrosão e em alguns casos mudança de fase o qual geram as ondas de Emissão Acústica. As ondas são detectadas através de sensores apropriados que convertem o movimento destas em um sinal elétrico. Estes sinais são processados por uma instrumentação capaz de indicar as fontes de emissão acústica com suas respectivas localizações.

5. SIGNIFICADO E USO

O método de inspeção por Emissão Acústica:

5.1. Proporciona um meio de avaliar emissões acústicas produzidas pela rápida liberação de energia de fontes localizadas em equipamentos, estruturas e/ou componentes sob carregamento controlado, quando não oriundas de descargas parciais. A liberação de energia resultante, que deve ser monitorada e interpretada por pessoa qualificada, ocorre durante a aplicação intencional de uma carga predeterminada e controlada.

5.2. Permite ensaiar a maioria dos componentes de um equipamento sob carregamento controlado, utilizando critérios objetivos para avaliação, e pode ser interrompido a qualquer tempo para investigar uma área particular de interesse ou para evitar uma falha parcial ou total desse equipamento.

5.3. Proporciona um meio de detecção de fontes de emissão acústica que podem ser defeitos ou descontinuidades ativas, ou ambos, que afetam a integridade ou o uso pretendido do equipamento.

5.4. Fontes de emissão acústica encontradas por este método de ensaio devem ser avaliadas por outros métodos de ensaios não destrutivos com objetivo de refinar a localização, extensão e caracterização da anomalia.

5.5. Áreas com defeitos encontrados por este método de ensaio devem ser avaliadas quanto à necessidade de reparo e caso realizado, o ensaio deve ser realizado novamente. Recomendações para procedimentos de reparo não compõem o escopo desta Norma.

6. QUALIFICAÇÃO DE PESSOAS

6.1. As inspeções por emissão acústica devem ser realizadas por profissionais qualificados e certificados segundo os critérios de preferência listados abaixo:

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

6.2. Quanto a qualificação e certificação dos profissionais, os Procedimentos de Ensaio devem ser atendidos plenamente.

7. SISTEMA DE MEDIÇÃO DE EMISSÃO ACÚSTICA

7.1. O sistema de medição de Emissão Acústica, descrito no Anexo I, deve ser capaz de obter dados em canais individuais dentro de uma faixa de frequência de 20 kHz a 400 kHz. O número de canais do sistema de medição deve ser determinado pelas características de atenuação do equipamento a ser ensaiado, de forma a proporcionar a sua cobertura total.

8. VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

8.1. A montagem dos sensores e a verificação do desempenho do sistema de medição devem estar em acordo com a Norma ABNT NBR NM 326:2014.

9. CALIBRAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE EMISSÃO ACÚSTICA

9.1. O sistema de medição de Emissão Acústica deve ser submetido a calibração completa e verificação funcional de acordo com a especificação do fabricante e em conjunto com a Norma ABNT NBR 15360.

10. PROCEDIMENTO DE ENSAIO

10.1. Vasos de Pressão

10.2. ABNT NBR 15194 – Emissão Acústica em Vasos de Pressão Metálicos.

10.3. Transformadores

10.4. ABNT NBR 15633, Ensaio não destrutivo — Emissão acústica — Detecção e localização de descargas parciais e anomalias térmicas e mecânicas (DPATM) em transformadores de potência e reatores isolados a óleo.

10.5. Cestas Aéreas

10.6. ABNT NBR 16593, Ensaio não destrutivo – Emissão Acústica – Procedimento para ensaio em cestas aéreas isoladas e não isoladas.

10.7. Vazamentos

10.8. ABNT NBR NM – ISO 18081, Detecção de Vazamentos utilizando EA.

10.9. Monitoramento Contínuo

10.10. ABNT NBR NM 333 - Ensaio não destrutivo - Monitoração contínua por emissão acústica – Procedimento.

11. ANEXOS

Anexo I – Requisitos de desempenho do sistema de medição.

Anexo I

Requisitos de desempenho do sistema de medição

Sensores

Sensores de EA devem ser estáveis dentro das faixas de temperatura de utilização e não podem apresentar variações de sensibilidade superiores a 3 dB dentro desta faixa.

Sensores devem ser protegidos contra radiofrequência e interferência de ruído eletromagnético, por meio da prática adequada de blindagem ou elemento diferencial (anticoincidente), ou ambos.

Sensores devem ter resposta omnidirecional, com variações não superiores a 4 dB a partir da resposta de pico.

Sensores de alta frequência, utilizados em componentes metálicos das cestas aéreas, devem ter a frequência de ressonância primária em $150 \text{ kHz} \pm 10 \text{ kHz}$. A sensibilidade mínima deve ser de -80 dB referente a 1 V/microbar , ou -40 dB para sensores de pré-amplificação integrais, conforme determinado em uma calibração face a face da frequência ultrassônica de varredura. Os sensores de EA não podem variar, na sensibilidade de pico, mais de 3 dB a partir da média.

Os sensores de baixa frequência, utilizados em componentes de fibra de vidro das cestas aéreas, podem ter a frequência de ressonância primária em $60 \text{ kHz} \pm 10 \text{ kHz}$. A sensibilidade mínima deve ser equivalente ou superior a acelerômetros de alta sensibilidade projetados para utilização a 60 kHz

Cabo de Sinal

O cabo de sinal, entre o sensor e o pré-amplificador, não pode exceder a 1,8 m de comprimento, e deve ser blindado contra interferências eletromagnéticas.

Este requisito é omitido quando o pré-amplificador é montado na caixa do sensor, ou quando utilizado um controlador de linha (impedância combinada).

Pré-amplificador

O pré-amplificador pode ser separado ou montado na caixa do sensor.

Para sensores com pré-amplificadores integrados, as características de resposta de frequência podem estar dentro de uma faixa coerente com a frequência de funcionamento do sensor.

Se o pré-amplificador for do tipo diferencial, deve ser previsto um mínimo de 40 dB de rejeição de ruído em modo comum. Resposta de frequência não filtrada não pode variar mais de 3 dB na faixa de frequência de 20 kHz a 400 kHz e dentro da faixa de temperatura de utilização.

Filtros

Filtros devem ser do tipo passa-banda ou passa-alta, e devem fornecer atenuação mínima de sinal de -24 dB/oitava .

Os filtros podem ser localizados no pré-amplificador ou em circuitos após o pré-amplificador, ou podem ser integrados ao projeto de componentes do sensor, pré-amplificador ou processador, para limitar a resposta de frequência.

Características dos filtros ou dos projetos integrados, ou ambos, devem assegurar que a frequência de processamento principal para sensores de alta frequência não seja inferior a 100 kHz e para sensores de baixa frequência, não inferior a 25 kHz.

Cabo de força e de sinal

O cabo que fornece energia para o pré-amplificador e que conduz o sinal amplificado para o processador principal deve ser blindado contra ruídos eletromagnéticos.

A perda de sinal não pode ser maior do que 1 dB/30 m de comprimento do cabo. O comprimento máximo de cabo recomendado, para evitar excessiva atenuação do sinal, é de 152 m.

São permitidos sinais digitais, ou por transmissão de rádio, de acordo com as normas para a transmissão dessas formas de sinal.

Amplificador Principal

O amplificador principal, se utilizado, deve ter resposta de sinal com variações não superiores a 3 dB, dentro da faixa de frequência de 20 kHz a 400 kHz, na faixa de temperatura de utilização.

O amplificador principal deve ter ganho ajustável, ou um limiar de referência ajustável, para detecção de eventos e contagem.

Processador Principal

O processador principal deve ter canais de entrada independentes para processamento de sinais de eventos.

O processamento independente das contagens, eventos e amplitude (por evento) para cada canal é preferível, mas, no mínimo, dois circuitos de processamento ativo devem processar as informações de contagem e de amplitude para canais acoplados em partes metálicas e em fibra de vidro, de forma independente.

O sistema deve ser capaz de processar e armazenar pelo menos 100 eventos por segundo para períodos limitados.

Para detecção da amplitude de pico, a faixa dinâmica utilizável deve ser de no mínimo 60 dB com 5 dB de resolução, na faixa de frequência de 20 kHz a 400 kHz, e na faixa de temperatura de uso. Não pode ser permitido mais do que 2 dB de variação na precisão da detecção do pico dentro da faixa de temperatura de utilização. Valores de amplitude podem ser determinados em volts ou dB, mas devem ser referenciados para uma saída do sistema (sensor ou pré-amplificador), com ganho fixo.

A localização da fonte, utilizando processamento da diferença de tempos de chegada entre os canais, é opcional, e pode ser utilizada onde esse processamento melhora a identificação da fonte na estrutura. No entanto, a utilização de algoritmo de localização não pode impedir o processamento das informações de cada sensor ou primeiro sinal.

Em relação a saídas de sinais e registro, o processador deve fornecer saídas para registro permanente, no mínimo para:

- a) eventos por canal (eventos em função do tempo);
- b) contagens em função do tempo ou de carga;
- c) distribuição de amplitude por canais;
- d) carga em função do tempo.

As saídas requeridas devem ser baseadas nas informações de primeiro sinal.

Dispositivo para medição de carga

A célula de carga, ou outro dispositivo de medição de carga, deve ser capaz de registrar as cargas aplicadas durante o ensaio, dentro de sua faixa de calibração.

O dispositivo deve ser calibrado nos intervalos recomendados, de acordo com as especificações do fabricante.

O erro percentual para as cargas, dentro da faixa de carga e de leitura, não pode exceder $\pm 1,0$ % da leitura.

Em leituras de carga que possuem intervalos de múltiplas capacidades, a carga verificada de cada faixa não pode exceder $\pm 1,0$ % da leitura.

Uma saída eletrônica do dispositivo de medição de carga, proporcional à carga aplicada, deve ser devidamente condicionada e amplificada para atender aos requisitos de registro utilizado.