

1. OBJETIVO

Esta norma estabelece a sistemática adotada pela Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos – ABENDI para a qualificação e certificação de pessoas que realizam análises de vibração para monitoração do estado e diagnóstico de falha das máquinas.

2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

ISO 9712: Ensaio não destrutivo - Qualificação e certificação de pessoal

ISO 18436-2 Condition monitoring and diagnostics of machines – Requirements for training and certification of personnel – Part 2: Vibration condition monitoring and diagnostics

CM/GEN Appendix D – Specific requirements for qualification and certification of vibration analysis condition monitoring personnel – BINDT - British Institute of Non-Destructive Testing.

3. SIGLAS E DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta norma são adotadas as seguintes siglas e definições.

3.1 Siglas

- 3.1.1 ABENDI: Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção.
- 3.1.2 BC: Bureau de Certificação
- 3.1.3 CC: Conselho de Certificação
- 3.1.4 CEQ: Centro de Exames de Qualificação
- 3.1.5 END: Ensaios Não Destrutivos
- 3.1.6 SNQC: Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoas

3.2 Definições

3.2.1 Autorização de trabalho

Declaração escrita emitida pelo empregador e assinada em conjunto com o profissional Categoria 4 da empresa, baseada no escopo da certificação, autorizando o profissional certificado a executar tarefas definidas.

Nota: Tal autorização pode ter como pré-requisito um treinamento específico de trabalho conforme definido pelo N3.

3.2.2 Análise de vibração

Processo de avaliação do comportamento dinâmico das máquinas utilizando sinais de vibração através de instrumentos analógicos e/ou de processamento digital e o conhecimento das características de projeto e funcionamento das máquinas.

3.2.3 Candidato

Pessoa que preencheu os pré-requisitos especificados que lhe permitem participar do processo de certificação.

3.2.4 Certificação

Procedimento usado pela ABENDI para confirmar que as exigências de qualificação para uma determinada categoria foram atendidas, resultando na emissão de um certificado.

3.2.5 Certificado

Documento emitido pela ABENDI sob as condições desta Norma, indicando que a pessoa identificada demonstrou as competências definidas no certificado.

3.2.6 Conduta Antiética

Atitude tomada pelo profissional que infringe o código de ética estabelecido pelo Conselho de Certificação.

3.2.7 Diagnóstico

Interpretação dos sinais de vibração e análise do comportamento dinâmico das máquinas para identificação das causas de mau funcionamento.

3.2.8 Exame de Qualificação

Exame administrado pela ABENDI, que avalia o conhecimento e habilidade do candidato em desenvolver as competências requeridas.

3.2.9 Empregador

Organização privada ou pública que emprega pessoas através de rendimentos ou salários diretos. No caso de autônomo este é considerado empregador, devendo assumir todas as responsabilidades atribuídas a este.

3.2.10 Interrupção significativa

Ausência ou mudança da atividade para a qual o profissional foi certificado, sendo impedido de praticar as atribuições correspondentes à categoria no método e setores, dentro do escopo da certificação, por um período superior a um ano, ou dois ou mais períodos por um tempo total que exceda 24 meses.

Nota: férias e feriados previstos na lei, ou período de afastamento por doença ou treinamento com duração inferior a 30 dias não devem ser considerados quando do cálculo do tempo de interrupção.

3.2.11 Monitoração

Processo de medir as vibrações, acompanhar a tendência e analisar os desvios em relação ao comportamento dinâmico típico da máquina, para avaliar seu estado de funcionamento.

3.2.12 Monitor

Pessoa devidamente habilitada para conduzir os exames teóricos de qualificação

3.2.13 Categoria de Qualificação

Categoria profissional atribuída a um indivíduo, decorrente da comprovação formal de seus conhecimentos, competências, habilidades e aptidões, que capacitam o profissional a exercer atividades previamente definidas.

3.2.14 Qualificação

Demonstração de aptidão física, treinamento, experiência, conhecimentos e habilidades requeridas para o adequado desempenho de suas funções.

3.2.15 Cancelamento da certificação

Ato de tomar nula a certificação do profissional.

3.2.16 Suspensão da certificação

Ato que suspende temporariamente a certificação do profissional.

3.2.17 Rota

Série de pontos para medidas sistemáticas, com definição dos parâmetros de medição, análise e alarme das vibrações, ordenados na sequência dos grupos de máquinas ou pela posição geográfica nas áreas da planta.

4. SISTEMÁTICA PARA QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO

4.1 Geral

A certificação é obtida pelo candidato através da execução de exames de qualificação.

A certificação em qualquer das modalidades de qualificação pressupõe o preenchimento de pré-requisitos relacionados com grau de escolaridade, aptidão física, treinamento e/ou experiência profissional, em concordância com os termos dos Documentos Complementares à presente Norma.

O órgão da ABENDI responsável pela qualificação e certificação de pessoas é o Conselho de Certificação, apoiado por órgãos executivos e consultivos, constituídos pelo Bureau de Certificação e pelos Comitês Setoriais.

A ABENDI deve:

- a) receber os pedidos de exame de qualificação;
- b) analisar o atendimento aos pré-requisitos estabelecidos no item 6;
- c) manter cadastro atualizado dos profissionais certificados;
- d) emitir certificados e documentos de identificação dos profissionais certificados;
- e) receber e analisar a documentação comprobatória de atividade profissional;
- f) comunicar formalmente os casos de suspensão e cancelamento da certificação;
- g) aplicar os exames teóricos.

4.2 Empregador

O empregador deve encaminhar o candidato para a ABENDI, bem como deve documentar a validade das informações pessoais prestadas. A documentação deve conter declarações de formação escolar, treinamento e experiência profissional necessários para estabelecer a elegibilidade do candidato. O empregador não deve estar diretamente envolvido com o processo de certificação.

O empregador deve assumir responsabilidade total pelos trâmites que envolvem autorização para trabalhar, incluindo a validade dos resultados.

Se o profissional for seu próprio empregador, ou se apresentar sozinho, deve assumir todas as responsabilidades que foram especificadas para o empregador ou agência responsável.

O profissional que não possui vínculo empregatício pode ser considerado empregador próprio individual e deve assumir toda a responsabilidade descrita para o empregador.

5. CATEGORIAS DE COMPETÊNCIA

5.1 Observações gerais

Os profissionais certificados de acordo com essa Norma são classificados em quatro categorias crescentes de qualificação. Os profissionais devem demonstrar competência nos conceitos de medida e análise de vibrações para monitoração e diagnóstico das máquinas em função de sua classificação, como indicado no Anexo A.

5.2 Categoria 1 – Coletor de Dados de Vibração

Os profissionais que atendem aos requisitos para Coletor de Dados de Vibração devem ser reconhecidos como sendo qualificados para realizar atividades elementares de medição de vibração e acompanhamento do estado das máquinas, utilizando instrumentos de um canal. Eles não devem ser responsáveis pela escolha de sensores,

nem pela análise ou avaliação dos resultados das medições, exceto para identificar condições de alerta a partir de categorias pré-estabelecidas.

Os Coletores de Dados de Vibrações devem estar habilitados para:

- a) operar instrumentos portáteis (coletores/analísadores) com rotas pré programadas,
- b) fazer leituras de monitores permanentes,
- c) transferir os resultados para o banco de dados e carregar rotas do computador,
- d) realizar medidas nas máquinas operando em regime permanente, seguindo procedimento pré definidos,
- e) comparar níveis de vibrações contra valores de alerta pré estabelecidos,
- f) cuidar, operar com segurança e realizar testes funcionais básicos nos instrumentos portáteis, e
- g) informar sobre anormalidades no funcionamento das máquinas através de inspeção sensitiva.

5.3 Categoria 2 – Analista de Vibração

Os profissionais certificados como Analista de Vibração são pessoas qualificadas que estão habilitadas para realizar medidas e análises elementares de vibração em equipamentos industriais, utilizando instrumentos de um canal, sem e com sinal de *trigger* para indicação de fase, seguindo procedimentos comprovados e pré estabelecidos.

O profissional certificado para Categoria 2 deve acumular todo o conhecimento e habilidades estabelecidas para a Categoria 1 e também estar qualificado para:

- a) selecionar a técnica apropriada para medir vibrações nas máquinas,
- b) programar o instrumento com a resolução apropriada de amplitude, frequência e tempo,
- c) realizar análises elementares de vibração em componentes e máquinas como eixos, mancais, engrenagens, ventiladores, bombas e motores usando analisadores de espectro,
- d) manter atualizada a base de dados e registros de tendência, e carregar rotas do computador,
- e) orientar a realização de balanceamentos de campo em um plano,
- f) realizar testes de impacto elementares para determinação de frequências naturais, com instrumentos de um canal,
- g) classificar, interpretar e avaliar os resultados das medidas – incluindo testes de aceitação (comissionamento) – de acordo com especificações e normas aplicadas ao caso,
- h) recomendar ações corretivas simples.

5.4 Categoria 3 – Especialista em Análise de Vibração

Os indivíduos certificados como Especialistas em Análise de Vibração devem estar qualificados para realizar e/ou dirigir programas para monitoração e diagnóstico das máquinas por análise de vibrações, de acordo com procedimentos comprovados e pré-estabelecidos.

O profissional certificado para Categoria 3 deve acumular todo o conhecimento e habilidades estabelecidas para a Categoria 2 e também estar qualificado para:

- a) selecionar a técnica apropriada para análise de vibrações das máquinas,
- b) especificar a instrumentação de vibrações adequada, *hardware* e *software*, para sistemas portáteis e de monitoração permanente,
- c) medir e fazer diagnósticos através de analisador de espectros de frequência de um e dois canais e de registros em função do tempo, como formas de onda e sinais de orbitação, com as máquinas operando em regime e nos transitórios, sem e com *trigger* para indicação de fase,
- d) estabelecer programas de monitoração de vibrações, incluindo a escolha das máquinas para monitoração contínua ou periódica, intervalo de medição, formação das rotas, etc. e, inclusive, com a especificação dos níveis de vibração e critérios de aceitação para máquinas novas,
- e) medir e analisar formas elementares de deformação das máquinas em operação,
- f) conhecer e ser capaz de definir o uso de tecnologias complementares de monitoração como, termografia, análise de corrente elétrica de motores e análise de óleo,
- g) recomendar ações corretivas para as máquinas como balanceamento, alinhamento e troca das partes desgastadas,
- h) usar técnicas de *envelope* (demodulação da aceleração),

- i) supervisionar balanceamentos de campo em dois planos,
- j) verificar a calibração dos instrumentos de medida de vibração,
- k) reportar para a gerência sobre os objetivos do programa, orçamentos, justificativas de custos e desenvolvimento (desempenho) do pessoal,
- l) preparar relatórios sobre o estado dos equipamentos, ações corretivas recomendadas e avaliando a eficiência dos reparos, e
- m) estabelecer instruções e direcionamento técnico para Categorias 1 e 2.

5.5 Categoria 4 – Especialista Sênior em Análise de Vibração

Os indivíduos certificados como Especialista Sênior em Análise de Vibração devem estar qualificados para realizar e/ou dirigir todos os tipos de programas de medida e análise de vibrações para monitoração e diagnóstico das máquinas.

O profissional certificado para Categoria 4 deve acumular todo o conhecimento e habilidades estabelecidas para a Categoria 3 e também estar qualificado para:

- a) aplicar a teoria e técnicas de análise de vibrações, incluindo medida e interpretação dos resultados de analisadores de espectro de dois ou mais canais, assim como, utilizar as funções de resposta de frequência, fase e coerência,
- b) conhecer e realizar análise de sinais, com processamento no domínio do tempo (incluindo as órbitas) e da frequência, respeitando as limitações dessas técnicas,
- c) determinar as frequências naturais, modos de vibrar e amortecimento dos sistemas mecânicos incluindo, componentes, máquinas e estruturas acopladas,
- d) determinar o modo de vibrar das máquinas em operação e das estruturas acopladas e recomendar ações para correção de problemas,
- e) utilizar técnicas avançadas de análise de vibrações, para identificação das características dinâmicas e diagnóstico de falhas,
- f) aplicar os princípios básicos da dinâmica dos sistemas rotor-mancais para diagnóstico e correção de problemas,
- g) supervisionar balanceamento em múltiplos planos por métodos avançados,
- h) recomendar ações corretivas e/ou modificações de projeto, incluindo o reparo ou troca de componentes, isolamento, amortecimento e ajuste da frequência natural por mudanças de rigidez e massa do sistema,
- i) orientar as atividades das demais categorias,
- j) reconhecer vibrações causadas por ressonâncias acústicas e pulsações de pressão em máquinas como compressores alternativos e de parafusos; medir os parâmetros necessários e recomendar formas de correção, e
- k) recomendar ações corretivas para máquinas com rigidez mecânica insuficiente nos apoios e chumbadores e problemas similares nas bases e fundações.

6. PRÉ-REQUISITOS PARA CANDIDATOS À QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO

6.1 Observações gerais

Os candidatos, em qualquer das 4 categorias, devem atender aos pré requisitos relacionados com o grau de escolaridade, treinamento e experiência profissional para garantir que atendam os procedimentos aplicáveis às medidas e análises de vibrações em máquinas.

6.2 Escolaridade

6.2.1 O candidato a Categoria 1 deve ter concluído o ensino médio.

6.2.2 Os candidatos às Categorias 2 e 3 devem ter concluído o curso técnico de nível médio, conforme relação aprovada pela ABENDI.

6.2.3 O candidato a Categoria 4 deve ter concluído o ensino superior nas áreas das ciências exatas.

6.2.3.1 Alternativamente pode ser aceito candidato a Categoria 4 que possuir certificação Categoria 3 no método desde que comprove possuir uma experiência de pelo menos 10 anos.

6.3 Treinamento

6.3.1 Treinamento Geral

O candidato deve fornecer evidências aceitáveis, pela ABENDI, de ter completado com sucesso o treinamento aprovado pela ABENDI baseado nos requisitos do Anexo A. Os provedores de treinamento devem emitir prova documental da realização do treinamento.

A duração mínima acumulada do treinamento em horas está definida na Tabela 1.

Tabela 1 – Duração mínima acumulada do treinamento em horas

Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4
32	70	110	174

6.3.2 Treinamento específico sobre máquinas

Além das horas de treinamento mostradas na Tabela 1 e detalhadas no Anexo A, recomenda-se aos candidatos apresentarem evidência de um treinamento específico sobre máquinas e componentes por um período pelo menos igual à metade do tempo previsto na Tabela 1.

Este treinamento deve incluir rolamentos, engrenagens, redutores, motores elétricos, isolamento de vibração e montagens.

6.4 Experiência Profissional

Para estar apto a solicitar a certificação, o candidato deve fornecer evidências à ABENDI de experiência em monitoração e diagnóstico de máquinas. Os prazos mínimos de experiência são mostrados na Tabela 2.

Para cada categoria mais alta, é esperada uma maior abrangência e profundidade na experiência adquirida, em relação à categoria imediatamente anterior.

Tabela 2 – Duração mínima acumulada de experiência em meses

Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4
6	18	36	60

Nota: Os meses indicados representam o total de meses acumulados de experiência para cada classificação. A experiência de trabalho em meses é baseada em 40 horas semanais (175 h/mês).

6.5 Acesso direto à Categoria 2

Os candidatos podem solicitar o acesso direto à Categoria 2, sem necessidade de ter obtido previamente a certificação como Categoria 1, com a condição de que eles demonstrem evidências comprováveis com documentos de treinamento e experiência que satisfaça os requisitos de qualificação para ambas as Categorias 1 e 2. Com essas evidências comprovadas, o candidato está habilitado para realizar os exames de qualificação Categoria 2.

Os candidatos devem comprovar o somatório da experiência exigida para às Categorias 1 e 2, conforme esta Norma, em análise de vibrações baseada nas atribuições da Categoria 2. Os candidatos devem fornecer evidências de terem completado um curso de treinamento equivalente (cobrindo o programa de estudos contido no Anexo A) e que tenha pelo menos a duração especificada nesta Norma.

7. EXAMES DE QUALIFICAÇÃO

7.1 Conteúdo do Exame

O exame teórico deve abranger questões tipo múltipla escolha que avaliem o conhecimento das atividades de Análise de Vibrações. Para cada categoria de certificação os candidatos devem responder a um número fixo de questões de múltipla escolha no tempo determinado, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Formato dos exames de qualificação

Classificação	Número de questões	Tempo (horas)
Categoria 1	50	2
Categoria 2	100	3
Categoria 3	100	4
Categoria 4	60	5

As questões devem ter natureza prática e, ainda assim, testar os candidatos sobre os conceitos e princípios requeridos para realizar avaliações sobre o estado das máquinas.

As questões podem envolver a interpretação de registros e gráficos. Também devem ser solicitados cálculos matemáticos elementares, usando uma calculadora científica simples; junto com as questões do exame deve ser fornecido um sumário das fórmulas mais comuns.

7.2 Pontuação de Exames de Qualificação

O candidato é considerado aprovado se obtiver aproveitamento mínimo de 75%.

7.3 Realização do Exame

7.3.1 Os exames devem ser conduzidos e supervisionados pelo Setor de Certificação em locais previamente definidos.

7.3.2 Qualquer candidato que durante o transcorrer do exame não se ater às regras do exame ou praticar, ou for cúmplice, de conduta fraudulenta deve ser proibido de prosseguir com sua participação.

7.4 Habilitação para Exames de Qualificação

O uso de calculadoras científicas é permitido durante os exames, desde que não armazenem programas, fórmulas ou dados relevantes para monitoração do estado das máquinas.

Para habilitar-se a exames de qualificação, os candidatos devem apresentar ao Setor de Certificação solicitação acompanhada de toda documentação comprobatória requerida para demonstrar o cumprimento dos pré-requisitos exigidos.

7.5 Reexame

7.5.1 O candidato excluído por conduta antiética deve aguardar pelo menos um ano antes de reinscrever-se.

7.5.2 O candidato que não obtiver grau suficiente para passar no exame de qualificação deve aguardar, no mínimo, 30 dias para realizar outro exame.

8. CERTIFICAÇÃO

8.1 Emissão do Certificado

Baseado nos resultados dos exames de qualificação, a ABENDI, através do Setor de Certificação, emite um certificado e uma carteirinha explicitando a categoria para a qual o profissional está qualificado e certificado.

A certificação através da ABENDI atesta que o profissional atendeu satisfatoriamente a todos os requisitos desta Norma. Todavia, a ABENDI não confere autoridade ou licença para que o profissional possa executar atividades em Análise de Vibrações.

8.2 Responsabilidade Técnica

A certificação do SNQC atesta que o profissional atendeu satisfatoriamente todos os requisitos deste documento; todavia o SNQC não confere autoridade ou licença para que o profissional possa executar os trabalhos de Análise de Vibrações.

O empregador deve verificar a validade da certificação e a adequação desta às condições específicas do trabalho.

O empregador é o único responsável pela autorização de trabalho do profissional.

8.3 Validade da certificação

8.3.1 A certificação dos profissionais em qualquer das categorias tem um prazo de validade de 60 meses, a contar da data de emissão do certificado.

8.3.2 A suspensão da certificação torna nula a atuação do profissional para as atividades-objeto suspensão. Findo o prazo da suspensão e atendida as exigências estabelecidas pela ABENDI, o profissional readquire o direito de exercer as atividades para as quais possui a certificação.

8.3.3 A certificação deve ser suspensa:

- a) por desempenho insatisfatório comprovado através de avaliação formal, até que o profissional seja aprovado em um exame de recertificação ou apresente evidências de retreinamento, conforme decisão do Bureau de Certificação;
- b) se ocorrer uma interrupção significativa na atividade profissional dentro do escopo da certificação, até que o indivíduo seja aprovado em um exame de certificação;
- c) se o indivíduo falhar na recertificação, até que o profissional seja aprovado em um exame de recertificação ou em um novo exame de certificação; ou
- d) se o indivíduo não solicitar o exame de recertificação ou a renovação até a data de validade da certificação.

8.3.4 O cancelamento da certificação torna nula a certificação do profissional, de forma definitiva. O nome do profissional cuja certificação foi cancelada deve ser retirado da lista de profissionais certificados. O profissional pode realizar um novo exame de qualificação após o tempo mínimo estipulado pela ABENDI.

8.3.5 A certificação só pode ser cancelada após análise do Conselho de Certificação.

8.4 Renovação

Antes de completar o primeiro período de validade da certificação, a ABENDI pode renová-la por um novo e igual período sempre que o profissional apresente evidências documentadas de atividade operacional contínua e satisfatória, relevante ao certificado, sem interrupção significativa.

Se o critério de renovação não for atendido, o profissional deve seguir as mesmas regras para a recertificação.

8.5 Recertificação

Antes do término do segundo período de validade, ou pelo menos a cada dez anos, o profissional certificado deve ser recertificado por um período similar de tempo, desde que ele atenda os critérios e completar com sucesso um exame que permita a verificação da atualização dos seus conhecimentos.

8.6 Ações Fraudulentas

Qualquer candidato que, durante o transcorrer do exame de qualificação, não se ater às regras do exame ou praticar, ou for cúmplice, de conduta fraudulenta deve ser proibido de prosseguir com sua participação e este deve ser excluído do processo de qualificação devendo aguardar mais 1 ano para reiniciá-lo. O monitor deve comunicar o fato à ABENDI para registro e providências.

8.7 Registros

A ABENDI deve manter:

- a) uma lista atualizada de todos os certificados individuais emitidos;
- b) um arquivo separado para cada candidato que não tenha sido certificado por no mínimo três anos da aplicação do último exame;
- c) arquivos separados, para cada profissional certificado e para cada profissional cuja certificação expirou, contendo:
 - prontuário;
 - resultados de exames teóricos;
 - motivos para a suspensão e cancelamento da certificação.

Os registros devem ser mantidos em condições adequadas de segurança e confidencialidade por, pelo menos, um período de cinco anos e nunca inferior ao prazo de validade do certificado.

Anexo A**Requisitos dos cursos de treinamento para medida e análise de vibrações visando a monitoração do estado e diagnóstico de falhas das máquinas****Tabela A.1 – Resumo**

Matérias Envolvidas	Horas de treinamento			
	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4
1. Princípios das vibrações	6	4	2	4
2. Medidas de vibração	8	4	2	2
3. Processamento digital de sinais	2	4	3	8
4. Monitoração do estado das máquinas	2	4	3	1
5. Diagnóstico de falhas	2	4	8	6
6. Ações corretivas	2	4	6	16
7. Conhecimento sobre equipamentos	8	4	4	-
8. Ensaios de aceitação	2	2	2	-
9. Ensaios de equipamentos e diagnóstico	-	2	3	4
10. Normas de referências	-	2	2	2
11. Relatório de resultados e documentação	-	2	2	4
12. Avaliação da severidade das vibrações	-	2	3	3
13. Dinâmica de rotores e mancais	-	-	-	14
Total de horas de treinamento / Categoria:	32	38	40	64

Tabela A.2 – Lista detalhada de tópicos e horas de treinamento

Matérias	Categoria			
	1	2	3	4
1. Princípios das vibrações	6	4	2	4
Movimentos vibratórios básicos	*	*	*	
Período, frequência (cpm, Hz, ordens)	*	*	*	
Amplitude (intensidade): valor de pico, pico a pico, rms (eficaz)	*	*	*	
Parâmetros (grandezas): deslocamento, velocidade, aceleração	*	*	*	
Unidades, conversão de unidades	*	*	*	
Registros no domínio do tempo e da frequência	*	*	*	
Vetores, modulação			*	*
Determinação da fase		*	*	*
Frequência natural, ressonância, velocidade crítica	*	*	*	*
Força de inércia, resposta, rigidez, amortecimento,			*	*
Instabilidades, sistemas não lineares				*
2. Medidas de vibração	8	4	2	2
Instrumentação: pré-amplificadores, filtros, medidores de nível	*	*	*	*
Faixa dinâmica, relação sinal ruído			*	*
Transdutores: tipo, localização, montagem, conectores, cabos	*	*	*	
Fixação dos sensores, frequência natural da montagem	*	*	*	
Frequência F_{max} , tempo de aquisição		*	*	
Convenção dos sensores de proximidade		*	*	
Trigger		*	*	
Planejamento de ensaios		*	*	
Procedimentos de ensaios	*	*	*	*
Formatação de dados		*	*	
Banco de dados do computador, carregar e descarregar	*			
Avaliação de sinais espúrios	*	*	*	

Tabela A.2 – (continuação)

Matérias	Categoria			
	1	2	3	4
3. Processamento digital de sinais	2	4	3	8
Medida do valor rms (eficaz) e de pico				*
Conversão analógica / digital				*
Medição analógica, amostragem / aquisição digital		*	*	*
Computação do algoritmo FFT (Transformada Rápida de Fourier)			*	*
Aplicação do algoritmo FFT	*	*		
Janelas de aquisição: uniforme, hanning, flat-top		*	*	
Filtros: passa baixa, passa alta, passa banda, seguidores		*	*	*
Filtro “anti-aliasing”		*	*	*
Largura da banda e resolução		*	*	*
Médias: lineares, síncronas no tempo, exponenciais		*	*	*
Determinação da faixa dinâmica		*	*	*
Relação sinal ruído				*
Mapas espectrais			*	*
4. Monitoração do estado das máquinas	2	4	3	1
Levantamento e manutenção do banco de dados das máquinas			*	
Classificação dos equipamentos, plano de monitoração		*		
Projeto do plano de monitoração		*	*	*
Especificação de alarmes: banda estreita, “envoltória”			*	
Definição da linha de base, tendência		*	*	
Planejamento, formação de rotas		*	*	
Tecnologias (preditivas) complementares: análise de óleo, termografia infravermelha, análise da corrente dos motores, emissão acústica			*	*
Identificação da condição de funcionamento e falha	*	*		

Tabela A.2 – (continuação)

Matérias	Categoria			
	1	2	3	4
5. Diagnóstico de falhas	2	4	8	6
Análise de espectros, harmônicos, bandas laterais		*	*	*
Análise de formas de onda			*	*
Análise da fase			*	*
Análise de sinais transitórios			*	*
Análise de órbitas			*	*
Análise da posição do centro de rotação dos eixos			*	*
Análise do sinal demodulado, “envelope”			*	*
Desbalanceamento de massa		*	*	
Desalinhamento		*	*	
Folgas mecânicas		*	*	
Rozamento, instabilidades			*	*
Defeitos dos mancais: rolamentos, de filme de óleo		*	*	
Defeitos de máquinas elétricas		*	*	*
Vibrações induzidas por escoamentos aerodinâmicos e hidrodinâmicos			*	*
Defeitos de engrenagens		*	*	
Ressonâncias e velocidades críticas		*	*	*
Turbomáquinas			*	*
Reconhecimento de falhas em geral	*			
6. Ações corretivas	2	4	6	16
Alinhamento de eixos		*	*	
Balanceamento de campo		*	*	*
Substituição de elementos de máquinas			*	
Controle de fluxo			*	*
Isolamento e amortecimento			*	*
Controle de ressonâncias			*	*
Ações básicas de manutenção	*	*	*	

Tabela A.2 – (continuação)

Matérias	Categoria			
	1	2	3	4
7. Equipamentos	8	4	4	-
Motores elétricos, geradores e acionadores	*	*	*	
Bombas e ventiladores	*	*	*	
Turbinas a vapor e turbinas a gás		*	*	
Compressores	*	*	*	
Máquinas recíprocas		*	*	
Máquina de papel, cilindros secadores e outros equipamentos de processo	*	*	*	
Máquinas ferramentas	*	*	*	
Estruturas, tubulação	*	*	*	
Redutores e multiplicadores	*	*	*	
Mancais de rolamentos		*	*	
Mancais de deslizamento		*	*	
Sistemas de engrenamento		*	*	
Acoplamentos e correias		*	*	
8. Ensaios de aceitação	2	2	2	-
Procedimento de ensaios	*	*		
Especificações e normas		*	*	
Relatórios		*	*	
9. Equipamentos para ensaios e diagnósticos	-	2	3	4
Ensaio de impacto		*	*	*
Ensaio de resposta forçada		*	*	*
Análise de transitórios			*	*
Funções de transferência				*
Estimação do amortecimento				*
Determinação de fase, coerência				*
Modos de vibrar operacional			*	*
Análise modal				*
Vibração torcional				*
10 Normas de referência	-	2	2	2
ISO		*	*	*
IEC		*	*	*
Normas nacionais revelantes		*	*	*
11. Relatórios e documentação	-	2	2	4
Relatório da monitoração da condição		*	*	
Relatório de diagnóstico de vibração		*	*	*
12. Determinação da severidade da falha	-	2	3	3
Análise de espectro		*	*	*
Análise da forma de onda, análise de órbita			*	*
Níveis: global, por faixa e componente		*	*	
Cartas de severidade, gráficos e fórmulas		*	*	*
13. Dinâmica de rotores e mancais	-	-	-	14
Características dos rotores				*
Características dos mancais				*
Balanceamento de rotores				*

Nota 1: O símbolo * indica que a matéria deve ser desenvolvida dentro do tempo previsto.

Nota 2: As categorias mais avançadas incluem o conhecimento das categorias anteriores.

Nota 3: Nas matérias que o símbolo * aparece em mais de uma categoria significa que nas categorias mais avançadas a matéria deve ser apresentada de forma aprofundada.