



## Prova Objetiva de Conhecimentos Específicos

Leia com atenção as instruções abaixo.

- 1 Confira atentamente o seu caderno de provas objetivas, que é constituído de duas provas, da seguinte forma:  
**Conhecimentos Básicos**, com **30** questões, ordenadas de **1 a 30**.  
**Conhecimentos Específicos**, com **40** questões, ordenadas de **31 a 70**.
- 2 Quando autorizado pelo chefe de sala, no momento da identificação, escreva, no espaço apropriado da **folha de respostas**, com a sua caligrafia usual, a seguinte frase:

O descumprimento dessa instrução implicará a anulação das suas provas e a sua eliminação do concurso.

- 3 Confira atentamente os seus dados pessoais e os dados identificadores de seu cargo/área, transcritos acima, com o que está registrado em sua **folha de respostas**. Confira também o seu nome, o nome e o número de seu cargo/área no rodapé de cada página numerada do seu caderno de provas. Caso o caderno esteja incompleto, tenha qualquer defeito, ou apresente divergência quanto aos seus dados pessoais ou aos dados identificadores de seu cargo/área, solicite ao fiscal de sala mais próximo que tome as providências cabíveis, pois não serão aceitas reclamações posteriores nesse sentido.
- 4 Não se comunique com outros candidatos nem se levante sem autorização de fiscal de sala.
- 5 Na duração das provas, está incluído o tempo destinado à identificação — que será feita no decorrer das provas — e ao preenchimento da folha de respostas.
- 6 Ao terminar as provas, chame o fiscal de sala mais próximo, devolva-lhe a sua folha de respostas e deixe o local de provas.
- 7 A desobediência a qualquer uma das determinações constantes em edital, no caderno de provas ou na folha de respostas poderá implicar a anulação das suas provas.

### OBSERVAÇÕES

- Não serão conhecidos recursos em desacordo com o estabelecido em edital.
- Informações adicionais: telefone 0(XX) 61 3448-0100; Internet – [www.cespe.unb.br](http://www.cespe.unb.br).
- É permitida a reprodução deste material apenas para fins didáticos, desde que citada a fonte.

Nas questões de 31 a 70, marque, para cada uma, a única opção correta, de acordo com o respectivo comando. Para as devidas marcações, use a **folha de respostas**, único documento válido para a correção das suas provas.

## CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

### QUESTÃO 31

Para se aferir algumas características de um lote de peças, realizaram-se ensaios em uma amostra com dez espécimes metálicos. Entre esses ensaios, os espécimes foram pesados, obtendo-se a série de dados abaixo, em que  $n = 1, 2, \dots, 10$  representa o  $n$ -ésimo espécime da amostra e  $W$ , o valor, em gramas, obtido na pesagem de cada espécime.

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$W(\text{g})$	32	32	35	34	33	36	31	34	32	31

Com base nesses resultados, assinale a opção correta.

- A A amplitude da pesagem da amostra é igual a 2,5 g.
- B A moda da pesagem da amostra é igual a 32,5 g.
- C A mediana da pesagem da amostra é igual a 32,5 g.
- D A média da pesagem da amostra é igual a 32 g.
- E A variância da pesagem da amostra é igual a 26/10.

### QUESTÃO 32

Suponha que um profissional realize um conjunto de operações para determinar o valor de uma grandeza (i) com um aparelho capaz de gerar respostas muito próximas a um valor verdadeiro (ii) e capaz de medir valores entre  $-10 \text{ V}$  e  $+10 \text{ V}$  (iii). De acordo com a Portaria INMETRO n.º 29, de 10/3/1995, que estabeleceu a nova versão do vocabulário de termos fundamentais e gerais de metrologia, apresentando as terminologias padronizadas da linguagem metrológica brasileira, as frases sublinhadas e identificadas pelos sobrescritos (i), (ii) e (iii) tratam, respectivamente, de

- A medição, exatidão e amplitude da faixa nominal.
- B exatidão, amplitude da faixa nominal e incerteza da medição.
- C valor verdadeiro, medição e exatidão.
- D exatidão, faixa nominal e medição.
- E medição, exatidão e faixa nominal.

### QUESTÃO 33

Considere que, ao longo da medição de um processo  $X(t)$ , tenha sido verificado que ele apresentava a característica de ser, ao mesmo tempo, randômico e estacionário, com expectância  $E(X(t))$  e desvio padrão  $\sigma_{X(t)}$ . Nessa situação, se  $\tau = t_1 - t_2$ , sendo  $t_1$  e  $t_2$  dois instantes distintos,

- A a expectância de  $X(t)$  depende dos instantes de tempo  $t_1$  e  $t_2$ , mas não seu desvio padrão.
- B tanto a expectância de  $X(t)$  quanto o seu desvio padrão dependem dos instantes de tempo  $t_1$  e  $t_2$ .
- C nem a expectância de  $X(t)$  nem o seu desvio padrão dependem dos instantes de tempo  $t_1$  e  $t_2$  ou do intervalo de tempo  $\tau$ .
- D a expectância de  $X(t)$  depende do intervalo de tempo  $\tau$ , mas não seu desvio padrão.
- E tanto a expectância de  $X(t)$  quanto o seu desvio padrão dependem apenas do intervalo de tempo  $\tau$ , mas não dos instantes de tempo  $t_1$  e  $t_2$ .

### QUESTÃO 34

Com relação à expressão da incerteza na medição, assinale a opção correta.

- A O termo incerteza padronizada corresponde à incerteza do resultado de uma medição expressa como uma média.
- B O método de avaliação da incerteza tipo B corresponde ao método de avaliação da incerteza padronizada pela análise estatística de uma série de observações. A incerteza tipo B é expressa por desvios padrões amostrais.
- C A incerteza padrão combinada é a incerteza padrão do resultado de uma medição quando esse resultado é obtido por meio dos valores de várias outras grandezas. A incerteza padrão combinada é igual à raiz quadrada positiva da soma dos termos que constituem os desvios padrões dessas outras grandezas, ponderados de acordo com a quantidade com que o resultado da medição varia conforme as mudanças nessas grandezas.
- D O método de avaliação da incerteza tipo A corresponde ao método de avaliação da incerteza padronizada pela análise estatística de uma série de observações. A incerteza tipo A é expressa por desvios padrões amostrais.
- E O fator de abrangência consiste em um fator numérico multiplicando-se a incerteza expandida de modo a obter a incerteza padrão combinada.

### QUESTÃO 35

No processo de medição, as medidas podem apresentar certas características, como repetitividade e reprodutibilidade. O vocabulário internacional de metrologia (VIM) estabelece os significados desses conceitos. Considere a situação hipotética em que dois operadores diferentes (O1 e O2) podem utilizar ou não dois equipamentos distintos E1 e E2 para a realização de duas medidas sucessivas sobre um ou mais dos mensurandos M1 e M2. Nesse caso, o conceito de repetitividade, segundo o VIM, aplicaria-se à situação em que, em mais de uma medida,

- A O1 mede M1 e M2 usando, respectivamente, E1 e E2.
- B O1 mede M1 usando apenas E1.
- C O1 e O2 medem M1 usando, respectivamente, E1 e E2.
- D O1 mede M1 e M2 usando E1 e O2 mede M1 e M2 usando E2.
- E O1 mede M1 usando, sucessivamente, E1 e E2.

### QUESTÃO 36

Um dispositivo eletrônico cuja faixa nominal abrange de  $10 \mu\text{V}_{\text{rms}}$  a  $5 \text{ V}_{\text{rms}}$  tem faixa dinâmica aproximadamente igual a

- A 14 dB.
- B 57 dB.
- C 90 dB.
- D 114 dB.
- E 157 dB.

**QUESTÃO 37**

Constituindo-se transdutores eletroacústicos, sensíveis à pressão acústica, a qual é transformada em um sinal elétrico equivalente, os microfones capacitivos

- A** possuem um diafragma que movimenta um pistão, comprimindo grãos de carbono contidos em uma câmara, de modo que essa compressão reduz a resistência, aumentando a corrente elétrica e vice-versa.
- B** possuem uma bobina de peso reduzido que está solidária ao diafragma. Ao mover-se no interior de um ímã permanente, sob a ação de pressão sonora, uma força eletromotriz é induzida no fio da bobina, apresentando a mesma forma de onda de pressão sonora incidente sobre o diafragma.
- C** têm como princípio de funcionamento o chamado efeito piezoelétrico: uma lâmina de material piezoelétrico é acoplada ao diafragma, de modo que as duas faces da lâmina adquirem naturalmente cargas elétricas de sinais opostos, sem necessidade de bateria.
- D** têm como princípio de funcionamento o movimento de uma fita de alumínio no interior de um campo magnético. Ao oscilar devido à ação de uma onda sonora, o campo magnético induz tensão elétrica nessa fina lâmina corrugada.
- E** utilizam um capacitor na geração do sinal elétrico, devido à ação da onda de pressão sonora. O diafragma polarizado e uma lâmina metálica perfurada formam um capacitor. A variação da distância entre as placas, quando da incidência da onda sonora, altera a carga elétrica armazenada no capacitor.

**QUESTÃO 38**

Os acelerômetros piezoelétricos são transdutores de vibração mecânica amplamente utilizados para a medição da aceleração absoluta de vibrações. O acelerômetro piezoelétrico

- A** é um transdutor sem contato. Consiste em um eletrodo fixo no transdutor e outro na superfície vibrante, gerando uma variação de capacitância. Suas vantagens são a boa sensibilidade, a ausência de contato, a larga banda de frequência e o tamanho pequeno.
- B** utiliza transdutores que consistem em uma pastilha de materiais que, quando submetida à tensão mecânica, gera carga elétrica nas faces, proporcional à força aplicada.
- C** consiste em uma massa de ímã permanente, apoiada por molas de baixa rigidez, por ter frequência de ressonância muito baixa. A oscilação desse ímã permanente, no interior de uma bobina, é responsável pela geração de uma tensão elétrica associada à vibração mecânica.
- D** gera um sinal de amplitude modulada na bobina secundária, devido à aproximação da superfície vibrante. O campo magnético, nesse transdutor, é gerado pela bobina primária, alimentada por um oscilador com sinal de alta frequência.
- E** consiste em um arame fino que, sob deformação mecânica, acusa variação na resistência. Quando fixado a uma estrutura, o acelerômetro sofre a mesma vibração dinâmica da estrutura, observando-se, conseqüentemente, mudança de resistência devido ao esforço aplicado à estrutura.

**QUESTÃO 39**

O acelerômetro do tipo cisalhamento é construído de forma a permitir que o elemento piezoelétrico sofra cisalhamento. Esse modo construtivo tem a

- A** desvantagem de ser mais sensível à influência de fatores externos. Desse modo, esse tipo de acelerômetro é apenas utilizado para medir níveis de vibração altos.
- B** vantagem de ser imune à influência ambiental (variações de temperatura). A razão entre sensibilidade e massa é alta e permite a miniaturização e a construção de acelerômetros de uso geral.
- C** desvantagem de ser sensível à influência de fatores externos. Desse modo, esse tipo de acelerômetro é apenas utilizado para medir níveis de vibração baixos.
- D** vantagem de ser imune à influência ambiental (variações de temperatura). A razão entre sensibilidade e massa é reduzida, o que não permite a miniaturização e a construção de acelerômetros de uso geral.
- E** vantagem de ser imune à influência ambiental (variações de temperatura). A razão entre sensibilidade e massa é reduzida, mas permite a miniaturização e a construção de acelerômetros de uso geral.

**QUESTÃO 40**

Um ônibus apresenta vibrações excessivas em velocidade de cruzeiro. Os passageiros observam, em sua cabine, forte ruído e trepidação. Em ensaio controlado em dinamômetro, o referido veículo apresentou essas vibrações excessivas a 72 km/h. Sabe-se que o veículo possui: distância entre eixos de 3,0 m, diâmetro da roda igual a 0,8 m, altura de 5,0 m, comprimento 20,0 m, peso igual a 6.500 kgf e rigidez da mola igual a 2.500 kgf/m.

Com base nessa situação, é correto afirmar que a frequência circular de ressonância do veículo deve ser estimada em

- A** 20 rad/s.
- B** 30 rad/s.
- C** 40 rad/s.
- D** 50 rad/s.
- E** 60 rad/s.

**QUESTÃO 41**

O Sistema Internacional de Unidades (SI) baseia-se em sete grandezas físicas independentes, conhecidas como unidades de base. Algumas unidades adotadas pelo SI são conhecidas como unidades derivadas. As unidades derivadas

- A** que são definidas em relação à razão entre duas grandezas de mesma natureza são adimensionais.
- B** não podem ser definidas em relação à razão entre duas grandezas da mesma natureza.
- C** devem ser definidas como o produto de unidades de base, por um múltiplo ou submúltiplo decimal das unidades SI.
- D** devem ser definidas como o quociente entre unidades de base, por um múltiplo ou submúltiplo decimal das unidades SI.
- E** que não têm dimensão expressa pelo número um podem aparecer como o único argumento de funções matemáticas.

**QUESTÃO 42**

Assinale a opção que apresenta as sete unidades de base adotadas pelo SI.

- A comprimento (metro), massa (quilograma), tempo (segundo), intensidade de força eletromotriz (ampère), temperatura termodinâmica (graus centígrados), quantidade de matéria (bol) e intensidade luminosa (candela)
- B comprimento (metro), massa (grama), tempo (segundo), intensidade de força eletromotriz (volts), temperatura termodinâmica (kelvin), quantidade de matéria (mol) e intensidade radioativa (candela)
- C comprimento (metro), massa (grama), tempo (segundo), intensidade de corrente elétrica (ampère), temperatura termodinâmica (kelvin), quantidade de matéria (mol) e intensidade luminosa (candela)
- D comprimento (metro), massa (quilograma), tempo (segundo), intensidade de corrente elétrica (ampère), temperatura termodinâmica (kelvin), quantidade de matéria (mol) e intensidade luminosa (candela)
- E comprimento (metro), massa (quilograma), tempo (segundo), intensidade de força eletromotriz (ampère), temperatura termodinâmica (graus Celsius), quantidade de matéria (mol) e intensidade luminosa (candela)

**QUESTÃO 43**

De acordo com o estabelecido no SI, o kelvin

- A diferencia-se da unidade joule por um fator adimensional e expressa a energia cinética das moléculas de água no ponto de ebulição da água à pressão de 1 atm.
- B é a fração  $\frac{1}{273,16}$  da temperatura termodinâmica no ponto de ebulição da água à pressão de 1 atm.
- C é a fração  $\frac{1}{273,16}$  da temperatura termodinâmica no ponto tríplice da água.
- D é a fração  $\frac{1}{273,16}$  da temperatura termodinâmica no ponto de evaporação da água à pressão de 1 atm.
- E é derivado do graus Celsius e expressa a energia mecânica transformada em energia cinética por unidade de tempo para a água atingir seu ponto de evaporação.

**QUESTÃO 44**

A respeito das regras para a escrita dos nomes e símbolos das unidades do SI, assinale a opção correta.

- A Velocidade é expressa em m/s.
- B A unidade m/s/s expressa a aceleração.
- C Número de ondas é expresso em  $m^{-1}$  ou em  $10 \mu/m$ .
- D Pressão é expressa em  $m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$  ou em 10 Pa.
- E A unidade  $kg * m^{-3}$  expressa massa específica.

**QUESTÃO 45**

Acerca do SI, assinale a opção correta.

- A Com relação a notações, é indicado o emprego, na mesma linha, de barras inclinadas, com ou sem parênteses. Nos casos complexos, deve-se utilizar parênteses ou potências negativas, como, por exemplo,  $m/s^2$ ,  $m \cdot s^{-2}$ , ou como m/s/s.
- B Nesse sistema, as potências de 10 podem ser utilizadas para exprimir múltiplos de 2. Por exemplo, no caso da informática, um *kilobit* representa 1.024 *bits* e não, 1.000 *bits*.
- C O Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) reconheceu a necessidade de se empregarem certas unidades que não fazem parte do SI, como o caso da unidade tonelada, cujo símbolo foi estabelecido como ton.
- D As definições das unidades SI de base foram aprovadas em um contexto que leva em conta os efeitos relativísticos. As constantes da física são grandezas globais, cujos valores devem ser expressos em unidades próprias.
- E O bel é uma unidade fora do SI. Utiliza-se o bel para expressar o valor de grandezas logarítmicas de nível de campo, nível de potência, nível de pressão acústica ou atenuação. Os logaritmos de base 10 são utilizados para que se obtenham os valores numéricos das grandezas expressas em bel.

**QUESTÃO 46**

A respeito do Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM 2008), assinale a opção correta.

- A Medição é a descrição genérica da organização lógica de operações utilizadas na realização de uma medida.
- B Valor de referência é o valor de uma grandeza utilizado como base para comparação com valores de grandezas do mesmo tipo. Caso o valor de referência seja um valor convencional de um mensurando, ele é desconhecido. Caso seja um valor verdadeiro, ele é conhecido.
- C Intervalo de medição é o conjunto de valores compreendidos entre duas indicações extremas. Por exemplo, um multímetro de  $3\frac{1}{2}$  mede a resistência elétrica no intervalo de medição de 0 a 2.000 k $\Omega$ .
- D Amplitude de medição é o valor absoluto da diferença entre os valores extremos de um intervalo nominal de indicações. A amplitude de medição é sinônimo de intervalo de medição.
- E Calibração é a operação que estabelece, em uma primeira etapa e sob condições específicas, uma relação entre os valores e as incertezas das medidas fornecidas por padrões e indicações correspondentes às incertezas associadas; em uma segunda etapa, essa informação é utilizada para estabelecer uma relação visando à obtenção de um resultado de medição a partir de uma indicação.

**QUESTÃO 47**

Tendo como referência o VIM 2008, que define que um instrumento de medição é um dispositivo utilizado para realizar medições, individualmente ou de forma associada a um ou mais dispositivos suplementares, assinale a opção que apresenta um instrumento de medição capaz de realizar uma medida materializada.

- A termômetro
- B gerador padrão de sinais
- C paquímetro
- D voltímetro
- E micrômetro

**QUESTÃO 48**

Segundo o VIM 2008, existe um conjunto de termos a respeito das propriedades dos dispositivos de medição. Com relação a esse assunto, assinale a opção correta.

- A Valor nominal refere-se a um valor arredondado ou aproximado de uma grandeza ou à propriedade qualitativa de um fenômeno, corpo ou substância.
- B Uma medida materializada é classificada de acordo com a sua classe de exatidão.
- C A condição de funcionamento de um instrumento se relaciona a não degradação das grandezas a serem medidas.
- D Tendência instrumental é a variação temporal da indicação, contínua ou incremental, de uma medida, em função de variações nas propriedades metrológicas de um instrumento.
- E A zona morta representa a maior variação do valor de uma grandeza medida em um instrumento, sem causar variação perceptível na indicação do instrumento.

**QUESTÃO 49**

Toda medição apresenta uma incerteza associada. Para se realizar uma medida, deve-se fazer uma estimativa dos valores dessa medida e determinar sua incerteza. Com relação a esse assunto e com base no VIM 2008, assinale a opção correta.

- A Erro aleatório é a diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência.
- B Tendência é a componente do erro de medição que permanece constante ou varia de maneira previsível, após repetidas medições.
- C O erro de medição é composto por duas parcelas, o erro aleatório e o erro sistemático.
- D A correção é o valor adicionado ao resultado não corrigido para compensar um efeito do erro de medição estimado.
- E A veracidade não é uma grandeza. Logo, não pode ser expressa numericamente. Contudo, a veracidade está inversamente relacionada ao erro aleatório.

**QUESTÃO 50**

A respeito da hierarquia metrológica nacional, assinale a opção correta.

- A A rastreabilidade metrológica é uma sequência de padrões e calibrações utilizada para relacionar um resultado de medição a uma referência.
- B Calibração pode consistir na comparação entre dois padrões com o objetivo de verificar e corrigir, se necessário, o valor e a incerteza de uma medição atribuídos a um dos padrões.
- C Para que haja comparabilidade metrológica entre dois valores medidos, é necessário que esses valores e as incertezas de medição associadas sejam de mesma ordem de grandeza.
- D O INMETRO recomenda, para a calibração de medidor analógico de pressão, um padrão cuja classe de exatidão seja pelo menos igual à do instrumento a ser calibrado.
- E A incerteza de medição necessariamente diminui ao longo da sequência de calibrações.

**QUESTÃO 51**

Acerca dos conceitos de propagação de ondas mecânicas, assinale a opção correta.

- A Ondas sonoras, infrassom, ultravioleta e ultrassom são exemplos de ondas materiais.
- B O experimento do tubo de Kundt consiste em um tubo fechado-fechado que permite a determinação experimental da velocidade de propagação no ar ( $c_{ar}$ ) de ondas sonoras, por meio da interpolação da expressão  $\frac{f}{n} \propto \frac{c_{ar}}{4L}$ , em que  $L$  é o comprimento do tubo,  $f$  é a frequência de vibração e  $n$ , o número de modos acústicos.
- C O comprimento de onda  $\lambda$  define-se como a distância percorrida pela onda sonora, em um intervalo de tempo  $T$ , tal que  $\lambda T = c$ , em que  $c$  é a velocidade de propagação do som.
- D O número de onda é definido a partir do número de ciclos de onda sonora por metro.
- E A razão entre o número de onda e o comprimento de onda é uma constante igual a  $2\pi$ .

**QUESTÃO 52**

Acerca da hierarquia metrológica nacional, assinale a opção correta.

- A Um sistema de medição realiza a definição de uma grandeza, com um valor determinado, que passa a ser utilizada como referência, ou seja, como padrão. A incerteza de medição é inserida posteriormente, quando do uso específico do padrão.
- B Um padrão internacional é reconhecido por signatários de um acordo internacional. Esse padrão internacional deve permanecer itinerante pelos países signatários.
- C Um padrão designado à calibração de outros padrões em determinado laboratório é conhecido como padrão de trabalho.
- D O padrão internacional é designado à calibração de outros padrões de grandezas do mesmo tipo em determinada organização ou local.
- E Um padrão intrínseco é um padrão embasado em uma propriedade intrínseca e reprodutível de um fenômeno ou de uma substância. Os padrões intrínsecos são imunes a influências internas e externas.

**QUESTÃO 53**

A respeito de sinais determinísticos que variam no tempo  $t$ , assinale a opção correta.

- A** Todo sinal periódico  $x(t)$  verifica a expressão  $x(t) = x(t + T)$ , em que  $T$  é o período de  $x(t)$ . Nessa expressão, ao se substituir  $t$  por  $t' - 0,5T$ , obtém-se que  $x(t' - 0,5T) = x(t' - 0,5T + T) = x(t' + 0,5T)$ . Esse desenvolvimento demonstra que todo sinal periódico pode ser corretamente expresso por uma função par.
- B** O sinal obtido pela soma de dois ou mais sinais senoidais é periódico, independentemente das frequências desses sinais senoidais.
- C** O espectro de frequências de um sinal obtido pela soma de dois ou mais sinais senoidais de frequências arbitrárias pode ser corretamente expresso pela soma de funções do tipo impulso, assim como ocorre no caso do espectro de qualquer sinal periódico complexo.
- D** Considere os sinais  $P_i(t)$  descritos por funções senoidais, tais que  $P_i(t) = \text{sen}(n_{p,i} t)$ , em que  $n_{p,i}$  corresponde ao  $i$ -ésimo elemento do conjunto  $n_p$  formado pelos números primos —  $n_p = [2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, \dots]$  — e  $i = 1, 2, 3, 4, \dots$ . Nesse caso, é correto afirmar que os sinais  $P_i(t)$ , para  $i = 1, 2, 3, 4, \dots$ , são descritos por funções ímpares e que a soma de dois ou mais desses sinais é não periódica.
- E** Os sinais transientes e quase-periódicos são classificados como sinais não periódicos. Classificam-se os sinais transientes como todo sinal que não é nem periódico nem quase periódico. Uma característica de sinais transientes, e também de sinais periódicos e quase periódicos, é o fato de seus espectros poderem ser expressos por funções discretas.

**QUESTÃO 54**

Considerando  $t$  a variável tempo, assinale a opção correta, a respeito de sinais determinísticos e aleatórios.

- A** É possível que a soma de um sinal determinístico com um sinal aleatório forneça como resultado um sinal determinístico.
- B** Para processos conjuntamente gaussianos, a função de autocorrelação é igual ao valor quadrático médio.
- C** A função de autocorrelação do ruído branco é uma função ímpar.
- D** Considere um processo aleatório  $\{X(t)\}$ , em que cada função-amostra  $X(t)$  é dada pela expressão  $X(t) = A(t) U(t)$ , sendo  $U(t)$  uma função-amostra de um processo aleatório  $\{U(t)\}$  e  $A(t)$  uma função determinística. Nessa situação,  $\{X(t)\}$  é necessariamente um processo aleatório estacionário no sentido amplo, independentemente de o processo  $\{U(t)\}$  ser, também, estacionário no sentido amplo.
- E** Um processo ergódico é um processo aleatório estacionário no sentido estrito no qual todas as propriedades estatísticas do processo podem ser obtidas a partir de uma única função-amostra.

**QUESTÃO 55**

Em relação às práticas de calibração de padrões e instrumentos de medição, assinale a opção correta.

- A** A comprovação metrológica compreende a calibração ou a verificação do equipamento de medição. O procedimento de verificação de um equipamento, e, se necessário, sua calibração, é conhecido como aferição.
- B** O uso de equipamentos comprovados e a aplicação de procedimentos de medição validados são condições necessárias e suficientes para se garantir que um processo de medição seja realizado sob condições controladas e que atendam aos requisitos metrológicos.
- C** O valor de um padrão ou o valor indicado por um sistema de medição padrão é aceito como valor verdadeiro convencional se a incerteza desse valor for menor que o do sistema de medição a calibrar.
- D** As características metrológicas de um equipamento devem ser adequadas ao uso pretendido. Nesse caso, sentenças qualitativas das características metrológicas são necessárias.
- E** O monitoramento dos processos de medição é procedimento necessário e suficiente para que seja implementado um sistema correto de gestão de medição. O monitoramento deve ser realizado de acordo com os procedimentos documentados.

**QUESTÃO 56**

O ruído branco é um exemplo de sinal de excitação utilizado normalmente em ensaios acústicos. O espectro do ruído branco teórico apresenta um nível constante para todas as frequências, de zero a infinito. A respeito da classificação do ruído branco teórico, é correto afirmar que trata-se de um sinal

- A** determinístico não periódico quase-harmônico.
- B** não determinístico estacionário gaussiano.
- C** não determinístico estacionário não gaussiano.
- D** não determinístico não estacionário.
- E** determinístico periódico.

**RASCUNHO**

## QUESTÃO 57

A respeito de conceitos de análise de sinais, em nível global, por banda de frequência e por análise espectral, assinale a opção correta.

- Ⓐ A análise por tons puros (*steeped-sine testing*) é um método clássico para se medir a função de resposta em frequência de uma estrutura. O sinal de comando, que alimenta um excitador, é um sinal senoidal discreto com amplitude e frequência fixas. Para cada frequência de excitação, a resposta da estrutura pode ser obtida, após a extinção de quaisquer efeitos transientes associados às mudanças abruptas nos valores da frequência de excitação utilizados em medidas anteriores. Para poder determinar a duração correta da excitação em cada uma das frequências utilizadas, é correto que sejam realizadas duas medições em torno de um pico de ressonância: efetua-se a varredura de senos, uma vez, incrementando-se a frequência do sinal de excitação; na outra vez, efetua-se uma varredura de senos decrementando-se essa frequência.
- Ⓑ A análise por nível global em máquinas rotativas consiste em medir o valor eficaz de sinal proveniente de um transdutor. A análise é realizada por meio de medições periódicas, cujos valores podem ser mostrados graficamente. Dessa forma, acompanha-se a evolução de uma anomalia em uma máquina ao longo do tempo. Nesse caso, os rolamentos devem ser substituídos na transição do segundo para o terceiro estágio, que pode ser observada quando houver redução do valor eficaz do sinal.
- Ⓒ O fator de crista (FC) é a razão entre o valor de pico e o valor eficaz de um sinal de vibração. O FC deve ser obtido por meio de medições periódicas, de forma a poder construir seu gráfico ao longo do tempo. O FC é um parâmetro da análise de nível global e é utilizado na manutenção preditiva de máquinas rotativas. Em condições normais de operação de um equipamento, o FC se mantém constante e, por isso, ao se observar aumento do valor do FC, deve-se iniciar procedimento de reparo do equipamento.
- Ⓓ Os medidores de nível de pressão sonora, equipados com filtros de  $1/n$  oitava, determinam a energia acústica em uma banda estreita de frequência, que é estabelecida pelo filtro. Por exemplo, filtros de  $1/3$  oitava são utilizados quando se deseja espectros sonoros mais detalhados, sendo capazes de detectar tons puros eventualmente contidos no espectro sonoro.
- Ⓔ A análise espectral que utiliza filtro com largura de banda constante, definida como uma porcentagem da frequência central do filtro, fornece mais detalhes do espectro em altas frequências de um sinal que a análise que utiliza filtro com banda absoluta constante. Este último tipo de análise é indicado quando se deseja obter mais detalhes do espectro de um sinal em baixas frequências, e também na identificação de tons puros e harmônicos em qualquer faixa de frequências.

## QUESTÃO 58

Na análise modal, as funções-resposta em frequência são calculadas pela relação entre os sinais correspondentes à força aplicada e à resposta estrutural. A respeito das forças aplicadas, busca-se excitar as estruturas, a fim de se obter um espectro de frequência que cubra a faixa de frequências de interesse. A respeito dos tipos de excitação, assinale a opção correta.

- Ⓐ Excitação por martelo de impacto é um exemplo de excitação periódica. O intervalo de frequência que excita efetivamente a estrutura é controlado pela rigidez da ponteira e a massa da cabeça do martelo.
- Ⓑ Excitação por varredura de senos (*chirps*) é um exemplo de sinal determinístico e transiente. Nessa excitação determinística, a baixa coerência acusa apenas a necessidade maior de médias para um resultado mais confiável.
- Ⓒ Excitação por ruído aleatório é um exemplo de sinal contínuo não determinístico. Para geradores de boa qualidade, há a possibilidade de escolher a faixa de frequência dentro da qual o espectro é aproximadamente plano. Devido a suas características aleatórias, uma excitação por ruído aleatória não apresenta problemas de vazamento (*leakage*), não necessitando da utilização de janelamento (*windowing*).
- Ⓓ A excitação por ruído pseudo-aleatório é exemplo alternativo de ruído contínuo não determinístico. Neste caso, tem-se uma amostra de sinal aleatório de comprimento finito que é sucessivamente repetida. Esse tipo de sinal permite reduzir um dos problemas comuns no processamento de sinais, denominado vazamento (*leakage*).
- Ⓔ A excitação por MSL (*maximum length sequence*) é uma sequência gerada a partir do estudo de números inteiros. Esses sinais também se distribuem, em termos de espectro, sobre uma ampla faixa de frequência. A excitação MSL é periódica determinística e é aplicada à análise de sistemas por ondas estacionárias.

## QUESTÃO 59

A respeito da intensimetria acústica com dois microfones, assinale a opção correta.

- A Como atualmente ainda não é possível a medição direta da intensidade acústica, deve-se medir, inicialmente, a pressão acústica e, em seguida, calcular a referida intensidade. Contudo essas duas quantidades — pressão e intensidade acústica — somente podem ser relacionadas sob determinadas condições, que são: campo livre, campo difuso e ondas planas. Na prática, é impossível aplicar as normas de determinação de intensidade acústica a diversos equipamentos ou processos industriais, por não ser possível instalá-los em salas de testes adequadas que garantam as referidas condições.
- B Na intensimetria acústica com dois microfones, os erros de diferenças finitas e a aproximação da soma são inerentes ao princípio da técnica. Esses erros dependem da natureza do campo acústico e da separação dos microfones.
- C Na intensimetria acústica com dois microfones, a difração dos microfones que causa distorção do campo sonoro é completamente eliminada.
- D Os erros de diferença de fase, entre os canais condicionadores do microfone/coaxial, são fonte de imprecisão na intensimetria acústica com dois canais. O erro do mau casamento pode ser eliminado, efetivamente, tirando-se a metade da referida diferença com a sonda, em duas posições de 90°. Esse processo de reversão manual é satisfatório e pouco sensível à precisão do movimento.
- E O erro de estimativa do espectro, devido a uma inadequada média temporal, na intensimetria acústica com dois microfones, é definido por  $\epsilon = (BT)^{1/2}$ , em que  $B$  é a largura da banda e  $T$  é o tempo da média.

## QUESTÃO 60

Em relação aos conceitos básicos de propagação de ondas mecânicas, assinale a opção correta.

- A A unidade empregada para medir a frequência é o gauss.
- B No caso de um tom puro, o valor de pico é igual a duas vezes à amplitude do sinal de pressão acústica.
- C Sinais medidos por transdutores normalmente contêm algum componente ou ruído que dificulta a análise determinística. Uma forma de caracterizar um sinal experimental é dada pelo

seu valor eficaz  $X_{rms}$ , expresso por  $X_{rms} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2$ , em

que  $X_i$ , para  $i = 1, 2, 3, 4, \dots$ , corresponde à  $i$ -ésima amostra do sinal medido por transdutores e  $N$  é a quantidade de amostras medidas.

- D O intervalo de tempo decorrido para se completar um ciclo de vibração determina o período de uma onda mecânica. O número de ciclos decorridos durante um período de tempo é conhecido por frequência de pulsação dessa onda.
- E Fasores podem ser corretamente utilizados para se determinar o resultado da multiplicação de duas ondas mecânicas —  $s_1(t)$  e  $s_2(t)$  — de mesma frequência  $\omega$ , mas com amplitudes —  $a_1$  e  $a_2$  — e fases —  $\theta_1$  e  $\theta_2$  — distintas. O resultado dessa multiplicação, obtido a partir do uso de fasores, consiste em uma onda mecânica de frequência igual a  $\omega$ , com amplitude dada pelo produto  $a_1 \times a_2$  e fase determinada pela soma  $\theta_1 + \theta_2$ .

## QUESTÃO 61

O nível de pressão acústica é a grandeza acústica determinante da sensação subjetiva de intensidade dos sons. O medidor do nível de pressão sonora é o dispositivo aceito para verificar o atendimento às normas e à legislação de controle do ruído. A respeito do medidor de nível de pressão sonora, assinale a opção correta.

- A Todos os medidores de pressão acústica são compostos dos seguintes componentes básicos de condicionamento do sinal acústico: microfone, pré-amplificador, filtro ponderador, filtros de  $1/n$  oitava, detector de valor eficaz (rms), ponderador temporal e dispositivo indicador.
- B Um procedimento experimental para a determinação da resistividade acústica de materiais poroelásticos utiliza um medidor de nível de pressão sonora. A Norma IEC 651 (1979), ou ANSI S1.4 (1984), estipula o uso de medidores de nível de pressão sonora do tipo 3 — que apresenta precisão maior que  $\pm 1,5$  dB —, destinados a aplicações como instrumento de avaliação.
- C Alguns medidores de nível de pressão sonora vêm equipados com circuito para a detecção de valor de pico. Dessa forma, os medidores, com ponderadores de impacto, apresentam constante de tempo de resposta tão curta quanto 35  $\mu$ s. Contudo, o circuito de retenção deve ser desativado para evitar ponderações desnecessárias.
- D Frequentemente, há o interesse em se determinar como a energia do som distribui-se em frequências. Em medidores de nível de pressão sonora, os filtros são os elementos que permitem a extração da energia sonora de um som em bandas de frequências. O ganho é o fator pelo qual o filtro multiplica a amplitude do sinal de entrada, sendo dado pela razão entre a potência do sinal de entrada  $A_{entrada}$  e a potência do sinal de saída  $A_{saída}$ , podendo ser expresso corretamente, em decibéis, por meio de  $20 \log(A_{entrada}/A_{saída})$ , em que  $\log$  é a função logarítmica em base 10.
- E Os filtros ponderadores são utilizados para modificar o espectro sonoro de acordo com a resposta do sistema auditivo a diferentes frequências contidas no som. O nível sonoro não ponderado, designado em dB(lin), não está disponível em certos medidores de nível de pressão acústica. Nesse caso, as normas permitem a utilização do filtro ponderador C, alternativamente, como aproximação do nível de pressão acústica não ponderado.

## RASCUNHO



### Texto para as questões 62 e 63

Por meio de medidas experimentais realizadas em laboratório, um pesquisador verificou que a razão entre a velocidade do som na água e a do som no ar era de 4,5, sendo a densidade volumétrica do ar igual a  $1 \text{ kg/m}^3$  e a densidade volumétrica da água igual a  $1.000 \text{ kg/m}^3$ .

#### QUESTÃO 62

Na situação descrita no texto, é correto afirmar que a razão entre o módulo de compressibilidade da água e o módulo de compressibilidade do ar é igual a

- A 28.350.
- B 20.250.
- C 4.500.
- D 6.300.
- E 3.150.

#### QUESTÃO 63

Na situação descrita no texto, defina  $r$  a razão entre o comprimento de onda do som que se propaga na água e o comprimento de onda do som que se propaga no ar e  $q$  a razão entre o número de onda do som que se propaga na água e o número de onda do som que se propaga no ar. Nesse caso,  $r$  e  $q$  são, respectivamente, iguais a

- A  $1/20,25$  e  $20,25$ .
- B  $0,45$  e  $45,0$ .
- C  $4,5$  e  $1/4,5$ .
- D  $20,25$  e  $28,25$ .
- E  $28,35$  e  $1/28,25$ .

#### QUESTÃO 64

Com relação aos fenômenos de transmissão, assinale a opção correta.

- A Segundo a lei de massa, ao duplicar a densidade superficial — massa por unidade de área — de um painel simples com incidência normal, observa-se que a perda de transmissão sonora diminui 6 dB.
- B Considerando-se a situação em que existe uma barreira sonora do lado oposto ao da fonte, e essa barreira está paralela a uma barreira interposta, entre a fonte e o receptor, múltiplas reflexões sonoras, entre as barreiras paralelas, poderão produzir som refletido. Nesse caso, uma solução para o fenômeno descrito é o afastamento das barreiras, o que acarretará a eliminação das reflexões do sinal sonoro devido à refração.
- C Considere um tubo aberto-aberto excitado com um sinal senoidal com frequência fundamental  $f = n \times c / (4L)$ , em que  $n = 1, 3, 5, \dots$ ,  $c$  é a velocidade de propagação do som no ar e  $L$ , o comprimento do tubo. Nesse caso, observa-se, no tubo aberto-aberto, a existência de onda estacionária de um quarto de comprimento de onda.
- D Considere a situação hipotética em que a instalação de uma barreira acústica ao lado de uma construção tenha reduzido o nível de pressão sonora em 10 dB, nas casas vizinhas à construção, atrás da barreira. Considere, ainda, que, distanciando-se dessas casas, ainda atrás da barreira, seja verificado, em determinados locais, uma redução do nível de pressão sonora de apenas 3 dB, em vez dos 10 dB observados. Nesse caso, a difração é um fenômeno que pode explicar corretamente essa variação na redução do nível de pressão sonora.
- E A impedância característica corresponde à razão entre a pressão acústica e o deslocamento de partícula do meio. No sistema métrico, a unidade da impedância acústica é conhecida como rayl, sendo 1 rayl igual a  $1 \text{ Pa} \cdot \text{s/m}$ .

#### QUESTÃO 65

Quanto às grandezas acústicas, assinale a opção correta.

- A O pascal é a unidade de pressão no Sistema Internacional de Unidades, correspondendo a 1 newton por metro quadrado. Já a pressão acústica refere-se à parcela flutuante da pressão atmosférica estática.
- B A potência acústica do som emitido por um equipamento é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre fonte sonora e local de medição da onda sonora, o que respeita o princípio de conservação de energia.
- C A intensidade acústica do som emitido por um equipamento é proporcional ao quadrado da distância entre fonte sonora e medição, o que respeita o princípio de conservação de energia.
- D A intensidade sonora do som emitido por um equipamento é proporcional ao quadrado da impedância característica, que é uma propriedade do meio em que o som se propaga.
- E Dobrar a intensidade sonora corresponde a aumentar o nível de intensidade sonora em 3 dB. Já dobrar a pressão sonora leva a um aumento do nível de pressão sonora em 6 dB.

#### QUESTÃO 66

Com relação aos fundamentos de vibrações, assinale a opção correta.

- A Considere que duas cordas de violão sejam dedilhadas ao mesmo tempo. Considere, ainda, que o músico escuta a nota, próximo ao afinamento desejado, mas percebe uma pulsação com período  $T = 1 \text{ s}$ . Nesse caso, o fenômeno observado é conhecido como batimento.
- B Em um movimento harmônico, considere que o deslocamento  $X$  ao longo do tempo  $t$  seja dado pela expressão  $X = X_0 e^{j\omega t}$ , em que  $e^{j\omega t} = \text{sen}(\omega t) + j \text{cos}(\omega t)$ ,  $\omega$  é a frequência de vibração e  $X_0$ , a amplitude de vibração. Nessa situação, a velocidade observada no deslocamento está em oposição de fase e a aceleração, em quadratura de fase.
- C Em um sistema massa-mola-amortecedor, define-se transmissibilidade do deslocamento  $T_d$  a razão entre as amplitudes de vibração do sistema e o deslocamento da base, dependendo  $T_d$  de  $r = \omega/\omega_n$ , a razão entre a frequência de excitação  $\omega$  e a frequência natural do sistema  $\omega_n$ . Nesse sistema,  $T_d$  será igual à unidade para todos os valores de  $r^2 > 2$  e tenderá ao valor zero para todos os valores de  $r^2 < 2$ .
- D O decremento logarítmico representa a taxa de redução da amplitude de uma vibração livremente amortecida, para a qual se define um fator de amortecimento. A determinação experimental desse fator de amortecimento para sistemas massa-mola-amortecedor é dada por quaisquer dois deslocamentos medidos  $X_1(t_1)$  e  $X_m(t_m)$  separados por um número inteiro de ciclos  $m$ . Nesse caso, o fator de amortecimento é corretamente expresso por  $\ln(X_1(t_1)/X_m(t_m))$ .
- E Em diversas aplicações práticas, molas lineares são usadas em associação, que pode ser em paralelo, em série ou híbrida. Para cada tipo de associação, é possível se definir uma mola equivalente, com constante de mola  $k_e$ , cujo comportamento é equivalente ao comportamento da associação. No caso da associação em paralelo de duas molas com constantes de mola  $k_1$  e  $k_2$ , a mola equivalente é tal que  $(1/k_e) = (1/k_1) + (1/k_2)$ . Para a associação em série de duas molas com constantes de mola  $k_1$  e  $k_2$ , a mola equivalente é tal que  $k_e = k_1 + k_2$ .

## QUESTÃO 67

Considere que a vibração livre amortecida de um sistema de um grau de liberdade (1GdL) seja descrita pela seguinte expressão diferencial:  $\ddot{x} + 2\omega\xi\dot{x} + \omega^2x = 0$ , em que  $\omega^2 = k/m$  é a frequência angular,  $k$  e  $m$  são a rigidez e a massa do sistema 1GdL, respectivamente. O fator de amortecimento  $\xi$  é a razão entre o amortecimento  $c$  do sistema 1GdL e o amortecimento crítico  $c_c$ . Com relação a esse sistema, é correto afirmar que,

- A se  $c_c/2m > \sqrt{k/m}$ , o sistema é subamortecido.
- B se  $c_c/2m = \sqrt{k/m}$ , o sistema é subamortecido.
- C se  $c_c/2m > \sqrt{k/m}$ , o sistema é amortecido criticamente.
- D se  $c_c/2m = \sqrt{k/m}$ , o sistema é superamortecido.
- E se  $c_c/2m > \sqrt{k/m}$ , o sistema é superamortecido.

## QUESTÃO 68

A norma ISO 10534 estabelece os procedimentos experimentais para a medição do coeficiente de absorção e a impedância acústica. A esse respeito, assinale a opção correta.

- A Segundo a ISO 10534, a determinação do coeficiente de absorção acústica através de tubo de impedância é possível mediante três técnicas: método de função de transferência, razão de onda estacionária e método da sala reverberante.
- B A determinação do coeficiente de absorção acústica pela técnica de função de transferência por dois microfones, segundo a ISO 10534-1, está sujeita a erro devido a diferenças de fase entre os canais de medição. Logo, ao se usar a técnica de dois microfones, um procedimento de correção do sinal da função de transferência é repetir a medida intercambiando os canais, de modo que o canal é definido pelo conjunto microfone, pré-amplificador e canal no analisador de sinal dinâmico. No caso da técnica de um microfone, não existe a necessidade de correção na avaliação da função de transferência.
- C A técnica de ondas estacionárias para a determinação do coeficiente de absorção utiliza apenas um microfone móvel e uma excitação em tom puro. Se a pressão acústica no tubo de impedância é medida em escala logarítma (em dB), e conseqüentemente a diferença dos níveis de pressão máxima e de pressão mínima  $\Delta L$  é expressa em dB, então a razão de onda estacionária é dada por  $10^{(\Delta L/20)}$ . Nesse caso, o coeficiente de absorção sonora, por sua vez, é dado pela seguinte expressão:  $[4 \times 10^{(\Delta L/20)}] \times [10^{(\Delta L/20)} + 1]^{-2}$ .
- D O fator de reflexão da pressão acústica à incidência normal, segundo a ISO 10534-1, é uma razão complexa da amplitude de pressão entre a onda refletida e a onda absorvida, no plano de referência para uma onda plana de incidência normal.
- E A determinação do coeficiente de absorção acústica ( $\alpha$ ) é dada pela expressão  $\alpha = 1 + |r|^2$ , em que  $r$  é o fator de reflexão da pressão acústica à incidência normal. Já a determinação da razão de impedância acústica específica ( $z$ ) é dada pela expressão  $z = (1 - r) \times (1 + r)^{-1}$ .

## QUESTÃO 69

Com relação aos fundamentos da acústica, assinale a opção correta.

- A Fluxo de gases pode constituir fonte de ruído. Por exemplo, o ruído produzido pelo desprendimento de vórtices, em cilindros longos, apresenta amplo espectro de som com pico em frequência proporcional à razão entre o diâmetro do cilindro e a velocidade do gás.
- B Suponha um meio cristalino anisotrópico, com espaçamentos interatômicos mais próximos em uma das direções que nas outras duas. Nesse caso, esse cristal apresenta uma única velocidade de propagação ao longo das três direções do cristal.
- C A densidade de energia ( $\epsilon$ ) da onda plana é dada pela expressão  $\epsilon = \rho c^2 P^2$ , em que  $P^2$  é o quadrado do valor eficaz da pressão sonora,  $\rho$  é a densidade volumétrica do meio acústico e  $c$ , a velocidade de propagação do som no meio acústico. Logo, a densidade de energia da onda plana é proporcional à impedância específica, que é dada por  $\rho c^2$ .
- D O princípio de Huygens-Fresnel considera cada ponto de uma frente de onda progressiva como uma nova fonte acústica plana.
- E O fenômeno de reflexão e transmissão parcial pode ocorrer quando uma onda plana choca-se com uma fronteira plana. Nesse caso, de acordo com a lei de Snell, a reflexão obedece à expressão  $\sin i = \sin f$  e a refração, à expressão  $\sin i \sin r = v_1 v_2$ , em que  $i$ ,  $f$  e  $r$  são, respectivamente, os ângulos de incidência, de reflexão e de refração da onda plana progressiva, e  $v_1$  e  $v_2$ , as velocidades de propagação nos meios incidente e refratado, respectivamente.

## QUESTÃO 70

Com referência aos conceitos básicos de medição de grandezas acústicas e vibratórias, assinale a opção correta.

- A O princípio da técnica de sala reverberante é dado pela fórmula de Sabine, ou seja, o tempo de reverberância é igual a  $55,3 \times V/(cA)$ , em que  $c$  é a velocidade de propagação do som no ar,  $V$  é o volume da sala reverberante e  $A$ , a área de absorção sonora equivalente.
- B Em sala reverberante, a ABNT define que os resultados do coeficiente de absorção sonora devem ser relatados na forma de tabela e em gráfico, para o caso de absorvedores planos e objetos isolados ou em arranjo específico. No caso de objetos em arranjo, a área de absorção sonora equivalente por objeto deve ser determinada, antes de se proceder a determinação do coeficiente de absorção sonora.
- C Existem duas formas de se calcular o índice de redução sonora. O primeiro método determina a razão entre a potência sonora incidente sobre uma amostra de ensaio e a potência sonora transmitida através da amostra, não dependendo o índice de redução sonora, calculado por esse método, do ângulo de incidência da onda sonora. O segundo método é determinado pela subtração entre os níveis de pressão sonora média entre as salas emissora e receptora, respectivamente, subtraindo-se, ainda, o valor dado por  $10 \log(S/A)$ , em que  $S$  é a área da amostra de ensaio e  $A$ , a área de absorção equivalente, na sala receptora. No caso de campos sonoros difusos, o primeiro método é preferido.
- D Os medidores de nível de pressão sonora necessitam de calibração periódica. A calibração desses medidores é feita por calibrador do tipo alto-falante, mais conhecido por pistonfone.
- E O vibrômetro a *laser* é um sistema óptico usado para medir deslocamento instantâneo de uma onda sonora em determinado ponto de uma estrutura. Esse equipamento é um instrumento de medição sem contato que mede o componente deslocamento na direção do feixe incidente do *laser*. O deslocamento é medido por meio do desvio *hall* da luz espalhada pela superfície em movimento.