

CONCURSO PÚBLICO
Nível Superior

Aplicação: 23/9/2007

Cargo **20:**

PESQUISADOR-TECNOLOGISTA EM METROLOGIA E QUALIDADE
ÁREA DE METROLOGIA ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

Caderno M

LEIA COM ATENÇÃO AS INSTRUÇÕES ABAIXO.

- 1 Ao receber este caderno, confira atentamente se o tipo de caderno — Caderno M — coincide com o que está registrado em sua folha de respostas. Em seguida, verifique se ele contém cento e vinte itens, correspondentes às provas objetivas, corretamente ordenados de 1 a 120, seguidos da prova discursiva.
- 2 Caso o caderno esteja incompleto ou tenha qualquer defeito, solicite ao fiscal de sala mais próximo que tome as providências cabíveis.
- 3 O espaço para rascunho da prova discursiva é de uso opcional; não contará, portanto, para efeito de avaliação.
- 4 Não utilize lápis, lapiseira/grafite, borracha e(ou) qualquer material de consulta que não seja fornecido pelo CESPE/UnB.
- 5 Não serão distribuídas folhas suplementares para rascunho nem para texto definitivo.
- 6 Não se comunique com outros candidatos nem se levante sem autorização do chefe de sala.
- 7 Na prova discursiva, não será avaliado texto escrito a lápis, texto escrito em local indevido ou texto que tenha identificação fora do local apropriado.
- 8 Recomenda-se não marcar ao acaso, cada item cuja resposta diverja do gabarito oficial definitivo receberá pontuação negativa, conforme consta em edital.
- 9 A duração das provas é de **cinco horas**, já incluído o tempo destinado à identificação — que será feita no decorrer das provas —, ao preenchimento da folha de respostas e à transcrição do texto definitivo da prova discursiva para o caderno de texto definitivo.
- 10 Você deverá permanecer obrigatoriamente em sala por, no mínimo, uma hora após o início das provas e poderá levar o seu caderno de provas somente no decurso dos últimos **quinze minutos** anteriores ao horário determinado para o término das provas.
- 11 Ao terminar as provas, chame o fiscal de sala mais próximo, devolva-lhe a sua folha de respostas e o caderno de texto definitivo da prova discursiva e deixe o local de provas.
- 12 A desobediência a qualquer uma das determinações constantes no presente caderno, na folha de respostas ou no caderno de texto definitivo da prova discursiva poderá implicar a anulação das suas provas.

AGENDA (datas prováveis)

- I 25/9/2007, às 13h (horário de Brasília) – Gabaritos oficiais preliminares das provas objetivas: Internet — www.cespe.unb.br/concursos/inmetro2007.
- II 26 e 27/9/2007 – Recursos (provas objetivas): exclusivamente no Sistema Eletrônico de Interposição de Recurso, Internet, mediante instruções e formulários que estarão disponíveis nesse sistema.
- III 23/10/2007 – Resultado final das provas objetivas e resultado provisório da prova discursiva: Diário Oficial da União e Internet.
- IV 24 e 25/10/2007 – Recursos (prova discursiva): em locais e horários que serão informados na divulgação do resultado provisório.
- V 20/11/2007 – Resultado final da prova discursiva e convocação para a avaliação de títulos: Diário Oficial da União e Internet.

OBSERVAÇÕES

- Não serão objeto de conhecimento recursos em desacordo com o item 15 do Edital n.º 1 – INMETRO, de 20/8/2007.
- Informações adicionais: telefone (0XX) 61-3448-0100; Internet — www.cespe.unb.br/concursos/inmetro2007.
- É permitida a reprodução deste material apenas para fins didáticos, desde que citada a fonte.

De acordo com o comando a que cada um dos itens de 1 a 120 se refira, marque, na **folha de respostas**, para cada item: o campo designado com o código **C**, caso julgue o item **CERTO**; ou o campo designado com o código **E**, caso julgue o item **ERRADO**. A ausência de marcação ou a marcação de ambos os campos não serão apenadas, ou seja, não receberão pontuação negativa. Para as devidas marcações, use a **folha de respostas**, único documento válido para a correção das suas provas.

CONHECIMENTOS BÁSICOS

1 O Brasil obteve o reconhecimento internacional do
Programa Brasileiro de Certificação de Manejo de Florestas
(CERFLOR) durante a 19.^a Reunião Plenária do Program for
4 the Endorsement of Forest Certification (PEFC), maior
fórum de programas nacionais de certificação de manejo
florestal.

7 Atualmente, o PEFC é composto por 30 membros
representantes de programas nacionais de certificação
florestal, sendo que 21 deles já foram submetidos a rigoroso
10 processo de avaliação e possuem seu reconhecimento,
representando uma área de 127.760.297 hectares de florestas
certificadas, que produzem milhões de toneladas de madeira
13 certificadas com a marca PEFC.

O reconhecimento do programa brasileiro significa
que as nossas florestas atendem às práticas internacionais de
16 manejo sustentável, são socialmente justas, economicamente
viáveis e ambientalmente corretas, o que facilita o aumento
das exportações das empresas brasileiras, devido à queda de
19 barreiras técnicas.

Internet: <www.inmetro.gov.br> (com adaptações).

Em relação às estruturas linguísticas do texto acima, julgue os
itens a seguir.

- 1 Na linha 4, o emprego de vírgula após “(PEFC)” justifica-se por isolar expressão apositiva subsequente.
- 2 A substituição da expressão “é composto” (l.7) por **compõem-se** mantém a correção gramatical do período.
- 3 A substituição do segmento “sendo que” (l.9) por **nos quais** mantém a correção gramatical do período.
- 4 O emprego do pronome na primeira pessoa do plural — “nossas” (l.15) — faz que o trecho em que ele ocorre se refira a todos os brasileiros.
- 5 A substituição de “às práticas” (l.15) por **a práticas** prejudica a correção gramatical do período.

Nos itens a seguir, os fragmentos constituem trechos sucessivos de um texto, adaptado da Internet (www.inmetro.gov.br). Julgue-os quanto ao aspecto gramatical.

- 6 Compradores de diferentes partes do mundo de produtos oriundos de florestas exigem cada vez mais a comprovação de que a matéria-prima de base florestal provenha de fontes adequadamente manejadas. Por esse motivo, a certificação de manejo florestal e de produtos derivados de florestas, conferida por uma terceira parte independente, passaram a ser um requisito importante para a realização de negócios.
- 7 Entre os benefícios da certificação florestal, podemos destacar: a ampliação das exportações; o acesso a novos mercados; a melhoria da imagem da organização e do próprio país; o crescimento socioeconômico da atividade florestal; a proteção de ecossistemas; a melhoria das condições de trabalho e o atendimento à legislação.
- 8 Desenvolvido no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade (SBAC) e gerenciado, pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Programa Brasileiro de Certificação de Manejo de Florestas (CERFLOR) é um programa de natureza voluntária e aberto a participação das partes interessadas.

9 Atendendo à regras internacionais de normalização, avaliação da conformidade e acreditação de organismos atuantes nessa área, o envolvimento direto da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do INMETRO, organizações reconhecidas internacionalmente, reforça substancialmente a iniciativa brasileira.

10 O CERFLOR é o primeiro e único programa nacional de certificação de manejo de florestas nativas tropicais a conseguir reconhecimento no mais importante fórum com esse objetivo.

1 Em dezembro de 2004, foi editado o Decreto n.º 5.296, que regulamenta a Lei n.º 10.048/2000 — que dispõe sobre a prioridade de atendimento às pessoas 4 portadoras de deficiência, idosos, gestantes, lactantes e pessoas acompanhadas por crianças de colo — e a Lei n.º 10.098/2000 — que estabelece normas gerais e 7 critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida.

10 Para dar efetividade a essas leis, foi criado um programa para a promoção da acessibilidade dessas pessoas. Devido à dimensão territorial do Brasil, às suas 13 peculiaridades regionais, geográficas, econômicas, culturais e infra-estruturais, o programa não leva em conta somente o veículo ou embarcação a ser utilizado, mas tudo o que 16 compõe o sistema de transporte, seja ele rodoviário (urbano, municipal ou interestadual), seja aquaviário (mar e interior), desde o embarque até o desembarque de passageiros, 19 garantindo o direito do cidadão de ir e vir com segurança e autonomia.

Para isso, elaborar normas e desenvolver programas 22 de avaliação da conformidade para acessibilidade nos transportes coletivos — rodoviário e aquaviário — em veículos e equipamentos novos e adaptados foram atividades 25 estabelecidas para o INMETRO.

Idem, *ibidem* (com adaptações).

Com base no texto, julgue os itens que se seguem.

- 11 A substituição de “foi editado” (l.1) por **editou-se** mantém a correção gramatical do período.
- 12 A palavra “lactantes” (l.4) está sendo empregada com o sentido de **crianças que estão em período de amamentação**.
- 13 Depreende-se das informações do texto que a iniciativa de garantir segurança e autonomia às pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida leva em consideração o sistema de transporte, desde o embarque até o desembarque.
- 14 Na linha 13, após “regionais”, “geográficas” e “econômicas”, as vírgulas empregadas seguem a mesma regra gramatical.
- 15 A forma verbal “foram” (l.24) está no plural para concordar com a expressão subsequente “atividades estabelecidas” (l.24-25).

1 O INMETRO tem realizado estudos aprofundados que visam diagnosticar a realidade do país e encontrar melhores soluções técnicas para que o Programa de
4 Acessibilidade para Transportes Coletivos e de Passageiros seja eficaz.

Além disso, estão sendo elaboradas normas técnicas
7 para veículos novos, ao passo que, para outros veículos, o Decreto n.º 5.296 estabelece que o INMETRO especifique os que poderão ser adaptados, dentre aqueles em circulação.
10 E, ainda, que adaptações, procedimentos e equipamentos a serem utilizados sejam submetidos a programas de avaliação da conformidade.

13 Apesar de pequena, a função do INMETRO é fundamental, já que a instituição está contribuindo para a promoção da igualdade social.

Idem, ibidem (com adaptações).

Com relação a esse texto, julgue os itens seguintes.

- 16 O segmento “tem realizado” (ℓ.1) pode, sem prejuízo para a correção gramatical do período, ser substituído por qualquer uma das seguintes opções: **vem realizando, está realizando, realiza.**
- 17 O termo “para que” (ℓ.3) estabelece uma relação de finalidade entre orações do período.
- 18 Subentende-se, após a palavra “ainda” (ℓ.10), a forma verbal anteriormente explicitada, ou seja: “especifique” (ℓ.8).
- 19 A substituição de “Apesar de” (ℓ.13) por **Embora** prejudica a correção gramatical do período.
- 20 As escolhas lexicais e sintáticas do texto tornam seu nível de linguagem inadequado para correspondências oficiais.

Depois de 10 anos de pesquisa, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em parceria com a multinacional alemã da área química Basf, criou a primeira variedade de soja transgênica tolerante a herbicidas *made in* Brasil. Essa é uma atividade amplamente dominada pelos gigantes mundiais da engenharia genética, a começar pela norte-americana Monsanto. Ela detém a patente da soja *Roundup Ready* (RR), o único produto alimentar do gênero liberado — a muitíssimo custo — para cultivo comercial e para comercialização no país. O grão modificado pela EMBRAPA contém um gene de uma planta que o torna resistente aos herbicidas usados contra ervas daninhas.

O Estado de S. Paulo, 12/8/2007, p. A3 (com adaptações).

Tendo o texto acima como referência inicial e considerando as múltiplas implicações do tema por ele abordado, julgue os itens subseqüentes.

- 21 O feito conseguido pela EMBRAPA, mencionado no texto, reitera a posição de ponta dessa empresa estatal no campo da pesquisa científica brasileira contemporânea.
- 22 Na atual economia globalizada, a produção no campo tende a fazer uso intensivo de inovações tecnológicas com vistas ao aumento da produtividade, uma das condições determinantes para a inserção em um mercado mundial altamente competitivo.
- 23 Infere-se do texto que a inexistência de reação à introdução de produtos transgênicos no país estimulou a EMBRAPA a se dedicar à produção da primeira variedade brasileira de soja transgênica.
- 24 O caráter estratégico da engenharia genética na economia contemporânea impede que grandes empresas mundiais do setor estabeleçam algum tipo de associação ou de parceria na execução de suas pesquisas.

25 O surgimento da nova variedade de soja obtida pela EMBRAPA tem como uma de suas vantagens a de libertar o produtor brasileiro da dependência exclusiva de uma só tecnologia nessa área.

26 Desvinculada do que hoje se denomina agronegócio, a soja é provavelmente o exemplo mais expressivo do sucesso da agricultura familiar no atual estágio da economia mundial, tanto no Brasil quanto em outros países produtores.

A recente mudança dos hábitos alimentares dos chineses provocou uma guinada nos preços do leite e de produtos lácteos na União Européia. Porém a novidade, uma boa notícia para os pecuaristas europeus, já inquieta os consumidores. Impulsionada pelo vigoroso crescimento econômico, a China vê explodir a demanda do consumo de proteínas e de leite, artigos raros nas mesas chinesas até os anos 90. O apetite voraz por esse tipo de alimento na China foi responsável pelo crescimento de 13,46% no consumo do produto no ano passado — e nenhum mercado no mundo tem um dinamismo tão grande e tanta influência nas exportações da União Européia, o maior produtor mundial de leite.

Folha de S. Paulo, 12/8/2007, p. A24 (com adaptações).

Tendo o texto acima como referência inicial e considerando as diversas implicações do tema que ele focaliza, julgue os itens que se seguem.

- 27 Na atualidade, a China é considerada uma das mais fortes e dinâmicas economias do mundo, com índices anuais de crescimento muito expressivos.
- 28 A abertura econômica chinesa é acompanhada de idêntica liberalização no campo político, o que se percebe com o afastamento cada vez maior do Partido Comunista na condução do Estado.
- 29 Citada no texto, a União Européia é considerada o exemplo mais avançado de bloco econômico no mundo contemporâneo, fruto de longo e complexo processo de constituição histórica.
- 30 Especialistas são unânimes em afirmar que o êxito da União Européia decorre de seu caráter exclusivamente econômico, sem pretensões de promover a integração político-cultural de seus membros.
- 31 Segundo o texto, a atual explosão do consumo de proteínas e de leite na China recupera antigos e tradicionais hábitos alimentares de sua população, os quais, por circunstâncias diversas, foram interrompidos nos anos 90.
- 32 O caso citado no texto confirma uma característica da economia global contemporânea, qual seja, a interdependência dos mercados.
- 33 Segundo o texto, produção reduzida e consumo elevado explicam a alta dos preços do leite e de seus derivados na União Européia.
- 34 O impacto do crescimento chinês sobre a economia mundial não é maior porque o país resiste a ingressar na Organização Mundial do Comércio (OMC) e a ampliar suas exportações.
- 35 Também asiática e quase tão populosa como a China, a Índia apresenta-se hoje como uma das mais pujantes economias emergentes do planeta.

This text refers to items 36 through 50.



Coming changes in electrical outlets and plugs

1 Do you ever pay attention to the plug when buying
2 appliances? From now on, you will have to. Based on
3 INMETRO's regulations, a new law already in effect makes
4 grounding mandatory. Therefore, three-prong plugs will
5 become commonplace, giving extra work to consumers as
6 early as this year.

7 The third prong provides a path to ground along
8 which the electric current travels. Electrical outlets will also
9 have three-wire receptacles that accommodate electrical
10 cords with three-prong plugs. Most major appliances, such as
11 stoves, refrigerators, and computers, have three-prong plugs,
12 meaning that they are grounded. Most older homes do not
13 have three-wire receptacles. If yours does not, you should
14 have an electrician rewire the home to accommodate the
15 three-prong plugs. Although three-prong adapters (called
16 cheater plugs) can be purchased, they are not recommended
17 for permanent use. Also remember never to clip the third
18 prong off a plug to make it fit a two-hole outlet.

19 The idea behind grounding is to protect the people
20 who use metal encased appliances from electric shock. The
21 casing is connected directly to the ground prong. Thus,
22 INMETRO's concern is solely with safety. People touching
23 a refrigerator, for instance, will not get any potentially fatal
24 shocks.

25 Changes will have been introduced gradually by
26 2009, so as not to cause a profound impact on the population.
27 Electrical outlets will already be available with the third
28 receptacle. However, this will be useless unless it is
29 grounded. By law, new constructions must have grounding.

30 As of 2010, all appliances which need the third
31 prong will already include it. Not all outlets need to be
32 modified. Only those which will accommodate three-prong
33 plugs such as those for washing machines. Old appliances
34 with round pins will continue to operate normally.

35 With this initiative, INMETRO expects to solve
36 existing problems with electrical outlets. At present, there are
37 around twelve different types on the market. It is not
38 uncommon to try to push the plug into an outlet without
39 being completely successful. If it is not totally pushed in, the
40 part that is left out becomes a great risk of accidents. With
41 the new standard plug such risk will be eliminated.

42 Appliances which will continue to operate with two-
43 prong plugs are televisions, DVDs, video games and
44 blenders. Those requiring the third prong are microwave
45 ovens, air conditioners, washing machines, and freezers.

Internet: <extra.globo.com/economia/materiais>; <www.tva.gov>;
<www.istockphoto.com/file_closeu> (with adaptations).

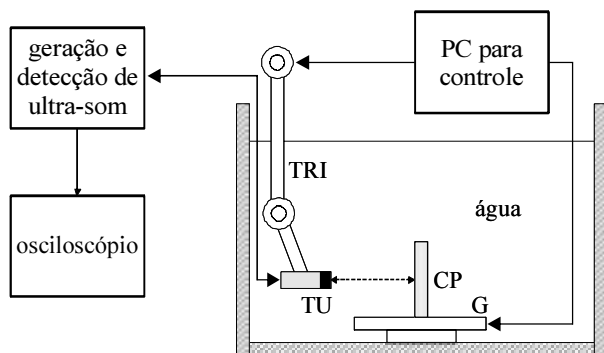
According to the text,

- 36 people should never pay attention to plugs.
- 37 grounding is not considered an important matter
by INMETRO.
- 38 grounding is not optional in Brazil any more due to
a new law.
- 39 people should always use the so-called cheater plugs.
- 40 INMETRO has made a selection of the best plugs on
the market.
- 41 reaching safety through the use of adequate equipment is a
concern of INMETRO's.
- 42 two-prong plugs will be eliminated.
- 43 all appliances will require the third prong.
- 44 the existence of so many different types of electrical outlets
poses a problem.

With the picture and text as reference, judge the following items.

- 45 The photo shows a plug with a round pin and two flat blades.
- 46 The complement of the phrase "you will have to" (l.2) is **pay attention to the plug when buying appliances**.
- 47 Sofas, chairs and tables are examples of appliances.
- 48 "three-prong plugs" (l.4) are plugs with three prongs.
- 49 "useless" (l.28) means **having no purpose**.
- 50 "requiring" (l.44) can be correctly replaced by **which require** without any change in meaning.

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS



O tanque de ultra-som é um aparato conveniente para inspeções não-destrutivas de materiais. Esse aparato, dotado de um estágio de translação/rotação/inclinação (TRI) e de uma mesa giratória (G) cujos posicionamentos são precisamente controlados por um microcomputador (PC), é preenchido com água e propicia a propagação de ultra-som de um transdutor piezoelétrico (TU) até um corpo-de-prova (CP), conforme ilustrado na figura acima. Ondas ultra-sônicas são utilizadas para detectar eventuais fissuras milimétricas existentes ao longo da espessura do corpo-de-prova. Na configuração ilustrada na figura, o transdutor piezoelétrico desempenha o papel simultâneo de transmissor e de receptor de ondas ultra-sônicas. Os sinais recebidos na operação são, então, armazenados em um osciloscópio digital para análise de resultados.

Com respeito à montagem experimental descrita, julgue os itens seguintes, considerando a situação em que o corpo-de-prova é um bloco de aço inoxidável de aproximadamente 2 cm de espessura.

- 51 O método tradicional para localização das fissuras, utilizando-se o aparato descrito, baseia-se em uma técnica de processamento de sinais denominada correlação-cruzada (*cross-correlation*). Para tanto, são geradas ondas ultra-sônicas contínuas em vez de ondas pulsadas.
- 52 Para melhor resolução espacial (definição) de determinada fissura milimétrica, é preferível que o transdutor piezoelétrico opere em kilohertz que em megahertz.
- 53 Para determinada distância entre transdutor piezoelétrico e corpo-de-prova, quanto maior a frequência de operação do transdutor, maior será a atenuação da onda ultra-sônica na água antes de essa onda incidir na superfície do corpo-de-prova.
- 54 Qualquer que seja o ângulo de incidência da onda ultra-sônica com relação à normal à superfície do corpo-de-prova, a amplitude da onda refratada no aço inoxidável será a mesma, pois a amplitude dessa onda depende apenas da diferença entre impedâncias acústicas da água e do aço inoxidável.
- 55 No tanque ultra-sônico, é preferível a utilização de um transdutor de ondas transversais a um transdutor de ondas longitudinais, pois as ondas transversais são mais lentas que as ondas longitudinais, implicando maior resolução temporal para determinação precisa da localização de fissuras no corpo-de-prova.

A técnica *laser*-ultra-som figura entre as mais promissoras para rotinas de metrologia de micro e macroestruturas. Nessa técnica, um feixe *laser* (normalmente pulsado) incide em uma amostra sólida gerando ultra-som por meio do regime termo-elástico ou ablativo. Um outro feixe *laser* (normalmente contínuo), acoplado a um sistema interferométrico, é então direcionado para a superfície da amostra para detecção do ultra-som gerado. Como a geração e a detecção de ultra-som são ambas realizadas por dois feixes ópticos, a técnica é totalmente remota, podendo ser utilizada em amostras submetidas às mais extremas condições de temperatura e pressão. A focalização dos feixes ópticos com lentes adequadas possibilita, também, a aplicação da técnica em amostras com superfícies bastante irregulares e de difícil acesso. Outra grande vantagem oferecida pela técnica *laser*-ultra-som é a geração simultânea de diferentes tipos de ondas elásticas (ou ondas de ultra-som) em sólidos, incluindo ondas volumétricas (longitudinais e transversais), ondas de superfície (Rayleigh) e ondas guiadas (ondas de Lamb em placas, ondas de flexão em cilindros etc.). Essas características não são possíveis com técnicas convencionais de geração e detecção de ultra-som com transdutores piezoelétricos.

Considerando essas informações, julgue os seguintes itens, referentes à técnica *laser*-ultra-som.

- 56 Na técnica descrita, a densidade de energia do feixe óptico de geração, que controla as amplitudes dos diversos modos elásticos gerados na amostra, é inversamente proporcional à área do feixe.
- 57 É correto afirmar que um sistema *laser*-ultra-som de alta precisão não exige, necessariamente, alta acurácia.
- 58 Alguns sistemas *laser*-ultra-som empregam interferômetro heteródino do tipo Mach-Zehnder para detecção de ondas elásticas. Nos interferômetros heteródinos, as frequências dos dois feixes ópticos que se interferem são iguais.
- 59 Em um sistema *laser*-ultra-som que emprega interferômetro homódino para detecção de ondas elásticas, a largura-de-faixa do sistema é limitada pela bandapassante do fotodetector.
- 60 A sensibilidade de um sistema *laser*-ultra-som está relacionada com a detecção de refletores (por exemplo, falhas internas em amostras) a uma dada distância. Assim, quanto maior for a amplitude do sinal proveniente do refletor, menor será a sensibilidade do sistema *laser*-ultra-som.

Julgue os itens subseqüentes, relativos ao campo acústico gerado por um transdutor piezoelétrico.

61 O campo acústico gerado por um transdutor piezoelétrico é dividido em duas zonas: o campo próximo (*near field*), também denominado Fraunhofer, e o campo distante (*far field*), também denominada de zona de Fresnel.

62 Normalmente, medições ultra-sônicas de descontinuidades internas em amostras, embasadas em técnicas de amplitude de sinal, são realizadas no campo próximo.

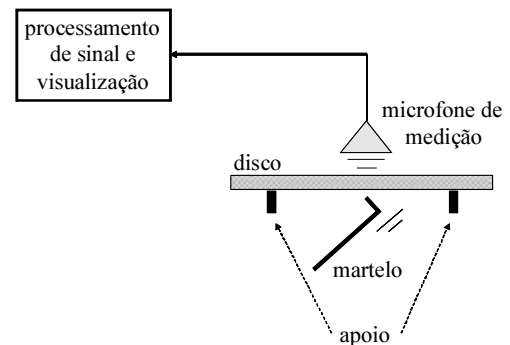
63 No campo distante, a amplitude do eco de ultra-som sempre decai com a distância entre a área ativa do transdutor e a superfície do refletor. A taxa de decaimento da amplitude do eco depende da atenuação imposta pelo meio de propagação.

64 Considere-se dois transdutores piezoelétricos que contenham, cada um, cristal (elemento ativo) de diâmetro D , mas que operem em duas frequências distintas, f_1 e f_2 , sendo $f_1 < f_2$. Nessa situação, o campo próximo de menor extensão é aquele gerado pelo transdutor que opera na frequência f_1 .

65 Considere-se que um refletor metálico seja posicionado na frente de um transdutor piezoelétrico submerso em água. Considere-se, ainda, que dois ecos, obtidos com esse refletor posicionado em duas distâncias distintas do transdutor, sejam registrados por um sistema de aquisição, e que seja constatado que a amplitude do eco obtido com o refletor mais próximo do transdutor — designado por E_1 — seja dez vezes superior à amplitude do eco obtido com o refletor mais afastado do transdutor — designado por E_2 . Nessa situação, para que as amplitudes de ambos os ecos se igualem, seria necessária uma amplificação de ganho 10 dB a ser aplicada ao eco E_2 .

O módulo de elasticidade E , ou módulo de Young, é um parâmetro de grande importância prática no controle de qualidade de diversos processos industriais. Para determinação do módulo de elasticidade de um disco sólido, um procedimento possível é a obtenção, em primeiro lugar, das frequências naturais, ou frequências de ressonância, f_i , do disco, para $i = 1, 2, \dots$, pois a teoria de vibrações estabelece a seguinte relação entre frequência dos modos naturais e módulo de elasticidade de um disco sólido:

$$f_i = e_i \frac{h}{4\sqrt{3}\pi r^2} \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\sigma^2)}}$$
, em que e_i é o valor próprio (*eigenvalue*) do i -ésimo modo, h , r , ρ e σ são a espessura, o raio, a densidade e a razão de Poisson do disco, respectivamente.



Com respeito aos modos de flexão do disco, as frequências naturais dos diversos modos podem ser determinadas com a montagem experimental mostrada na figura acima. Nessa montagem, o disco é apoiado sobre pequenos pinos cuidadosamente posicionados; um pequeno martelo dispara um impulso no centro do disco; os modos de vibração são detectados por um microfone de medição instalado sobre o eixo central da estrutura vibratória; por fim, os sinais de vibração são digitalizados por um osciloscópio digital, e seus espectros são determinados por meio da técnica FFT (*fast Fourier transform*).

Considerando as informações acima, julgue os itens a seguir.

66 Para a correta medição da frequência natural de determinado modo do disco, os pinos de apoio devem ser posicionados sob as linhas antinodais do disco.

67 Quanto maior for o fator Q (fator de qualidade) de determinado modo de vibração do disco, mais próxima da verdadeira frequência natural (não-amortecida) do modo em questão será a frequência medida pelo microfone.

68 Com respeito ao sistema vibratório ilustrado, o número de modos visualizados no referido osciloscópio não é determinado pelo impulso gerado pelo martelo, mas sim, pela banda passante do microfone utilizado na medição.

69 Se determinado modo de flexão do disco possuir frequência de 2 kHz, para que o espectro desse modo seja gerado satisfatoriamente pela técnica FFT, o sistema de aquisição do osciloscópio digital deve amostrar o sinal a uma taxa mínima de 2.000 amostras por segundo.

70 Para que o módulo de elasticidade do disco seja determinado a partir das frequências naturais dos modos de vibração, é necessário conhecer, além dos valores próprios dos modos, as dimensões, densidade e razão de Poisson do disco. Para a maioria dos materiais, a razão de Poisson é um parâmetro com valor compreendido entre 0 e 0,5.

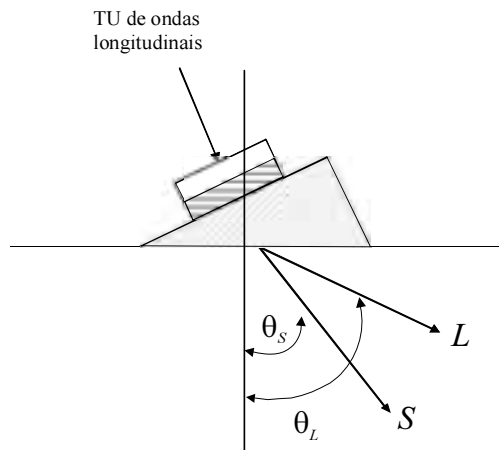


Figura I

Sapatas acústicas são dispositivos, normalmente feitos de plástico, utilizados para conversão de modos elásticos (ultra-sônicos). É bem conhecido que, quando acoplado a uma sapata apropriada, um transdutor piezoelétrico (TU) de ondas longitudinais pode gerar, além de ondas longitudinais, ondas transversais e ondas de superfície. O esquema apresentado na figura I, acima, ilustra a geração simultânea de ondas longitudinais (L) e transversais (S) a partir de um único transdutor de ondas longitudinais.

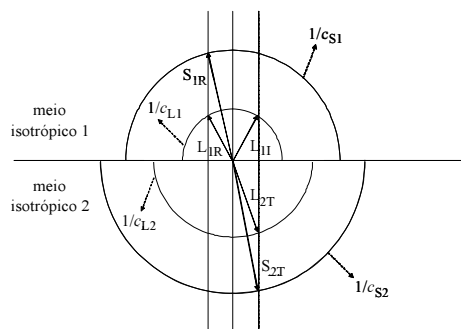


Figura II

O traçado das curvas do recíproco das velocidades acústicas (*slowness curves*), combinado com a lei de *Snell* de reflexão e refração, é um procedimento gráfico conveniente para o entendimento da sapata acústica de conversão de modos. O esboço ilustrado da figura II, acima, mostra a construção gráfica das curvas na junção entre dois meios isotrópicos (meio 1 e meio 2). Nessa figura, uma onda longitudinal (L_{1I}) incidente na interface entre o meio 1 e o meio 2 gera uma onda longitudinal (L_{1R}) e outra transversal (S_{1R}) refletidas no meio 1, e uma onda longitudinal (L_{2T}) e outra transversal (S_{2T}) refratadas no meio 2. Na figura, c_{L1} e c_{L2} são as velocidades de fase das ondas longitudinais no meio 1 e no meio 2, respectivamente, e c_{S1} e c_{S2} são as velocidades de fase das ondas transversais no meio 1 e no meio 2, respectivamente.

Considerando essas informações, julgue os seguintes itens.

71 Uma diferença entre as ondas longitudinais e transversais reside no fato de que a propagação de ondas longitudinais modifica o volume (ou densidade) do meio de propagação, ao passo que a propagação de ondas transversais não modifica o volume (ou densidade) do meio de propagação.

72 Dado o meio de propagação, a impedância acústica associada a uma onda transversal é maior que a impedância acústica associada a uma onda longitudinal.

73 Considerando-se a figura II e o mecanismo de propagação de ondas elásticas da sapata plástica para o aço, é correto afirmar que o meio 1 pode ser utilizado na representação das curvas do recíproco das velocidades acústicas na sapata, enquanto o meio 2 pode ser utilizado na representação das curvas do recíproco das velocidades acústicas no aço.

74 Considerando-se o esquema da figura II, é correto afirmar que, qualquer que seja o ângulo de incidência de uma onda transversal do meio 1 para o meio 2, serão sempre refratadas no meio 2 uma onda transversal e uma onda longitudinal.

75 Tendo como referência o esquema da figura II, é correto afirmar que existe um ângulo crítico de incidência a partir do qual uma onda longitudinal incidente no meio 2 é capaz de gerar somente uma onda transversal refratada no meio 1.

Um sistema mecânico massa-mola é um típico oscilador harmônico simples. A equação diferencial que descreve a vibração natural do sistema massa-mola é do tipo $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \frac{k}{m}x(t) = 0$, em que $x(t)$ é o deslocamento da massa, no instante arbitrário t , a partir da posição de equilíbrio; k é a constante elástica da mola; e m é a massa do corpo conectado à mola. Pode ser facilmente constatado que uma solução possível para essa equação diferencial é $x(t) = A \sin(\omega_0 t + \phi)$, sendo A a amplitude do movimento harmônico, ω_0 a frequência angular natural do sistema massa-mola, e ϕ a fase inicial. Considerando essas informações, e que x_0 e v_0 correspondem, respectivamente, ao deslocamento e à velocidade da massa no instante $t = 0$, julgue os itens subsequentes.

76 A frequência angular natural do sistema massa-mola descrito é $\omega_0 = \frac{k}{m}$.

77 A amplitude máxima da referida vibração é dada por

$$A = \left[x_0^2 + \left(\frac{v_0}{\omega_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

78 A fase inicial da vibração é dada por $\phi = \text{tg}^{-1} \left(\frac{v_0}{\omega_0 x_0} \right)$.

Considere um sistema mecânico massa-mola submetido a uma força harmônica de amplitude F_0 , frequência angular ω e fase nula. A equação diferencial que descreve a vibração forçada desse sistema massa-mola é dada por: $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \frac{k}{m}x(t) = \frac{F_0}{m} \cos \omega t$, em

que k é a constante elástica da mola; e m é a massa do corpo conectado à mola. Supondo que uma solução particular possível para o deslocamento forçado desse sistema seja da forma $x(t) = B \cos \omega t$, isto é, um movimento harmônico com frequência e fase idênticas às da força aplicada, julgue os itens a seguir.

79 A amplitude máxima do deslocamento forçado é $B = \frac{F_0}{\omega_0 - \omega}$, em que ω_0 é a frequência angular natural do sistema massa-mola.

80 Para que o sistema massa-mola entre em ressonância, deve-se aplicar ao sistema uma força harmônica de amplitude arbitrária e frequência angular $\omega = \omega_0$.

No controle de qualidade da espessura de lâminas cerâmicas (amostras) à temperatura de 500 °C, são utilizadas duas instrumentações distintas de ultra-som. A primeira instrumentação, denominada *pulse-echo*, emprega um único transdutor piezoelétrico de ondas volumétricas (TU) operando na frequência nominal de 20 MHz. O transdutor, nessa configuração, gera e recebe os pulsos de ultra-som. O isolamento térmico entre transdutor e amostra é feito por um *buffer* constituído por um guia acústico feito de cerâmica de baixa atenuação. A figura I, a seguir, ilustra a configuração *pulse-echo* em questão, bem como ecos típicos — A, B e C — visualizados em um osciloscópio digital.

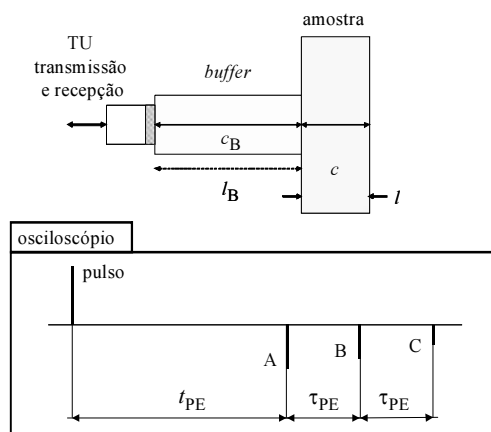


Figura I

A segunda instrumentação utiliza dois transdutores piezoelétricos de ondas volumétricas operando em 20 MHz. Um dos transdutores gera os pulsos de ultra-som, enquanto o outro transdutor recebe os pulsos. Nessa configuração, normalmente denominada *pitch-and-catch*, dois *buffers*, idênticos àquele utilizado na configuração *pulse-echo*, fazem o isolamento térmico entre transdutores e amostra. A figura II, a seguir, ilustra a configuração *pitch-and-catch* e os ecos — D, E e F — visualizados em um osciloscópio digital. Em ambas as configurações, a amostra possui comprimento l e velocidade acústica c , e os *buffers* possuem comprimento l_B e velocidade acústica c_B .

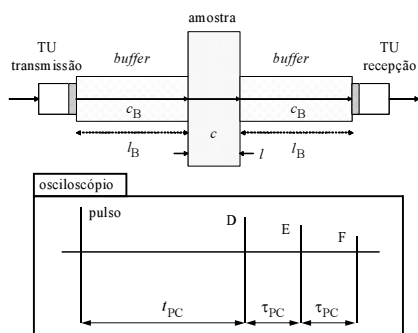


Figura II

A partir dessas informações e com respeito às instrumentações de ultra-som referidas acima, julgue os itens a seguir.

81 Para que os pulsos de ultra-som possam penetrar a amostra de forma eficaz, é suficiente que os *buffers* sejam pressionados manualmente contra a superfície da amostra, sendo que acoplantes de ultra-som não devem ser utilizados por três motivos: a temperatura é elevada; as impedâncias acústicas dos *buffers* e a da amostra são muito próximas em valor, pois são todos cerâmicos; e acoplantes geram ruído.

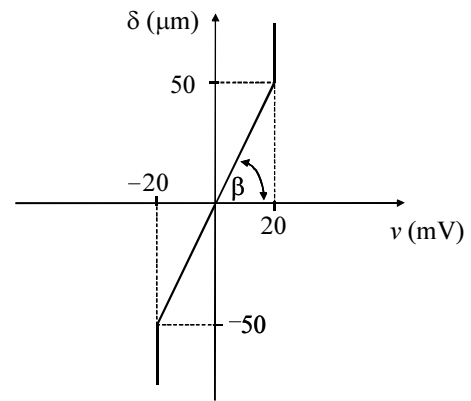
- 82 Na configuração *pulse-echo*, a espessura da amostra é determinada pela relação $l = \frac{\tau_{PE} C}{2}$.
- 83 Na configuração *pulse-echo*, o tempo de chegada (*time of flight*) do n -ésimo eco é dado por $t_n = 2 \frac{l_B}{c_B} + n \frac{2l}{c}$.
- 84 Na configuração *pitch-and-catch*, a espessura da amostra é determinada pela relação $l = \frac{\tau_{PC} C}{2}$.
- 85 Nas instrumentações de ultra-som, a nitidez dos ecos pode ser comprometida pelo ruído branco. Suponha que o osciloscópio digital empregado possua filtros digitais e implemente funções de processamento de sinais, tais como o cálculo da média de sinais (*average*). Nesse caso, para melhorar a relação sinal-ruído (*SNR*) dos ecos obtidos, é geralmente preferível utilizar um filtro digital do tipo rejeita-faixa, com bandapassante cuidadosamente selecionada, a tomar a média temporal do sinal oito vezes, por exemplo.

RASCUNHO

Em um experimento para simular o efeito de um sistema de amortecimento sobre uma chapa vibratória, um pequeno acelerômetro é posicionado no centro da chapa. Ao se excitar a chapa com um impulso controlado, o modo fundamental de vibração é registrado pelo acelerômetro. O sinal de saída do acelerômetro é da forma $x(t) = e^{-\alpha t} A \cos \omega t$, em que α é o coeficiente de amortecimento, A e ω são a amplitude e a frequência angular do modo captado, respectivamente. O experimento é repetido cinquenta vezes, sob condições bem controladas, revelando valores que se enquadram em uma distribuição normal (gaussiana) com valor médio $\bar{\alpha}$ e desvio-padrão σ_{α} .

Considerando essa situação, julgue os itens a seguir.

- 86** O coeficiente de amortecimento é calculado como o inverso do instante t em que a amplitude da vibração atinge um valor que corresponde a 10% de seu valor máximo.
- 87** Na análise estatística, a esperança do coeficiente de amortecimento é o próprio valor médio $\bar{\alpha}$.
- 88** A variância do coeficiente de amortecimento é exatamente o quadrado de seu desvio-padrão, isto é, $VAR(\alpha) = \sigma_{\alpha}^2$.
- 89** Considere que, analisando-se os cinquenta valores obtidos para o coeficiente de amortecimento, constata-se que todos os valores experimentais concentram-se próximos do valor médio. Nesse caso, é correto afirmar que o desvio-padrão do coeficiente de amortecimento é pequeno, e o acelerômetro está, necessariamente, bem calibrado para medidas absolutas de amplitudes de vibração.
- 90** O valor experimental encontrado para o coeficiente de amortecimento é preferencialmente expresso como $\alpha = \bar{\alpha} \pm \sigma_{\alpha}$ em vez de $\alpha = \bar{\alpha} \pm \sigma_{\alpha}^2$.



Considere-se que determinado sensor de deslocamentos possua a curva de calibração ilustrada na figura acima. Com base nessa curva, o sinal elétrico na saída do sensor, em milivolts (mV), pode ser utilizado para determinar o deslocamento mecânico, em micrômetros (μm), causado na superfície de um corpo sujeito a vibrações. Considerando essas informações, julgue os próximos itens.

- 91** O fator de calibração (FC) do referido sensor, no intervalo $-20 \text{ mV} \leq v \leq 20 \text{ mV}$, é $FC = \text{tg}(\beta) = 2,5$ metros por volt.
- 92** Se, em um determinado intervalo de tempo, a variação de tensão na saída do sensor for $-2 \text{ mV} \leq v \leq 8 \text{ mV}$, então, nesse intervalo de tempo, a variação de deslocamento sofrida pela superfície do corpo monitorado corresponde a $-5 \mu\text{m} \leq \delta \leq 20 \mu\text{m}$.
- 93** A faixa dinâmica do referido sensor de deslocamentos é de $50 \mu\text{m}$.
- 94** O sensor é apropriado para detectar — mas não para quantificar — deslocamentos superficiais de amplitude superiores a $50 \mu\text{m}$, e isso se deve à saturação do sensor em $\pm 20 \text{ mV}$.
- 95** Com respeito à curva apresentada, a relação v versus δ é linear.

Julgue os seguintes itens, referentes às características físicas de ondas audíveis (sonoras) e ultra-sônicas.

- 96** A escala decibéis (dB), utilizada, por exemplo, na quantificação de níveis sonoros, é embasada em logaritmos neperianos.
- 97** Considere que uma agência governamental seja designada para o estudo do nível de intensidade sonora em determinado centro urbano e no interior de um estado brasileiro. Considere-se ainda, que os técnicos dessa agência tenham constatado que o nível médio de potência sonora no centro urbano é de 80 dB, enquanto, no interior do referido estado, o nível médio de potência sonora é de 50 dB. Nessa situação, é correto afirmar que a potência sonora média (em watts) no centro urbano é 1.000 vezes maior que a potência sonora média no interior do estado.
- 98** O ouvido humano pode ser modelado como um receptor acústico com bandapassante compreendida, em média, entre 20 Hz e 20 kHz. Na medida em que o ser humano envelhece, essa bandapassante tende a ser reduzida.
- 99** O comprimento de onda de ondas ultra-sônicas que se propagam no ar é maior que o comprimento de onda das ondas audíveis, nesse mesmo meio. Esse é um dos motivos pelos quais o ouvido humano é insensível às ondas ultra-sônicas.
- 100** Tipicamente, ondas de ultra-som com alta potência e capazes de se propagarem no ar (*airborne*) são geradas com frequência de operação inferior a 1,0 MHz.

Com respeito às características de microfones e hidrofones utilizados na medição do campo sonoro, julgue os itens que se seguem.

- 101** O microfone, assim como o alto-falante, é um transdutor que converte som em sinal elétrico. A resposta em frequência de um microfone típico e a do ouvido humano são idênticas.
- 102** Microfones omnidirecionais são aqueles sensíveis somente às ondas sonoras provenientes de determinada direção, que deve ser normal à área sensível do microfone.
- 103** Os microfones de medição demonstram melhor acurácia entre todas as classes de microfones disponíveis. Via de regra, quanto menor o microfone de medição, maior a fidelidade no mapeamento do campo sonoro.
- 104** O hidrofone é um sensor sonoro para uso em água e em outros líquidos. Sua resposta em frequência pode atingir algumas dezenas de megahertz.
- 105** A faixa dinâmica de um hidrofone é definida como a média aritmética entre o maior e o menor níveis de pressão sonora mensuráveis.

O transdutor, também chamado de sensor, é um dispositivo constituído por material capaz de converter determinada forma de energia de entrada em outra forma de energia de saída. Como exemplo, há transdutores que convertem energia mecânica em energia elétrica. Com respeito às características dos diversos tipos de transdutores existentes no mercado, julgue os itens subsequentes.

- 106** Os certificados de calibração que normalmente acompanham os transdutores são documentos que especificam exclusivamente a sensibilidade e a resposta em frequência do dispositivo.
- 107** Um transdutor que obedece ao princípio da reciprocidade possui a mesma resposta em frequência para operação como transmissor ou receptor de energia. Transdutores piezoelétricos são exemplos típicos de dispositivos recíprocos.
- 108** Para um transdutor piezoelétrico de geração e recepção de ultra-som, a espessura do material piezoelétrico (elemento ativo) é inversamente proporcional à frequência de operação.
- 109** É possível construir um transdutor de velocidade usando-se um acelerômetro e um circuito integrador. Com o sinal de saída do acelerômetro conectado na entrada do circuito integrador, o sinal de saída deste circuito é proporcional à velocidade a ser medida.
- 110** Transdutores piezorresistivos e piezoelétricos são governados pelo mesmo princípio físico: conversão de força mecânica em cargas elétricas e vice-versa.

A interpretação satisfatória de medições acústicas para fins de metrologia e controle de qualidade requer entendimento de alguns conceitos fundamentais. Com respeito à potência, coeficientes de reflexão e transmissão, e impedância de ondas acústicas, julgue os itens a seguir.

- 111** Para todos os meios físicos, a direção de propagação do fluxo de potência de uma onda acústica é coincidente com a direção de propagação do vetor de onda.
- 112** A densidade de potência de uma onda acústica é o produto entre a densidade de energia da onda e o tempo.
- 113** Para uma onda acústica incidente na interface entre dois meios distintos, a onda transmitida pode sofrer inversão de fase, mas a onda refletida, não.
- 114** A soma dos coeficientes de transmissão e de reflexão de potência acústica é sempre igual à unidade.
- 115** Quanto mais denso for o meio físico, maior será sua impedância acústica. Assim, a impedância acústica do vácuo é nula, implicando que, nesse meio, não há propagação de ondas acústicas.

Uma câmara de reverberação é um compartimento especialmente projetado para distribuição uniforme da energia acústica. Essas câmaras são usadas na determinação da potência sonora de uma fonte e também na determinação do coeficiente de absorção acústica de um material. Com respeito às câmaras de reverberação e aos parâmetros acústicos a elas associados, julgue os seguintes itens.

- 116** Considere-se uma fonte acústica pulsada que opera no interior de uma câmara com paredes refletoras. Nesse caso, o tempo de reverberação desse compartimento é definido como o tempo necessário para que a intensidade acústica decresça 50 dB de seu valor máximo.
- 117** Campo acústico difuso é aquele em que determinadas propriedades acústicas permanecem inalteradas em qualquer parte do campo. Uma câmara de reverberação de alta qualidade deve ser capaz de gerar um padrão de campo acústico muito próximo a um campo difuso.
- 118** A absorção acústica total A , em m^2 -sabine, de uma câmara é calculada por meio da relação $A = \sum_{i=1}^n S_i \alpha_i$, em que S_i , em m^2 , é a área da n -ésima parede da câmara e α_n , em sabine, é o coeficiente de absorção do material que constitui a n -ésima parede.
- 119** Para determinação da potência acústica de uma fonte sonora em uma câmara reverberante, é necessário apenas um microfone. Todavia, para determinação do coeficiente de absorção de um material em uma câmara reverberante, além do microfone, é necessário um alto-falante, por exemplo.
- 120** A intensidade acústica é definida como potência acústica por unidade de área. Assim, a diferença em intensidade entre 10^{-8} W/m^2 e 10^{-4} W/m^2 é de 40 dB.
-

PROVA DISCURSIVA

- Nesta prova, que vale **dez** pontos, faça o que se pede, usando os espaços indicados no presente caderno para rascunho. Em seguida, transcreva o texto para o **CADERNO DE TEXTO DEFINITIVO DA PROVA DISCURSIVA**, nos locais apropriados, pois **não serão avaliados fragmentos de texto escritos em locais indevidos**.
- Qualquer fragmento de texto além da extensão máxima de **sessenta** linhas será desconsiderado.
- No **caderno de texto definitivo**, identifique-se apenas no cabeçalho da primeira página, pois **não será avaliado** texto que tenha qualquer assinatura ou marca identificadora fora do local apropriado.

Uma conceituada companhia eletrônica, líder mundial no mercado de microacelerômetros para *airbags*, enfrenta um sério desafio tecnológico com seu novo produto: um acelerômetro integrado em *chip*, cujo elemento ativo é um *microcantilever* (estrutura semelhante a uma gangorra em miniatura) constituído por uma camada de silício revestida com um filme de ouro. Na fase anterior ao encapsulamento do *chip*, quando uma das extremidades do *cantilever* é finalmente solta do substrato, o *cantilever* é significativamente curvado para cima, o que compromete o desempenho do acelerômetro. A diretoria técnica de um instituto de metrologia foi contatada, entre outras instituições, para propor a resolução imediata do problema. Através de uma série de reuniões, o corpo técnico conclui que a curvatura sofrida pelo *cantilever* é resultado do *stress* residual existente entre as camadas de silício e ouro. Para quantificação desse parâmetro físico, um modelo matemático foi desenvolvido e relaciona o *stress* residual com o módulo de elasticidade (módulo de Young) efetivo do *cantilever*.

Tendo como referência a situação hipotética acima e sabendo que o módulo de elasticidade efetivo (E_{eff}) do *cantilever* relaciona-se com as frequências naturais dos modos de flexão (f_i) por meio da expressão

$$f_i = \lambda_i^2 \frac{1}{4\sqrt{3}\pi} \frac{t}{l} \sqrt{\frac{E_{eff}}{\rho_{eff}}}$$

em que λ_i é o valor próprio do i -ésimo modo; t , l e ρ_{eff} são, respectivamente, a espessura, o comprimento e a densidade efetiva do *cantilever*, redija uma proposta de projeto, a ser encaminhada à empresa contratante, propondo o desenvolvimento de um instrumento de quantificação do *stress* residual de *cantilevers* baseado em análise de vibrações. Para a elaboração da proposta, considere os seguintes aspectos miniaturizados do *cantilever*: 1mm de comprimento, 200 μm de largura e 5 μm de espessura (4 μm de camada de silício e 1 μm de camada de ouro). Com essas dimensões, a frequência do primeiro modo de flexão do *cantilever* é estimada entre 4,0 kHz e 5,0 kHz. A pastilha de silício onde são integrados os *cantilevers* possui 10 mm de comprimento, 10 mm de largura e 1 mm de espessura. É em nível dessa pastilha que o instrumento em concepção deve atuar. Para atender integralmente às necessidades produtivas da empresa contratante, o instrumento deve ser totalmente remoto (sem contato direto com a pastilha e os *cantilevers*), não-destrutivo e apropriado para inspeção *on-line* (*i.e.*, na própria linha de produção da fábrica). A proposta deve ser dividida nos seguintes tópicos:

- introdução;
- metodologia;
- resultados esperados;
- conclusão.

A proposta não deve apresentar figuras nem equacionamento. Qualquer relação entre grandezas físicas deve ser expressa literalmente.

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	

