



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

PROVA DISCURSIVA

TG05

METROLOGIA MECÂNICA E METROLOGIA FÍSICA



SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **5 (cinco)** questões discursivas **com as respectivas folhas de rascunho**, você receberá do fiscal de prova as folhas de textos definitivos;



TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher as folhas de textos definitivos;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Caso você tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- O preenchimento das folhas de textos definitivos é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca de folha de texto definitivo em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas os textos das folhas de textos definitivos;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**

Questão 1

Após a fabricação de quatro eixos, deve-se fazer a inspeção para verificar se as peças foram produzidas dentro das dimensões especificadas no projeto.

O valor especificado no projeto é $\varnothing 25_{-0,072}^{-0,020}$ mm (25f9).

Critério de aprovação: a peça deve estar dentro do intervalo de tolerância especificada. A incerteza de medição deve ser totalmente considerada pela dúvida em relação aos resultados obtidos.

Para a inspeção, foram utilizados três instrumentos com resoluções e incertezas de medição diferentes, conforme abaixo:

- Paquímetro com resolução de 0,02 mm e $\pm 0,025$ mm de incerteza de medição (Instrumento 1);
- Micrômetro com resolução de 0,01 mm e $\pm 0,005$ mm de incerteza de medição (Instrumento 2);
- Micrômetro com resolução de 0,001 mm e $\pm 0,0005$ mm de incerteza de medição (Instrumento 3).

Medidas obtidas pelos três instrumentos para quatro peças fabricadas:

Instrumento 1

Paquímetro	Peça 1	Peça 2	Peça 3	Peça 4
Medida obtida (lida)	24,98 mm	24,96 mm	24,94 mm	24,92 mm

Instrumento 2

Micrômetro	Peça 1	Peça 2	Peça 3	Peça 4
Medida obtida (lida)	24,98 mm	24,96 mm	24,94 mm	24,93 mm

Instrumento 3

Micrômetro	Peça 1	Peça 2	Peça 3	Peça 4
Medida obtida (lida)	24,975 mm	24,960 mm	24,940 mm	24,930 mm

Considerando o valor especificado para a peça e os dados dos instrumentos utilizados (resolução e incerteza de medição) responda:

- Quais os diâmetros mínimos e máximos especificados para essa peça?
- Qual instrumento seria o melhor para realizar esta avaliação e por quê?
- Quais as peças devem ser consideradas boas ou refugos, considerando as medidas máximas e mínimas possíveis, ou seja, considerando o critério de aprovação descrito?

Questão 2

Em uma calibração de um termopar de metais básicos do tipo N, o resultado da incerteza expandida de medição foi considerado como distribuição “normal”.

Para os cálculos, considere o valor da raiz quadrada aproximada, conforme a tabela abaixo:

Valor	0,36	0,2025	0,1625	0
Raiz quadrada	0,6	0,45	0,4	0

O laboratório obteve os seguintes resultados:

- Incerteza-padrão combinada (u_c) = 0,35 °C;
- Incerteza-padrão do tipo A = 0 °C.

Considerando o resultado da incerteza expandida com intervalo de confiança de 95,45%, e que não há correlação entre as grandezas de entradas, responda aos itens a seguir.

- A) Qual é o fator de abrangência k ?
- B) Qual o valor da incerteza expandida de medição para calibração?
- C) Qual a incerteza-padrão combinada (u_c), considerando apenas as fontes de incertezas-padrão do tipo B?
- D) Qual o valor do desvio padrão experimental das leituras do termopar?
- E) Considerando agora a incerteza-padrão do tipo A como 0,2 °C, e não mais como zero, qual seria o novo valor da incerteza-padrão combinada (u_c), mantendo a mesma incerteza-padrão do tipo B?

Questão 3

A tabela abaixo mostra os coeficientes “r” resultado de uma calibração simultânea de três higrômetros (OBJ1, OBJ2 e OBJ3) em uma câmara climática (meio de calibração) perante um padrão de trabalho (REF).

Tabela 1 – Coeficientes r (resultado da calibração)

	OBJ1	OBJ2	OBJ3
REF	0,96	0,50	0,20

De acordo com a LPI (Lei de Propagação de Incertezas):

- A) o que significa o coeficiente “r”?
- B) qual a função deste coeficiente?
- C) o que os coeficientes “r” impactam na incerteza-padrão combinada?
- D) analise e explique comparativamente os valores apresentados na tabela.

Questão 4

O hidrômetro mecânico é um instrumento utilizado para medir o volume de água de residências, comércios, indústrias etc. Como todo instrumento mecânico, com o passar do tempo, ele começa a se desgastar e apresentar uma condição de sub-medição. Cada marca apresenta um preço e um percentual de sub-medição que varia ao longo do tempo, conforme está exibido na tabela 1. A estrutura tarifária em função da faixa de consumo praticada na região segue apresentada na tabela 2.

Tabela 1 – Erro % de sub-medição em função da utilização do equipamento ao longo do tempo

Hidrômetro Marca #	Preço do Equipamento	Evolução do Percentual de submedição			
		Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
I	R\$ 200,00	0%	3%	7%	12%
II	R\$ 300,00	0%	1%	3%	6%
III	R\$ 130,00	0%	5%	11%	17%
IV	R\$ 150,00	0%	4%	9%	15%

Tabela 2 – Estrutura Tarifária em função da faixa de consumo

Faixa de consumo	Tarifa Mensal de água
até 10 m ³	Taxa de consumo fixo = R\$ 50,00
11 a 30 m ³	R\$ 50,00 (taxa de consumo fixo) + R\$ 10,00/m ³ acima dos 10m ³
Acima de 30 m ³	R\$ 50,00 + R\$ 200,00 + R\$ 13,00/m ³ acima dos 30m ³

Premissas:

- I. a faixa de consumo real típica na região em questão é de **15m³ por residência/mês**;
- II. trata-se de uma **região composta de 10.000 residências**, considerando-se um medidor por residência; e
- III. apesar de não ser exatamente a realidade, vamos assumir que o erro de sub-medição segue igual, de janeiro a dezembro, a cada ano.
- IV. considere que o erro aleatório (incerteza) é desprezável.

Com base nesses dados, responda aos itens a seguir.

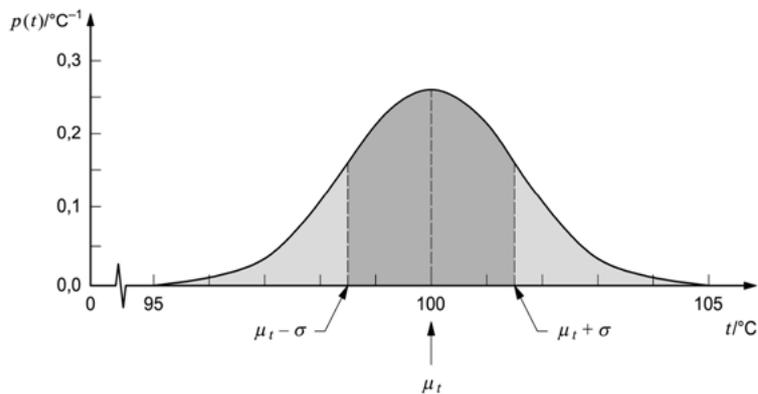
- A) Qual foi a perda de arrecadação financeira em toda região, ao final de 4 anos, considerando que o equipamento inicialmente instalado nessa região eram todos da marca III?
- B) Você foi contratado por uma empresa do setor de saneamento para prestar consultoria e escolher a marca de hidrômetro que ela deverá escolher para ter o melhor retorno financeiro ao final dos próximos 4 anos.
 - B₁ Indique a marca a ser adquirida para os próximos 4 anos nessa região.
 - B₂ Usando os hidrômetros da marca indicada, qual o valor total que seria arrecadado nessa região ao final dos próximos 4 anos, já descontando-se o investimento inicial para a aquisição dos 10.000 hidrômetros dessa marca?

Questão 5

Muitos testes estatísticos partem da premissa de que a amostra em análise segue uma distribuição estatística normal. No entanto, há uma variedade de funções densidade de probabilidade (PDF, do inglês *Probability Density Function*) utilizadas.

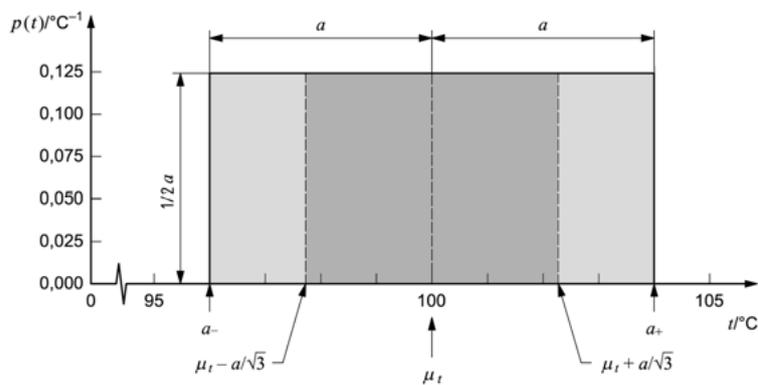
As figuras a e b são tipos de ilustração gráfica da avaliação da incerteza-padrão.

Figura a.



FONTE: JCGM 2008 — Inmetro 2012

Figura b.



FONTE: JCGM 2008 — Inmetro 2012

Caracterize cada uma das ilustrações, indicando média e desvio padrão.

Realização

