



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

PROVA DISCURSIVA

TG06

METROLOGIA ELÉTRICA E DE RÁDIO FREQUÊNCIA



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.



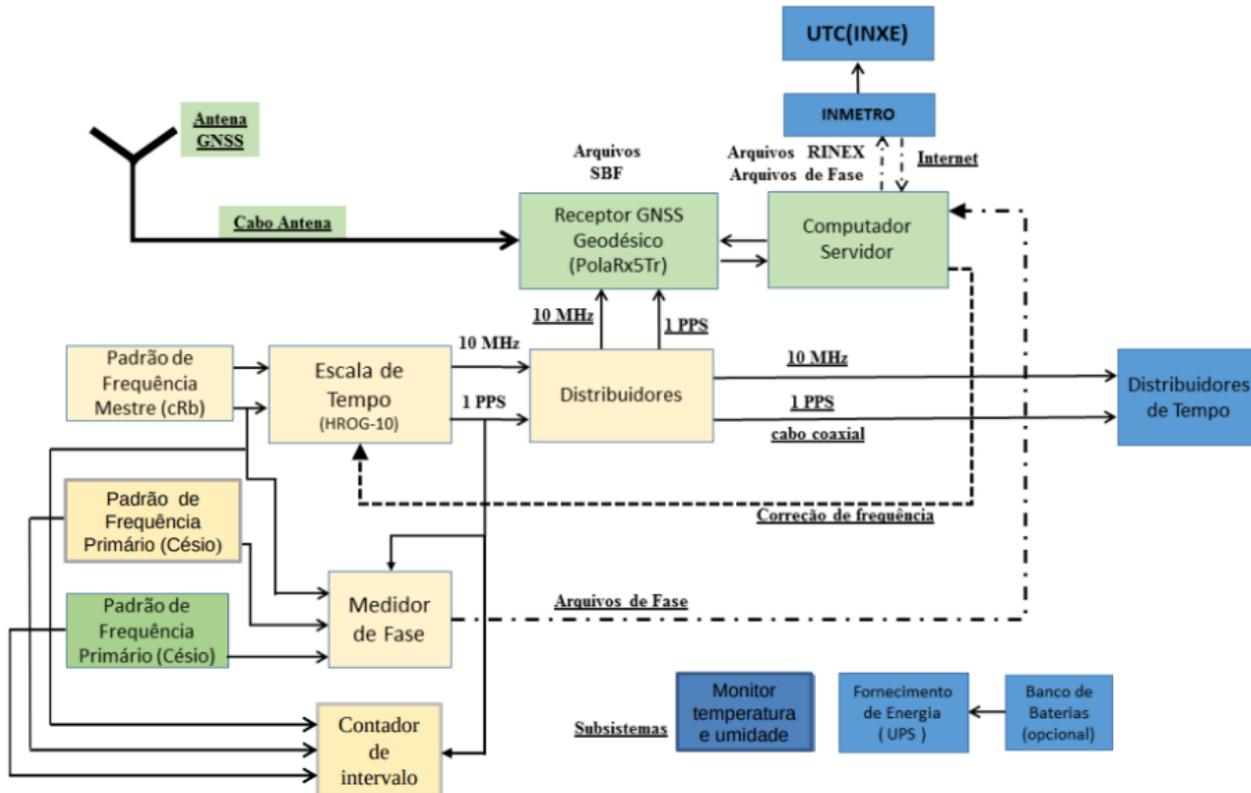
INFORMAÇÕES GERAIS

- 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

A Padronização Primária de Tempo e Frequência é realizada por meio da combinação de dispositivos osciladores de alta estabilidade, combinados em um sistema conhecido como Escala de Tempo.
Um exemplo, é este diagrama de uma proposta a ser implantada.

Diagrama esquemático para uma escala de tempo



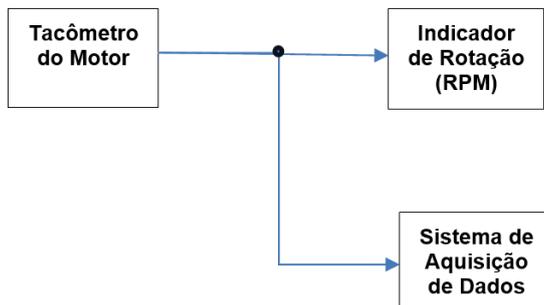
Considerando o diagrama acima, responda aos itens a seguir.

- Qual é e como é definida no SI, a grandeza tempo? (aproxime valores de eventuais constantes envolvidas na definição).
- Existem várias tecnologias de osciladores de alta estabilidade (Maser de Hidrogênio, Chafariz (*fontain*) de Césio, Maser de Rubídio, Cristais de Quartzo etc.), que podem definir uma hierarquia metrológica para a grandeza tempo. Para ser considerado um padrão primário é necessário ter que tipo de oscilador? Justifique.
- De acordo com a figura, apenas um oscilador é utilizado para gerar a Escala de Tempo no equipamento HROG 10 (conhecido como *microphaser stepper*). Onde é definida a Escala de Tempo (UTC), em que ponto é aplicado correções de tempo, qual a função dos outros osciladores e como eles compõem a Escala de Tempo?
- Qual a finalidade do Receptor GNSS Geodésico?
- O que é e qual o conteúdo da Circular T do BIPM? O que são e qual é a diferença, entre TAI (Tempo Atômico Internacional) e UTC (Tempo Coordenado Universal)? Por que cada laboratório tem uma instância distinta de UTC?

Questão 2

Para a aquisição dos dados de rotação do motor, considere a montagem a seguir.

Figura 1 – Diagrama em Blocos da Montagem Real



Para que os dados do sistema de aquisição de dados sejam confiáveis, faz-se necessário a calibração do sistema.

A faixa de operação normal do motor é de 50 a 101,5% RPM, sendo que a rotação máxima permissível é de 101,5%. 100% de RPM representam 37500 RPM do motor e um sinal de saída do tacômetro de 10Vpp 70Hz. As variações de amplitude de saída do tacômetro são irrelevantes para o procedimento de calibração. O sistema de aquisição de dados trabalha com 16 bits. O indicador de rotação está com o certificado de calibração válido.

Sabe-se que o laboratório de calibração dispõe dos seguintes equipamentos para calibração:

- Uma fonte de tensão DC com saída de -10V a 10V com uma resolução de 0,01V;
- Uma fonte de tensão AC com saída de -20V a 20V e de 1Hz a 1000Hz com uma resolução de 0,01V e 0,1Hz.

Baseado nas informações fornecidas, responda aos itens a seguir.

- Indique a faixa de medida a ser calibrada.
- Desenhe o diagrama em blocos necessário para que seja realizada a calibração do sistema e descreva o procedimento adotado.
- O que são incertezas tipo A e tipo B? Cite duas incertezas tipo B que podem influenciar as medidas.

Questão 3

Os laboratórios de metrologia científica e industrial contam, frequentemente, com múltiplos equipamentos para realizar determinadas medições. Dependendo dos equipamentos disponíveis, é comum encontrar diferenças como taxa de amostragem, resolução e até mesmo incerteza de calibração herdada. Em processos de calibração de equipamentos, um aspecto crucial é estabelecer requisitos para expressar a incerteza de medição e a capacidade de medição e Calibração (CMC). No Brasil, os laboratórios acreditados seguem a norma NIT-Dicla 021 para atender a esse requisito.

Dado que é necessário calibrar a fonte de tensão no ponto de 100 volts de corrente contínua, conforme especificado:

Fonte de tensão contínua - Instrumento a ser calibrado					
Especificações fornecidas pelo fabricante, para o ponto de 100V DC					
Faixa	Resolução	Especificação ± 5°C da temperatura de calibração			
		24 horas	90 dias	180 dias	1 ano
100V DC	1mV DC	5ppm + 0.5µV	7ppm + 0.5µV	8ppm + 0.5µV	9ppm + 0.5µV

Para realizar essa calibração, o laboratório dispõe de dois equipamentos calibrados na faixa de 100 volts DC. A seguir, serão apresentados alguns dados do manual e do certificado de calibração de cada um desses equipamentos:

<p>Medidor A - Dados para faixa de 100V DC</p> <p>Incerteza de medição expandida da calibração: 0,0001V DC</p> <p>Resolução: 0,0001VDC</p>

<p>Medidor B - Dados para faixa de 100V DC</p> <p>Incerteza de medição expandida da calibração: 0,01V DC</p> <p>Resolução: 0,01VDC</p>

Tomando como base os dados citados no enunciado, responda aos itens a seguir.

- A) Qual dos dois equipamentos possui a melhor capacidade de medição calibração (CMC) para realizar a calibração da fonte de tensão DC? Justifique sua resposta.
- B) Levando em consideração os dados dos medidores apresentados no enunciado, a resolução do medidor é uma componente de incerteza tipo A? Considerando que o medidor é digital, informe qual o respectivo tipo de distribuição associado? Justifique.
- C) Considere que durante a calibração da fonte de tensão, a temperatura mínima registrada no laboratório foi de 21°C e a máxima de 22°C. Com essa informação qual a faixa de temperatura que a fonte pode operar mantendo as características metrológicas sem utilizar nenhum fator de correção? Justifique.
- D) Após a calibração, o laboratorista apresentou o seguinte resultado no certificado de calibração:

Valor de referência	Média das medidas	Incerteza de medição	Fator de abrangência	Graus de liberdade
100,000	100,001	0,123	2,00	>10000

O laboratório utiliza o símbolo de acreditação da Coordenação geral de acreditação do INMETRO, portanto atende aos requisitos da norma NIT-Dicla 021; nesse contexto, a incerteza de medição foi apresentada da forma correta? Justifique.

Questão 4

Redefinição das unidades de medida entra em vigor

Para comemorar o Dia Mundial da Metrologia, o Inmetro realizou, no dia 20 de maio, o evento “O novo SI: fundamentalmente melhor”. O evento marcou a entrada em vigor da redefinição das unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI), que passaram a se basear em constantes fundamentais da natureza.

A presidente do Instituto, Angela Flôres Furtado, participou da abertura do evento e ressaltou que a redefinição faz parte dos processos de evolução e inovação constantes da ciência e da sociedade. “Por princípio, temos agora definições globais e perenes, fundadas em constantes fundamentais imutáveis”, afirmou.

FONTE: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/redefinicao-das-unidades-de-medida-entra-em-vigor>

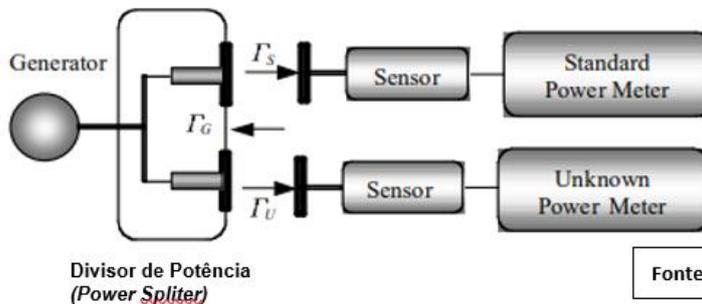
Sobre o tema, responda aos itens a seguir.

- A) Indique a mudança fundamental na definição das unidades de medida do SI.
- B) Apresente a principal razão do abandono dos protótipos físicos na definição das unidades de medidas. Indique as vantagens dessa nova definição.
- C) Defina a unidade base do Sistema Internacional de Unidades (SI) para intensidade luminosa, explicando como é medida e sua importância em aplicações práticas.

Questão 5

A calibração de medidores de potência de radiofrequência (RF) geralmente é feita por comparação com instrumentos similares, mas que raramente são padrões primários.

A configuração experimental mais utilizada na prática é baseada em um divisor de potência resistivo, apresentada na figura 1, onde estão destacados o Gerador de RF (*Generator*), sensores de RF (*Sensor*) e respectivos medidores associados (Medidor padrão e medidor sob calibração, designados na figura, respectivamente, por *Standard Power Meter* e *Unknown Power Meter*). A figura também representa os coeficientes de reflexão Γ_G , Γ_s e Γ_u do gerador e dos sensores.



Para este tipo de configuração, responda aos itens a seguir.

- Destaque quatro componentes relevantes de incerteza de medição na calibração do Medidor Sob Calibração.
- O emprego do divisor de potência permite geralmente simplificações no método de calibração, mas melhores exatidões na transferência de calibração do padrão de potência requerem a caracterização completa dos parâmetros S dos dispositivos envolvidos. O que são parâmetros S , como podem ser medidos e como é normalmente estabelecida a rastreabilidade da medição deste parâmetro?
- No âmbito da padronização primária de radiofrequência, é empregado um microcalorímetro que mede a eficiência de um sensor pelo método da substituição DC, que é então usado como padrão de transferência. Como operam os microcalorímetros empregados na padronização primária de RF e como a grandeza "Potência de RF" está relacionada à alguma grandeza de base no SI?

Realização

