

Documento de Orientação para Calibração e Verificação Intermediária de Termômetros e Termo-Higrômetros

Este documento tem como objetivo fornecer orientações detalhadas aos laboratórios de análises de sementes credenciados no RENASEM sobre os procedimentos para **calibração e verificações intermediárias dos termômetros e termo-higrômetros**. Esses instrumentos são indispensáveis para assegurar a confiabilidade das análises de germinação e o controle da sala de arquivo das amostras, garantindo a rastreabilidade metrológica e conformidade com padrões internacionais.

As recomendações aqui descritas estão baseadas nas seguintes referências técnicas:

- **ISTA Handbook on Seedling Evaluation (4ª edição, 2018)**, publicado pela **International Seed Testing Association**;
- Normas e padrões da **NIST (National Institute of Standards and Technology)**;
- **ABNT ISO/IEC 17025:2017** – "Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração".

1. Calibração

Os instrumentos de medição de temperatura, como termômetros e termo-higrômetros, desempenham papel crítico nas atividades laboratoriais voltadas à análise de sementes e controle de suas condições de armazenamento. A calibração regular e as verificações intermediárias garantem medições confiáveis, rastreáveis e dentro dos critérios de aceitação exigidos.

Por que calibrar?

- **Confiabilidade dos Resultados:** Evita desvios de temperatura que possam comprometer a germinação ou a qualidade das análises.
- **Aderência Normativa:** Mantém a conformidade com a ISO 17025:2017, que exige rastreabilidade a padrões nacionais e internacionais.
- **Redução de Riscos:** Identifica e corrige rapidamente falhas em equipamentos antes que elas gerem impactos negativos nos processos.

A primeira etapa para esse controle é a utilização de termômetros calibrados, apresentando certificados de calibração emitidos por empresas pertencentes à Rede Brasileira de Calibração (RBC). Essas empresas acreditadas podem ser encontradas através do site: <http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rbc/>.

O laboratório pode adotar dois procedimentos para a calibração dos termômetros:

- a) Calibração externa de todos os termômetros, de forma que todos tenham seu próprio certificado de calibração;
- b) Calibração externa apenas do(s) termômetro(s) de referência, de forma que os demais termômetros sejam verificados a partir do(s) equipamento(s) calibrado(s).

Um critério que deve ser considerado na escolha de um laboratório de calibração, é a incerteza da medição desse laboratório. Antes de contratar o serviço, é necessário verificar se a incerteza da medição é baixa o suficiente para o uso proposto do equipamento, uma vez que o limite de variação de temperatura estabelecido pela RAS é $\pm 2,0$ °C e a incerteza não deve exceder 1/10 desse valor, ou seja, $\pm 0,2$ °C, pois nesses casos ela pode ser desconsiderada. Idealmente, deve-se buscar laboratórios de calibração capazes de oferecer incertezas inferiores a $\pm 0,2$ °C.

Para definir os pontos nos quais o termômetro será calibrado, deve-se levar em consideração as temperaturas que são normalmente utilizadas no laboratório, sendo as mais comuns 20°C, 25°C, 30°C e 35°C.

Periodicidade usual:

- Calibração externa: anual;
- Verificação/checagem interna: semestral.

1.2 Análise crítica de certificados de calibração

Após a calibração e o recebimento do certificado de calibração, o laboratório terá que fazer a análise crítica deste. Nesse certificado constarão os erros de medição e incertezas associadas a cada temperatura de calibração, conforme tabela abaixo:

Tabela 1: Exemplo de resultados para a calibração de um termômetro.

Temperatura de referência (°C)	Temperatura medida pelo equipamento (°C)	Erro de medição (°C)	Incerteza de medição (°C)
20,0	20,5	+0,5	$\pm 0,2$
25,0	24,4	-0,6	$\pm 0,2$
30,0	30,9	+0,9	$\pm 0,2$
35,0	35,2	+0,2	$\pm 0,2$

O erro de medição não pode ser desprezado, independente da magnitude desse erro em relação à temperatura de referência. Considerando a situação hipotética dos resultados de calibração de um termômetro apresentados na Tabela 1, todas as medições devem levar em consideração o erro associado à respectiva temperatura.

Essa correção pode ser feita de duas maneiras: corrigindo o valor no momento da leitura ou corrigindo o que chamamos de “faixa conforme”.

a) Correção da temperatura no momento da leitura:

Esse método tem a desvantagem de exigir que o analista faça cálculos a cada leitura, o que é mais uma oportunidade de erro. Há o risco também de que o analista se esqueça de aplicar a correção. Por essa razão, a ISTA enfatiza o uso da correção da faixa conforme para os termômetros de trabalho, apresentado no item b). Para os termômetros de referência, entretanto, o uso do método de correção da temperatura no momento da leitura é indispensável.

Se o termômetro da Tabela 1 estiver sendo utilizado em um germinador a 25 °C e no momento da leitura o display indicar 25,3 °C, a temperatura real do germinador é

$25,3^{\circ}\text{C} + 0,6^{\circ}\text{C} = 25,9^{\circ}\text{C}$. Lembrar que para a correção da leitura deve somar o valor indicado pelo display ao erro com sinal contrário.

Para que não seja necessário recorrer aos valores dos erros no certificado de calibração toda vez que for feita uma leitura, pode-se colar uma etiqueta no termômetro ou no germinador no qual ele está sendo utilizado, indicando a temperatura e as correções necessárias. Essa etiqueta deve estar indexada ao sistema de gestão do laboratório e, pode ser feita conforme modelo abaixo:

Tabela 2: Modelo de etiqueta para aplicação das correções.

Temperatura de utilização ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura real ($^{\circ}\text{C}$)
20,0	VI - 0,5
25,0	VI + 0,6
30,0	VI - 0,9
35,0	VI - 0,2

Onde VI = valor indicado pelo termômetro.

b) Correção da faixa conforme:

Com a correção da faixa aceitável de temperatura, não é necessário corrigir o valor indicado pelo termômetro, mas apenas o intervalo permitido para uma determinada temperatura, considerando a tolerância de $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$. Um germinador a $30,0^{\circ}\text{C}$, por exemplo, pode variar de $28,0^{\circ}\text{C}$ a $32,0^{\circ}\text{C}$, considerando-se a tolerância de $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$. O erro de medição do termômetro nessa temperatura é de $+0,9^{\circ}\text{C}$, portanto soma-se esse erro aos dois extremos da faixa. Dessa forma, ao invés de se utilizar a faixa de $28,0 - 32,0^{\circ}\text{C}$, a faixa conforme para esse germinador será de $28,9 - 32,9^{\circ}\text{C}$.

Considerando os valores dos erros de medição da Tabela 1, obtêm-se as seguintes faixas conforme para o termômetro em questão:

Tabela 3: Exemplo de correções das faixas conforme.

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Erro de medição ($^{\circ}\text{C}$)	Faixa conforme
20,0	+0,5	18,5 - 22,5 $^{\circ}\text{C}$
25,0	-0,6	22,4 - 26,4 $^{\circ}\text{C}$
30,0	+0,9	28,9 - 32,9 $^{\circ}\text{C}$
35,0	+0,2	33,2 - 37,2 $^{\circ}\text{C}$

Da mesma forma que a correção anterior, a tabela com a faixa conforme pode ser utilizada como uma etiqueta, devidamente controlada pelo sistema de gestão do laboratório, e colada no termômetro ou no equipamento no qual ele está sendo utilizado e informada no formulário onde é feito o registro das temperaturas e avaliada a conformidade dos valores registrados.

Recomenda-se, principalmente para termômetros a serem usados como referência para a checagem de outros termômetros, que os erros sejam menores ou iguais a 0,5 °C.

Além dos resultados encontrados, devem ser avaliados os seguintes itens no certificado: data da calibração, identificação do termômetro, rastreabilidade das medições, assinatura do responsável, título do certificado, unidade de medida especificada, etiqueta de calibração, descrição das condições ambientais da calibração: temperatura e umidade relativa do ar.

1.3 Verificação de termômetros de trabalho a partir de um termômetro de referência

Conforme já mencionado, o laboratório pode calibrar apenas um termômetro e usá-lo como referência para verificar os outros termômetros de trabalho.

Para realizar essa verificação, o termômetro de referência deve ser colocado junto com o termômetro a ser verificado em um determinado equipamento ou ambiente com temperatura controlada. Considerando o termômetro de referência com os erros de medição da Tabela 1, a comparação pode ser feita da seguinte maneira:

Tabela 4: Verificação de um termômetro a partir de um termômetro de referência.

Termômetro referência		Temperatura real (°C)	Termômetro a ser verificado	
Temperatura (°C)	Erro de medição (°C)		Temperatura (°C)	Erro de medição (°C)
20,3	+0,5	19,8	20,2	+0,4
24,9	-0,6	25,5	25,0	-0,5
30,5	+0,9	29,6	30,3	+0,7
34,6	+0,2	34,4	34,8	+0,4

A partir do erro de medição determinado, os procedimentos para a correção desses erros nas leituras podem ser feitos das duas formas já explicadas anteriormente, preferencialmente para o cálculo das faixas conformes para cada temperatura.

2. Requisitos para Termômetros e Termo-Higrômetros

2.1. Critérios de seleção e aceitação

Os dispositivos de medição de temperatura (termômetros e termo-higrômetros) devem atender aos seguintes critérios:

- Resolução mínima da escala: **0,5 °C**, preferencialmente **0,1 °C**;
- Erro máximo admissível: **±0,5 °C**;
- Incerteza máxima admitida para termômetros de referência: **0,2 °C**.

2.2. Frequência de registro

Os laboratórios podem realizar o monitoramento da temperatura conforme os seguintes critérios:

- **Equipamentos de Temperatura Constante:** Registrar pelo menos **2** vezes ao dia, em horários predeterminados, **com registro das temperaturas atual, mínima e máxima**. Em casos em que esses registros mostrem muita variação, recomenda-se aumentar o número de registros diários.
- **Equipamentos de Temperatura Alternada:** Recomenda-se que esses testes sejam conduzidos em BOD, que tem sistema de aquecimento e de resfriamento. No monitoramento da BOD, quando em temperatura alternada, fazer uma leitura de temperatura máxima, atual e mínima próximo ao final do ciclo de temperatura. Aguardar o equipamento atingir a temperatura de trabalho do novo ciclo para então resetar o termômetro, o que ocorre normalmente de 30 a 40 min após a mudança para a nova temperatura. Próximo ao final do novo ciclo, fazer nova leitura. E assim sucessivamente. Idealmente, o uso de registradores de temperatura (data loggers) é mais recomendado nessas situações, pois permitem até mesmo verificar o tempo que está sendo gasto para alternar de uma temperatura para a outra, o que não deve exceder 3 h.

3. Avaliação de desempenho/qualificação de equipamentos

Idealmente, antes de colocar um equipamento em operação e após o uso em intervalos periódicos e determinados é desejável que o laboratório realize uma qualificação térmica dos equipamentos térmicos (sala de germinação, germinadores, estufas e/ou BODs).

Essa qualificação pode ser substituída por um estudo conduzido pelo próprio laboratório, com retenção de todos os registros, evidenciando a homogeneidade térmica do ambiente. Em caso de testes conduzidos em gabinete, cada um deles deve ser considerado no monitoramento e não apenas a sala.

Deve ser realizado um perfil térmico completo para verificar sua adequação. As medições devem cobrir:

- **Altura:** Topo, meio e base.
- **Profundidade:** Parte frontal, central e traseira.

Os pontos de medição devem apresentar variações dentro do limite de **±2,0 °C** para que o equipamento seja considerado adequado. Caso o equipamento seja submetido a reparos ou manutenções significativas, o perfil térmico deve ser repetido antes de seu retorno à operação.
