



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Proc. 1104/11/16134

PROCEDIMENTO PARA CALIBRAÇÃO DE TERMOPARES NO LCAM/LNEC (VERSÃO 2)

Estudo realizado no âmbito do Projecto de Investigação "Reforço das Capacidades Metrológicas nos Domínios das Grandezas Comprimento, Massa, Pressão e Temperatura"

Lisboa • Novembro de 2007

I&D INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO 331/2007 – CIC

Procedimento de Calibração de Termopares no LCAM/LNEC

Resumo

O presente relatório apresenta um procedimento para a calibração de termopares elaborado no LCAM/LNEC.

Thermocouple Calibration Procedure at LCAM/LNEC

Abstract

This report presents a thermocouple calibration procedure developed at LCAM/LNEC.

Procédure d'Étalonnage de Thermocouples au LCAM/LNEC

Résumé

Ce rapport présente une procédure pour l'étalonnage de thermocouples élaborée au LCAM/LNEC.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. CONTEÚDO DO RELATÓRIO	2
Anexo 1 Procedimento para calibração de termopares no LCAM/LNEC	5

PROCEDIMENTO PARA CALIBRAÇÃO DE TERMOPARES NO LCAM/LNEC (VERSÃO 2)

1 INTRODUÇÃO

No âmbito do processo “Reforço das Capacidades Metrológicas nos domínios das grandezas Comprimento, Massa, Pressão e Temperatura” o Núcleo de Qualidade Metrológica (NQM) do Centro de Instrumentação Científica tem promovido, entre outros estudos, a elaboração de procedimentos aplicáveis à calibração de instrumentos de medição e ao ensaio de equipamentos laboratoriais.

Esta actividade, considerada de significativo interesse para o Laboratório Central de Apoio Metrológico (LCAM/LNEC), inserido no NQM, está orientada, principalmente, para a satisfação das necessidades dos laboratórios de ensaio do LNEC ou de clientes externos.

Os referidos procedimentos, embora baseados, sempre que tal seja possível, em normas portuguesas, estrangeiras ou internacionais, têm, em regra, uma componente específica estudada em função das capacidades metrológicas do LCAM/LNEC e das tipologias dos instrumentos ou equipamentos a calibrar ou ensaiar.

Neste contexto, foram até agora preparados e revistos em versões melhoradas cerca de 40 procedimentos diferentes, contendo indicações pormenorizadas, tais como a descrição do equipamento de referência a utilizar, a descrição dos ensaios a realizar, a identificação dos resultados e dos desvios de calibração a quantificar e o conteúdo dos certificados a emitir.

O interesse da publicação periódica deste tipo de documentos resulta da introdução de novos procedimentos, situação que ocorre neste caso, ou da necessidade de introdução de revisões periódicas destes documentos ditada pela evolução dos processos operativos e pela adopção de normas mais exigentes, encontrando-se associados ao âmbito de acreditação do LCAM/LNEC no quadro do Sistema Português da Qualidade.

O objectivo desta iniciativa é divulgar a informação actualizada, ainda que de uma forma reservada, aos utentes do LCAM/LNEC, que assim poderão interpretar melhor os resultados das calibrações ou ensaios realizados.

2 CONTEÚDO DO RELATÓRIO

No presente relatório divulga-se, em anexo, o Procedimento E1215 designado por “Procedimento de Calibração de Termopares no LCAM/LNEC” (Versão 2), o qual constitui um procedimento interno suportado no Guia de Calibração da EUROMET (European Collaboration in Measurement Standards) intitulado “Calibration of Thermocouples”, documento publicado em 2006-02-08.

Este procedimento engloba um conjunto de ensaios que visam avaliar o grau de exactidão de um conjunto de termopares relativamente à indicação da grandeza mensurável: a temperatura.

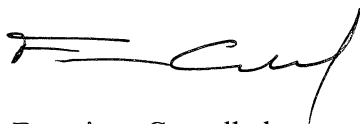
Como equipamento de referência para esta calibração, o LCAM/LNEC dispõe de banhos com regulação térmica, de um forno de alta temperatura, de padrões de resistência de platina e de termopares de referência, permitindo estabelecer condições de referência (estabilidade e uniformidade) dos meios onde se concretizam as calibrações e a obtenção de valores de referência rastreados a padrões primários da grandeza temperatura.

Os processos de aquisição de dados provenientes da instrumentação utilizada são desenvolvidos utilizando *software* dedicado e o processamento dos dados para elaboração dos certificados é efectuado usando uma aplicação informática específica, desenvolvida no LCAM/LNEC.

O documento enumera as particularidades dos ensaios e dos resultados obtidos e indica a informação a inserir nos certificados de calibração.

VISTOS

O Director do CIC

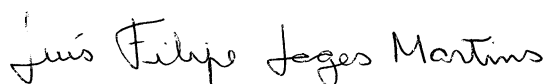


Francisco Carvalho
Investigador Coordenador

AUTORIA



Álvaro Silva Ribeiro
Lic.º Física Tecnológica, Doutor
Investigador Auxiliar



Luís Filipe Lages Martins
Eng.º Mecânico
Bolsheiro de Iniciação à Investigação Científica



João Onofre Benevente
Eng.º Técnico
Técnico Especialista Principal

ANEXO 1

Procedimento para calibração de termopares no LCAM/LNEC



Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Centro de Instrumentação Científica
Laboratório Central de Apoio Metrológico

Procedimento LCAM/LNEC E1215 – V.02

Termopares

INDICE

1 - ÂMBITO E EQUIPAMENTO DE REFERÊNCIA.....	3
2 - PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO.....	3
3 - MÉTODO DE CALIBRAÇÃO.....	3
4 - PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO.....	3
4.1 - Introdução.....	3
4.2 - Capacidade do LCAM para calibrar um termopar.....	4
4.3 - Preparação da calibração.....	4
4.4 - Avaliação prévia da indicação dos padrões e inspecção visual.....	4
4.5 - Procedimento de calibração.....	5
4.6 - Determinação dos resultados e da incerteza.....	6
4.7 - Certificado de calibração.....	7
5 - DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	7

1 – ÂMBITO E EQUIPAMENTO DE REFERÊNCIA

O Laboratório Central de Apoio Metrológico executa a calibração de termopares com indicador digital em temperatura, cuja resolução não ultrapasse 0,1 °C e a gama de medição seja compreendida entre 0°C e 1100°C de acordo com o Guia EUROMET 08.02 [1].

Para realizar a calibração de termopares o LCAM dispõe de equipamento padrão constituído por termopares de referência tipo S com ponte dedicada, banhos com regulação térmica e bloco equalizador, fornos com regulação térmica e um forno de calibração de termopares, os quais se encontram rastreados a padrões primários da grandeza temperatura.

O equipamento de referência a utilizar na calibração de termopares deverá ser um meio passivo do tipo banho com regulação térmica ou forno seco, até à temperatura de 250 °C e acima dessa temperatura, o forno de calibração de termopares. A junção fria deve ser efectuada utilizando um banho especificamente aplicado para esse efeito no LCAM/LNEC.

2 - PRINCÍPIO DE MEDIÇÃO

O princípio de medição dos equipamentos de referência consiste na variação da força electromotriz num circuito onde se encontram os termopares quando sujeitos à variação da temperatura na ponta de medição.

3 - MÉTODO DE CALIBRAÇÃO

O método de calibração consiste na medição da temperatura indicada pelos termopares a calibrar para determinadas temperaturas de referência geradas num forno com regulação térmica e, simultaneamente, na medição usando dois termopares considerados como padrões de referência.

4 - PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

4.1 - Introdução

Apresenta-se, a seguir, um procedimento de calibração de termopares aplicável na gama de [0°C, +1100°C], elaborado pelo LNEC.

4.2 - Capacidade do LCAM para calibrar um termopar

Quando solicitado para calibrar um termopar, o LCAM avaliará a sua capacidade para efectuar a operação tendo em conta a exactidão dos padrões de temperatura e as características metrológicas aplicáveis do forno com regulação térmica.

4.3 - Preparação da calibração

Seleccionar o equipamento de referência a utilizar, incorporando dois termopares de referência e estabelecer as ligações apropriadas. Ligar os equipamentos de medição, no laboratório, pelo menos, 1 hora antes de executar a calibração.

O técnico deverá preparar previamente a junção fria num banho de referência de zero, efectuando a mistura de água no estado líquido e sólido (flocos de gelo produzidos em equipamento específico), o mais homogénea possível. Efectuar uma verificação da temperatura da mistura, garantindo que esta se encontra próxima do zero (desvio máximo admissível de $\pm 0,1$ °C).

Efectuar as ligações dos termopares aos respectivos indicadores, garantindo o cumprimento das polaridades recomendadas quando aplicável.

Efectuar a imersão das pontas de junção fria dos termopares de referência e dos termopares a calibrar (se aplicável) no banho de referência de zero a uma profundidade compreendida entre 10 cm e 15 cm.

Efectuar a imersão ou introdução dos termopares de referência e dos termopares a calibrar a igual profundidade, compreendida entre 20 cm e 28 cm. A calibração a profundidades inferiores deverá envolver um estudo adicional de uniformidade e estabilidade.

Promover a configuração da unidade de leitura dos termopares de referência, seleccionando o tipo e a natureza da junção de referência aplicável.

Se a unidade de leitura utilizada for a ponte de medida ASL / F150 a configuração para utilização de termopares de referência tipo S com junção de referência fria, deverá ser obtida com os seguintes passos: *canal* → *sensor* → *T/C* → *S* → *Ok* → *Off* → *Quit*.

4.4 - Avaliação prévia da indicação dos padrões e inspecção visual

Observar se as indicações obtidas com o equipamento de referência correspondem à temperatura à qual se encontra (temperatura ambiente).

Observar e anotar eventuais factores de perturbação das medições, designadamente:

- Contacto imperfeito com o meio de imersão e/ou condução térmica ao longo da bainha do termopar;
- Variações espaciais ou temporais da temperatura do forno inapropriadas à realização dos ensaios;
- Variação de temperatura de junção fria desajustada;
- Existência de tensões parasitas associadas aos conectores, *scanner* e selector de canais;
- Efeitos perturbadores provocados pela extensão de cabos de compensação;
- Interferência electromagnética;
- Não homogeneidade dos materiais;
- Oxidação ou outro tipo de contaminação química;
- Comportamentos anómalos provocados pela mudança na composição das ligas, da sua condição física e da estrutura cristalina;
- Degradação das camadas de isolamento.

4.5 - Procedimento de calibração

O ensaio consiste na obtenção das indicações em temperatura do termopar a calibrar para cada uma das temperaturas de referência seleccionadas e programadas num forno com regulação térmica e na determinação das respectivas temperaturas obtidas com os termopares de referência.

O procedimento de calibração segue as seguintes etapas:

Ensaio prévio de homogeneização

Instalar o termopar a calibrar no forno à profundidade máxima possível, programar a temperatura para um valor próximo da temperatura máxima da gama do termopar a calibrar e manter o termopar a essa temperatura durante cerca de 2 horas. Promover, em seguida o arrefecimento lento do termopar até à temperatura ambiente.

Termopares

Esta operação prévia visa efectuar a homogeneização das ligas constituintes do termopar, numa operação designada por recozimento ou reajustamento molecular (“annealing”).

Ensaio de exactidão da escala

- a. *Instalar o termopar a calibrar e os dois termopares padrão no banho com regulação térmica para patamares de temperatura entre 0°C e 250°C, ou no forno seco para patamares de temperatura entre 300°C e 1100°C à profundidade indicada no ponto 4.3;*
- b. *Seleccionar patamares de temperatura entre a temperatura ambiente e o valor máximo da temperatura da gama de funcionamento, recomendando-se a selecção do patamar inicial de 100°C e a selecção dos restantes patamares em intervalos regulares de 100°C cada (admite-se a selecção de outros patamares estabelecidos de acordo com o cliente);*
- c. *Programar o aquecimento do banho com regulação térmica ou do forno (conforme aplicável) para a temperatura mais baixa das seleccionadas em b. e aguardar pela sua estabilização ou estado estacionário;*
- d. *Anotar os valores medidos pelo termopar a calibrar (2) e as temperaturas obtidas com os termopares padrão (1) e (3) com a seguinte sequência: 1-2-3/3-2-1/1-2-3/3-2-1/1-2-3/3-2-1;*
- e. *Programar as temperaturas do banho com regulação térmica ou do forno (conforme aplicável) sucessivamente e por ordem crescente, para as restantes temperaturas seleccionadas em b. e repetir o procedimento descrito em d. após se atingir o estado estacionário em cada uma delas;*
- f. *Desligar o(s) equipamento(s) e aguardar pela estabilização a uma temperatura próxima da temperatura ambiente retirando, em seguida, os equipamentos.*

4.6 - Determinação dos resultados e da incerteza

- a. *Para cada patamar de ensaio calcular:*
 - *A temperatura média de referência e a temperatura média do termopar a calibrar;*

- b. *Determinar a incerteza expandida da calibração para um intervalo de confiança de 95% de acordo com [1,2,3] e considerando o modelo matemático exposto em [1] e respectivas componentes de incerteza.*

4.7 - Certificado de calibração

Preencher o certificado de calibração de acordo com [4] referindo:

- *A identificação do equipamento a calibrar;*
- *A identificação do equipamento e padrões de calibração utilizados;*
- *Os valores que compõem o quadro de resultados;*
- *A incerteza expandida de calibração para um intervalo de confiança de 95%.*

5 - DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- [1] *Calibration of Thermocouples*. EUROMET Calibration Guide EM / CG / 08.02. 2006.
- [2] *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*. ISO, IEC, OIML e BIPM, 1995.
- [3] “Guia para a Expressão da Incerteza de Medição nos Laboratórios de Calibração” - Instituto Português da Qualidade, 1996.
- [4] VIM - “Vocabulário Internacional de Metrologia”, 3ª Edição, Instituto Português da Qualidade, 1996.

