

Relatório Final do Ensaio de Proficiência em Temperatura e Umidade 6ª Rodada - Pirômetro



Inmetro
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

PEP-Inmetro

Programa de Ensaios de Proficiência do Inmetro

ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM TEMPERATURA E UMIDADE

6ª RODADA – PIRÔMETRO

Período de inscrição: 30/11/2015 a 18/12/2015

RELATÓRIO FINAL Nº 004/2017

ORGANIZAÇÃO PROMOTORA DO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro

Diretoria de Metrologia, Científica e Tecnologia - Dimci

Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duque de Caxias

RJ – Brasil – CEP: 25250-020

E-mail para contato: pep-inmetro@inmetro.gov.br

COMITÊ DE ORGANIZAÇÃO

Adelcio Rena Lemos (Inmetro/Dimci/GT-PEP)

Hamilton Davidson Vieira (Inmetro/Cgcre/Dicla)

Janaína Marques Rodrigues Caixeiro (Inmetro/Dimci/Dimqt)

José Ricardo Bardellini da Silva (Inmetro/Dimci/GT-PEP)

Paulo Roberto da Fonseca Santos (Inmetro/Dimci/GT-PEP) - Coordenador PEP-Inmetro

Ricardo Sávio Teixeira Moretz Sohn (Inmetro/Dimci/Dimqt/Later)

Valnei Smarçaro da Cunha (Inmetro/Dimci/ Dimqt)

COMITÊ TÉCNICO

Mario A Neto (Inmetro/Dimci/Dimqt/Later)

Neivaldo Silva Nonato (Inmetro/Dimci/GT-PEP)

Paulo Roberto da Fonseca Santos (Inmetro/Dimci/GT-PEP)

Ricardo Sávio Teixeira Moretz Sohn (Inmetro/Dimci/Dimqt/Later)

SUMÁRIO

1. Introdução	3
2. Materiais e Métodos	4
2.1. Item de Ensaio.....	4
2.2. Caracterização, Homogeneidade e Estabilidade do Item de Ensaio	4
2.3. Análise Estatística dos Resultados dos Participantes	4
2.3.1. Erro Normalizado (E_n).....	4
3. Resultados e Discussão	5
3.1. Valores Designados.....	5
3.2. Resultados dos Participantes.....	6
4. Confidencialidade.....	15
5. Conclusões	15
6. Participantes	16
7. Referências Bibliográficas	17

1. Introdução

Os pirômetros, instrumentos de medição utilizados para indicar a temperatura de um corpo através da radiação térmica por ele emitida, estão sendo cada vez mais utilizados em função de fatores como contínua redução do seu custo, avanços tecnológicos, facilidade de uso e portabilidade.

Pirômetros são termômetros indicados para medição de temperatura, por exemplo, nos casos em que há superfícies em movimento como nos rotores, medições que requeiram uma resposta rápida e em medições que necessitem ser realizadas sem o contato direto do termômetro. Esse tipo de instrumento de medição tem utilização frequente em monitoração e controle de processos em ambientes de pesquisa e industriais como, por exemplo, indústrias metalúrgica, petrolífera e alimentícia, na identificação de defeitos em componentes eletrônicos e até na medição da temperatura humana e de animais, de modo que é essencial que os laboratórios de calibração desses instrumentos possam avaliá-los adequadamente e com as menores incertezas possíveis.

O Ensaio de Proficiência (EP) é uma ferramenta indispensável para a determinação do desempenho de laboratórios em ensaios ou calibrações e avaliação da competência técnica de laboratórios. A participação dos laboratórios em programas de ensaio de proficiência (PEP) é fundamental para o aumento da credibilidade dos resultados das medições e, conseqüentemente, facilitar o comércio internacional e prevenir barreiras técnicas.

Um EP compreende a organização, o desempenho e a avaliação de ensaios nos mesmos itens ou em itens de ensaio similares, por dois ou mais laboratórios, de acordo com condições predeterminadas. Além disso, podem ser destacados os seguintes objetivos nesse EP:

- Determinar desempenho de laboratórios para as calibrações propostas;
- Agregar valor ao controle da qualidade dos laboratórios;
- Identificar diferenças interlaboratoriais.

Este relatório apresenta os resultados da avaliação de desempenho dos participantes do ensaio de proficiência com pirômetro, organizado pelo Inmetro através do grupo de trabalho de programas de ensaio de proficiência da Dimci com a Divisão de Metrologia Química e Térmica (Dimqt) para a Comissão Técnica de Temperatura e Umidade (CT-11) da Divisão de Acreditação de Laboratórios (Dicla) da Coordenação-geral de Acreditação (Cgcre).

2. Materiais e Métodos

2.1. Item de Ensaio

O item de ensaio foi um pirômetro da marca Fluke, modelo 574 CF, com banda espectral de 8 a 14 μm e faixa de temperatura entre $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $900\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para a realização deste EP, o pirômetro foi calibrado nos pontos de calibração (0, 50, 100, 200, 300, 400 e 500) $^{\circ}\text{C}$.

2.2. Caracterização, Homogeneidade e Estabilidade do Item de Ensaio

Dadas as características do instrumento, o estudo de homogeneidade não é aplicável.

O Inmetro possui um histórico de estabilidade do item de ensaio a partir de calibrações realizadas em 2010, 2012, 2014 e 2015, quando foram avaliados os pontos (100, 200, 300, 400 e 500) $^{\circ}\text{C}$. Este histórico qualifica o instrumento para ser usado como artefato neste ensaio de proficiência.

Em 17 de agosto de 2015, o pirômetro foi calibrado nas temperaturas: (0, 50, 100, 200, 300, 400 e 500) $^{\circ}\text{C}$. Após todos os participantes realizarem suas medições, o item de ensaio de proficiência foi enviado ao Laboratório de Termometria (Later) do Inmetro, onde uma nova calibração foi efetuada na data de 25 de janeiro de 2017. A estabilidade do item foi então determinada para cada ponto como a diferença entre a calibração inicial (antes do início da circulação do item de ensaio entre os participantes) e a calibração final (realizada após a calibração feita pelo último participante).

2.3. Análise Estatística dos Resultados dos Participantes

2.3.1. Erro Normalizado (E_n)

Para a avaliação de desempenho dos participantes foi utilizado o erro normalizado (E_n), conforme descrito no Anexo B da ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011 [1]. Os participantes deveriam reportar a incerteza de medição e o fator de abrangência (k) de suas medições. Havendo indicativo de superestimação de incerteza, será citado no relatório. A incerteza será considerada superestimada quando houver indicação disto ou o valor da incerteza relativa for maior do que 5% do valor medido, dependendo da temperatura.

Este parâmetro serve para verificar se o resultado da medição de cada participante está em conformidade com o valor designado, levando em consideração os resultados das medições e suas respectivas incertezas. O erro normalizado é calculado conforme a Equação 1.

$$E_{ni} = \frac{y_i - y_{ref}}{\sqrt{U_i^2 + U_{ref}^2}} \quad (1)$$

Onde:

y_i = resultado de medição obtida pelo i -ésimo participante;

y_{ref} = valor designado para cada ponto de calibração determinado pelo Inmetro;

U_{ref} = valor da incerteza expandida de y_{ref} obtida pelo Inmetro;

U_i = valor da incerteza expandida de y_i obtida pelo i -ésimo participante.

A interpretação do valor do E_n para a avaliação do desempenho de cada participante está descrita abaixo:

$|E_n| \leq 1,0$ Indica desempenho satisfatório e não gera sinal de ação para o participante;

$|E_n| > 1,0$ Indica desempenho insatisfatório e gera um sinal de ação para o participante.

3. Resultados e Discussão

3.1. Valores Designados

Conforme mencionado no protocolo, o valor designado de cada ponto de temperatura deste EP foi determinado pelo Inmetro através da média aritmética das correções obtidas nas calibrações inicial e final (antes do início da circulação do item de ensaio entre os participantes e após a calibração feita pelo último participante). A incerteza de cada ponto foi determinada pela raiz da soma quadrática das incertezas expandidas obtidas nas calibrações inicial e final e da estabilidade do item, que consistirá na metade da diferença entre as duas correções, de acordo com a Equação 2.

$$U_{ref} = k \cdot \sqrt{\left(\frac{U_i}{k}\right)^2 + \left(\frac{U_f}{k}\right)^2 + \left(\frac{\delta_e}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad (2)$$

Onde:

U_{ref} = valor de incerteza expandida do valor designado, obtido pelo Inmetro;

U_i = valor de incerteza expandida da calibração inicial realizada pelo Inmetro;

U_f = valor de incerteza expandida da calibração final realizada pelo Inmetro;

δ_e = estabilidade do item, que equivale a $|y_i - y_f|$;

k = fator de abrangência.

A Tabela 1 apresenta os valores das calibrações realizadas pelo Inmetro para o pirômetro utilizado neste EP. A Tabela 2 apresenta os valores de referência para avaliação dos participantes.

Tabela 1 – Resultados das calibrações do pirômetro pelo Inmetro

Ponto Nominal (°C)	Calibração Inicial		Calibração Final	
	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)
50	0,1	0,5	0,2	0,5
100	0,2	0,6	0,5	0,6
200	1,6	0,8	2,2	0,8
300	2,3	1,1	3,1	1,1
400	2,6	1,5	3,8	1,5
500	3,0	1,7	4,4	1,7

Tabela 2 – Valores de referência do EP

Ponto Nominal (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)
50	0,2	0,71
100	0,4	0,87
200	1,9	1,2
300	2,7	1,6
400	3,2	2,2
500	3,7	2,5

3.2. Resultados dos Participantes

As calibrações foram realizadas entre março de 2016 e dezembro de 2016.

Os resultados das calibrações realizadas no pirômetro, enviadas pelos 14 (quatorze) participantes desse EP, estão apresentados nas tabelas 3 a 8.

Os resultados de cada participante são exibidos respeitando a formatação adotada por cada um destes no registro dos resultados.

Cabe ressaltar que cada participante foi identificado apenas pela numeração final do seu código de identificação nos gráficos, tabelas e textos deste relatório. O número de casas decimais dos resultados apresentados pelos participantes está conforme recebido no formulário de registro de resultados.

Tabela 3: Resultados recebidos para o ponto 50 °C (*)

Código do Laboratório	Temperatura do Padrão (°C)	Temperatura Indicada no pirômetro (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	$ E_n $
11	50,0	51,6	-1,6	1,4	1,1
15	50,0	50,7	-0,7	2,4	0,4
21	49,4	49,7	-0,3	0,3	0,6

Código do Laboratório	Temperatura do Padrão (°C)	Temperatura Indicada no pirômetro (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	$ E_n $
24	50,0	49,4	0,6	1,4	0,3
27	50,0	49,5	0,5	1,0	0,2
40	50,1	49,9	0,1	1,2	0,0
41	50,1	49,5	0,6	2,5	0,2
45	50,0	49,4	0,6	4,2	0,1
52	50,0	49,9	0,1	2,7	0,0
53	50,0	50,5	-0,5	2,0	0,3
54	49,9	49,6	0,3	1,5	0,1
63	50,3	50,0	0,3	1,5	0,1
81	48,1	48,1	0,0	1,9	0,1
82	50,3	50,3	0,0	1,5	0,1

*Resultados insatisfatórios

Tabela 4: Resultados recebidos para o ponto 100 °C (*)

Código do Laboratório	Temperatura do Padrão (°C)	Temperatura Indicada no pirômetro (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	$ E_n $
11	100,1	101,7	-1,6	1,4	1,2
15	100,0	102,1	-2,1	6,6	0,4
21	98,6	99,6	-1,0	0,3	1,4
24	100,0	99,2	0,8	1,4	0,2
27	100,0	99,3	0,7	1,2	0,2
40	100,0	100,6	-0,6	1,2	0,7
41	100,0	99,2	0,8	2,6	0,1
45	100,0	98,6	1,4	4,2	0,2
52	100,1	100,8	-0,7	2,7	0,4
53	100,0	100,5	-0,5	2,2	0,4
54	100,1	99,7	0,4	1,5	0,0
63	100,2	100,1	0,1	1,5	0,2
81	99,4	98,5	0,9	1,9	0,2
82	99,9	100,4	-0,5	1,6	0,5

*Resultados insatisfatórios

Tabela 5: Resultados recebidos para o ponto 200 °C (*) (**)

Código do Laboratório	Temperatura do Padrão (°C)	Temperatura Indicada no pirômetro (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	$ E_n $
11	200,0	200,2	-0,2	3,0	0,6
15	ND	ND	ND	ND	-----
21	ND	ND	ND	ND	-----
24	200,0	198,0	2,0	1,9	0,0
27	200,0	198,3	1,7	1,7	0,1
40	200,0	199,3	0,7	1,5	0,6
41	200,0	198,3	1,7	3,5	0,1
45	199,8	197,8	2,0	4,2	0,0
52	200,0	199,0	1,0	2,7	0,3

Código do Laboratório	Temperatura do Padrão (°C)	Temperatura Indicada no pirômetro (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	$ E_n $
53	200,0	199,0	1,0	2,5	0,3
54	199,2	198,9	0,3	2,5	0,6
63	200,5	199,7	0,8	1,5	0,6
81	201,1	198,9	2,2	1,9	0,1
82	199,4	200,2	-0,8	2,1	1,1

*Resultados insatisfatórios **ND=Não Declarado

Tabela 6: Resultados recebidos para o ponto 300 °C (**)

Código do Laboratório	Temperatura do Padrão (°C)	Temperatura Indicada no pirômetro (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	$ E_n $
11	300,0	298,3	1,7	4,0	0,2
15	ND	ND	ND	ND	-----
21	ND	ND	ND	ND	-----
24	300,0	297,1	2,9	1,9	0,1
27	300,0	297,3	2,7	1,9	0,0
40	299,9	298,7	1,2	1,5	0,7
41	300,0	297,0	3,0	4,0	0,1
45	300,1	297,1	3,0	4,2	0,1
52	300,1	299,1	1,0	2,7	0,5
53	300,0	298,0	2,0	3,0	0,2
54	300,5	299,7	0,8	2,8	0,6
63	300,2	299,3	0,9	1,5	0,8
81	300,0	297,6	2,4	1,9	0,1
82	300,0	300,4	-0,4	2,5	1,0

**ND=Não Declarado

Tabela 7: Resultados recebidos para o ponto 400 °C (**)

Código do Laboratório	Temperatura do Padrão (°C)	Temperatura Indicada no pirômetro (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	$ E_n $
11	400,1	400,2	-0,1	6,9	0,5
15	ND	ND	ND	ND	-----
21	ND	ND	ND	ND	-----
24	400,0	396,0	4,0	1,9	0,3
27	400,0	396,1	3,9	2,1	0,2
40	400,1	398,0	2,1	1,5	0,4
41	400,0	396,0	4,0	4,5	0,2
45	400,2	397,6	2,6	4,2	0,1
52	400,1	398,1	2,0	2,7	0,3
53	400,0	397,5	2,5	3,5	0,2
54	398,9	397,6	1,3	3,8	0,4
63	400,4	398,3	2,1	1,5	0,4
81	399,0	396,2	2,8	2,0	0,1
82	401,2	401,7	-0,5	2,8	1,0

**ND=Não Declarado

Tabela 8: Resultados recebidos para o ponto 500 °C (**)

Código do Laboratório	Temperatura do Padrão (°C)	Temperatura Indicada no pirômetro (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	$ E_n $
11	ND	ND	ND	ND	-----
15	ND	ND	ND	ND	-----
21	ND	ND	ND	ND	-----
24	500,0	494,8	5,2	2,6	0,4
27	500,0	495,1	4,9	2,5	0,3
40	500,7	497,0	3,7	3,8	0,0
41	498,0	492,0	6,0	5,1	0,4
45	499,2	497,5	1,7	4,2	0,4
52	500,0	497,0	3,0	4,1	0,1
53	500,0	496,0	4,0	4,5	0,1
54	499,7	496,4	3,3	8,3	0,0
63	500,2	497,6	2,6	1,5	0,4
81	499,0	495,7	3,3	2,0	0,1
82	501,8	500,9	0,9	3,5	0,7

** ND=Não Declarado

As figuras a seguir apresentam o desempenho dos participantes em cada ponto do EP. Os dados referentes ao Inmetro correspondem ao valor de referência determinado para cada ponto de calibração do pirômetro. Os laboratórios que não realizaram o ponto de calibração em questão não aparecem no gráfico.

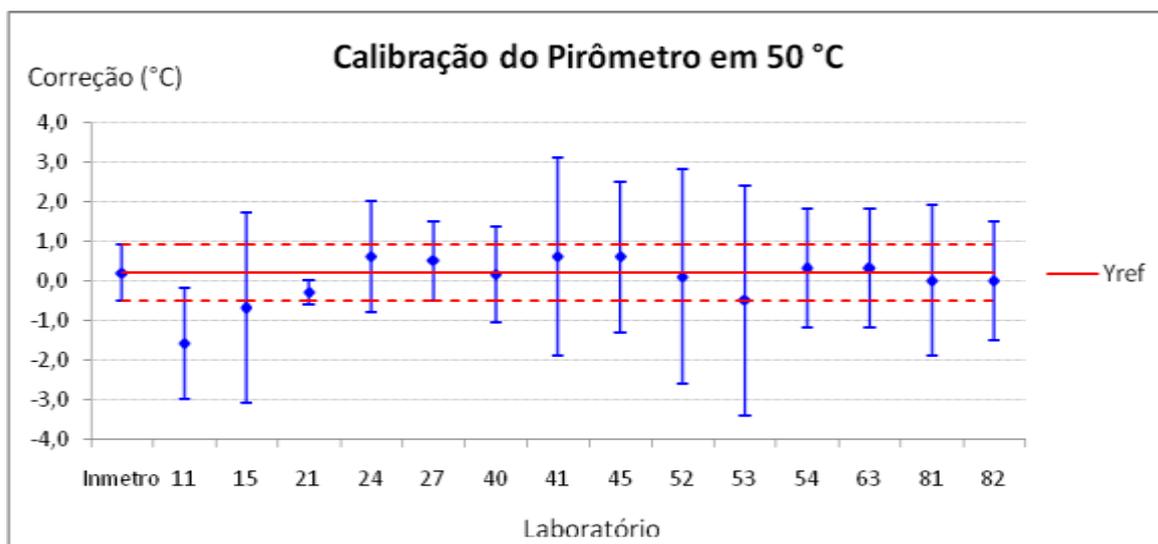


Figura 1: Dispersão dos participantes no ponto 50 °C



Figura 2: Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto 50 °C

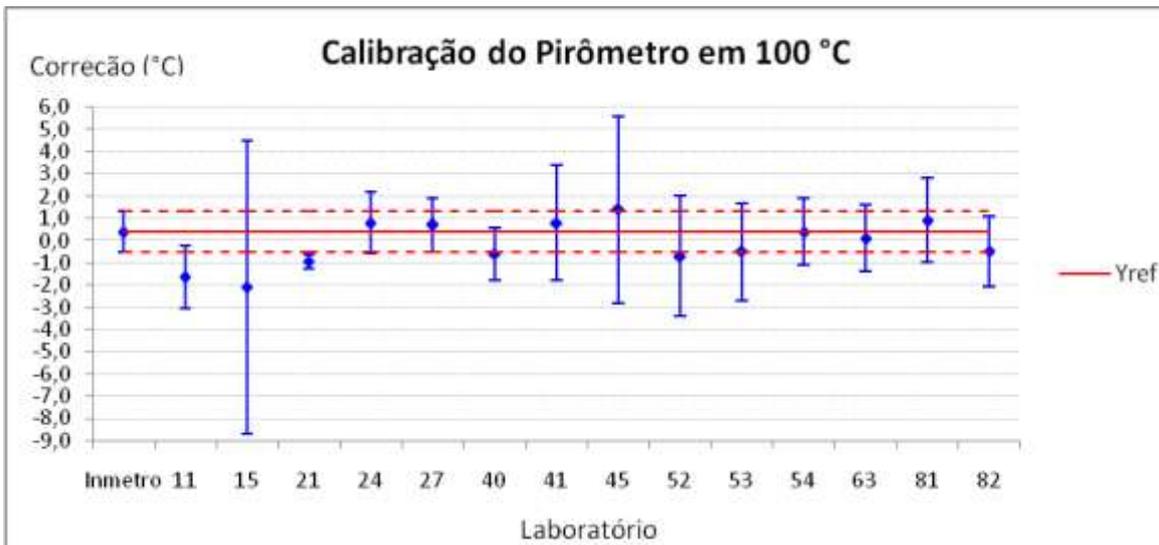


Figura 3: Dispersão dos participantes no ponto 100 °C



Figura 4: Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto 100 °C

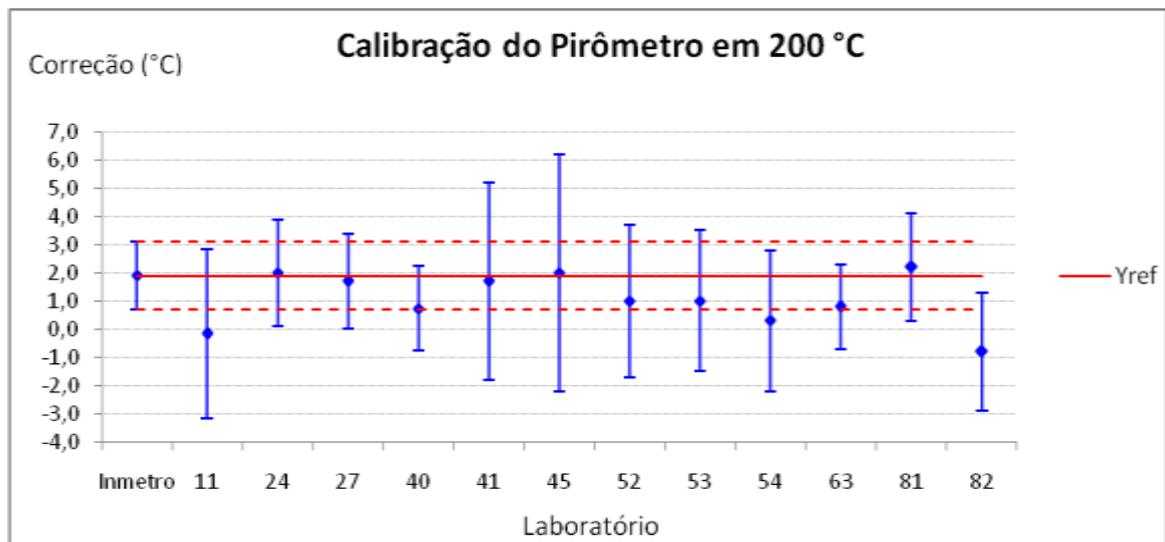


Figura 5: Dispersão dos participantes no ponto 200 °C

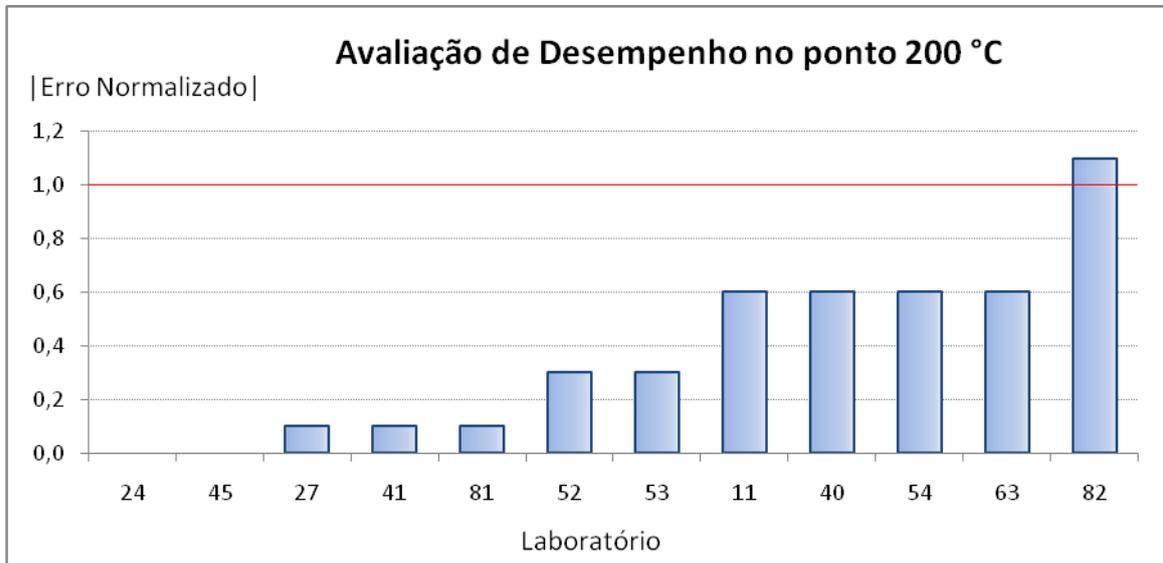


Figura 6: Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto 200 °C

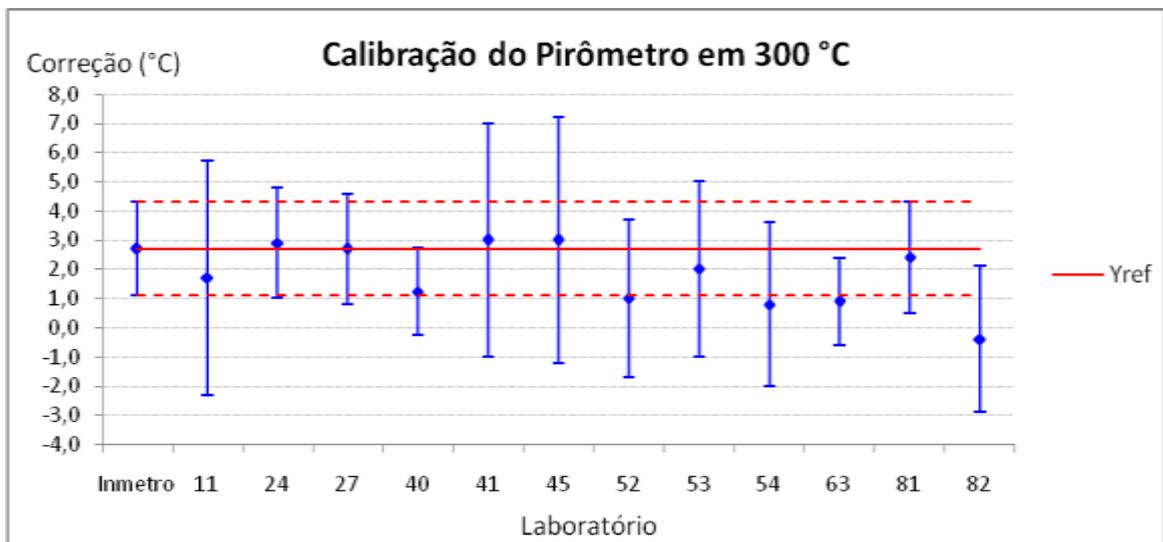


Figura 7: Dispersão dos participantes no ponto 300 °C

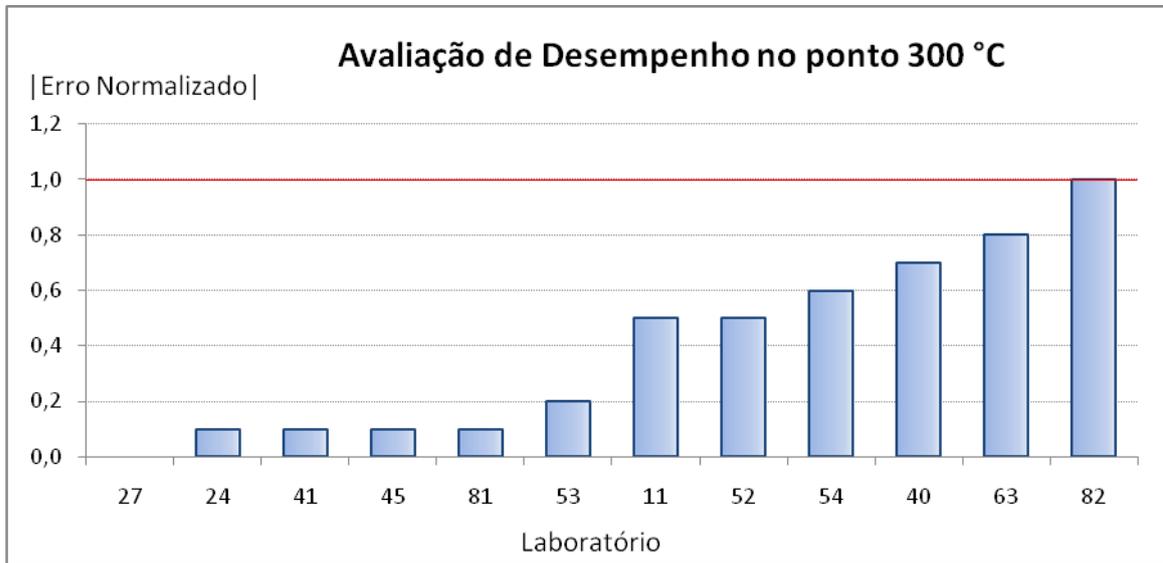


Figura 8: Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto 300 °C

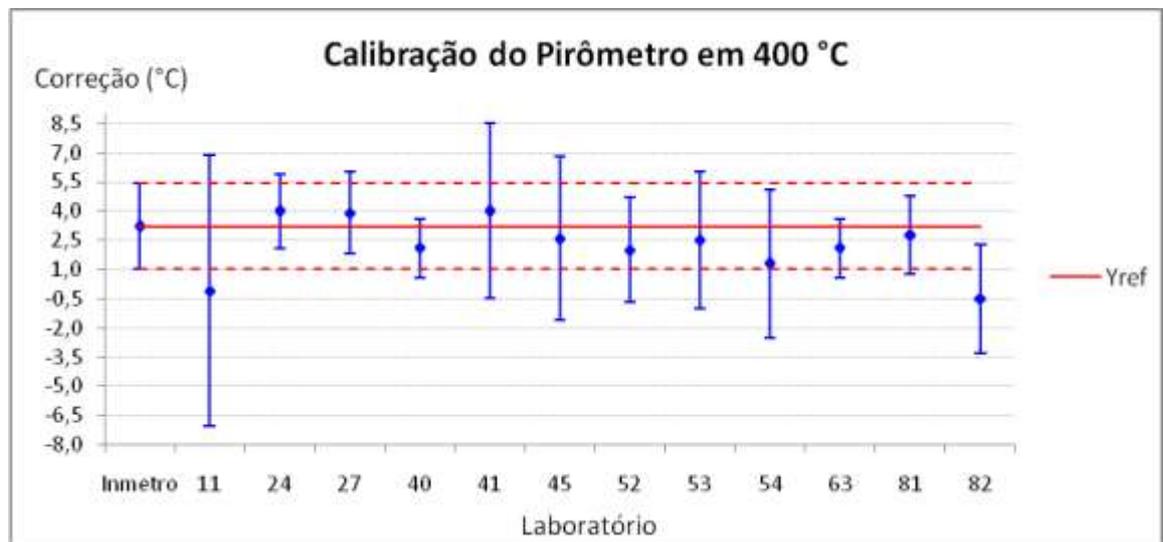


Figura 9: Dispersão dos participantes no ponto 400 °C

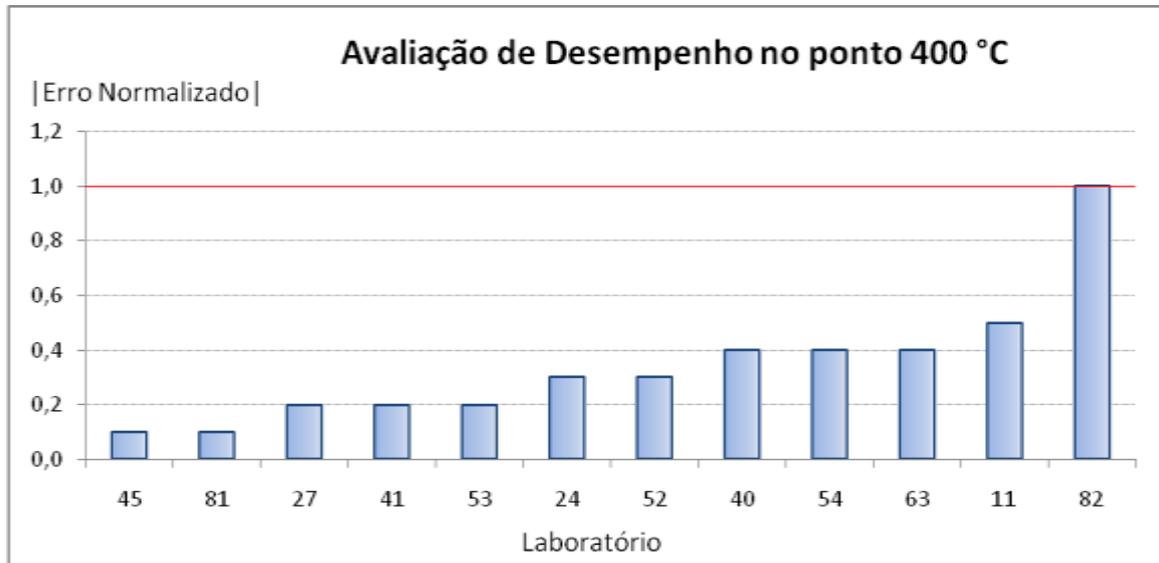


Figura 10: Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto 400 °C

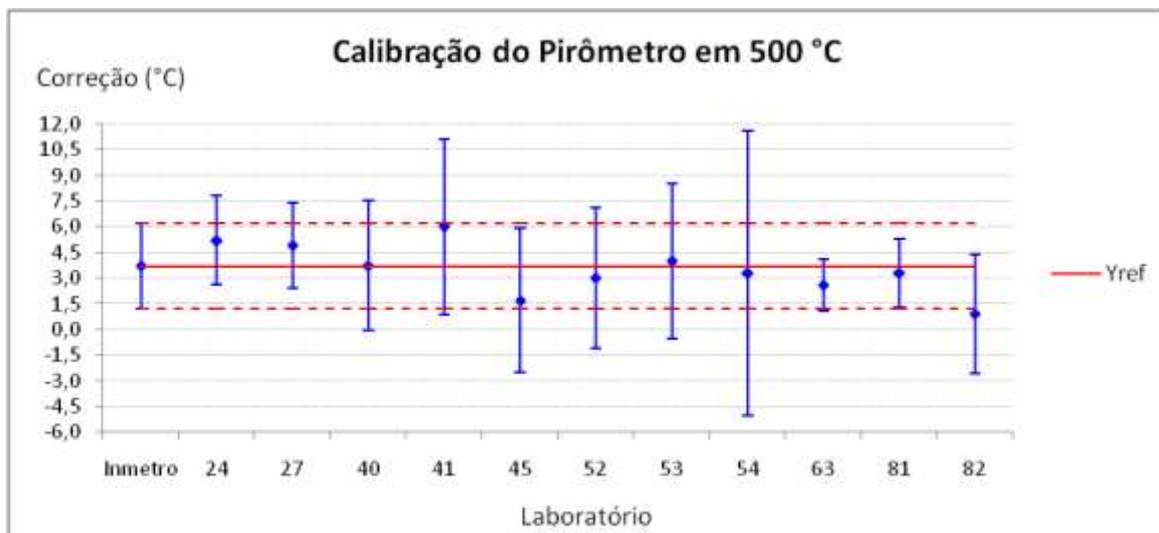


Figura 11: Dispersão dos participantes no ponto 500 °C

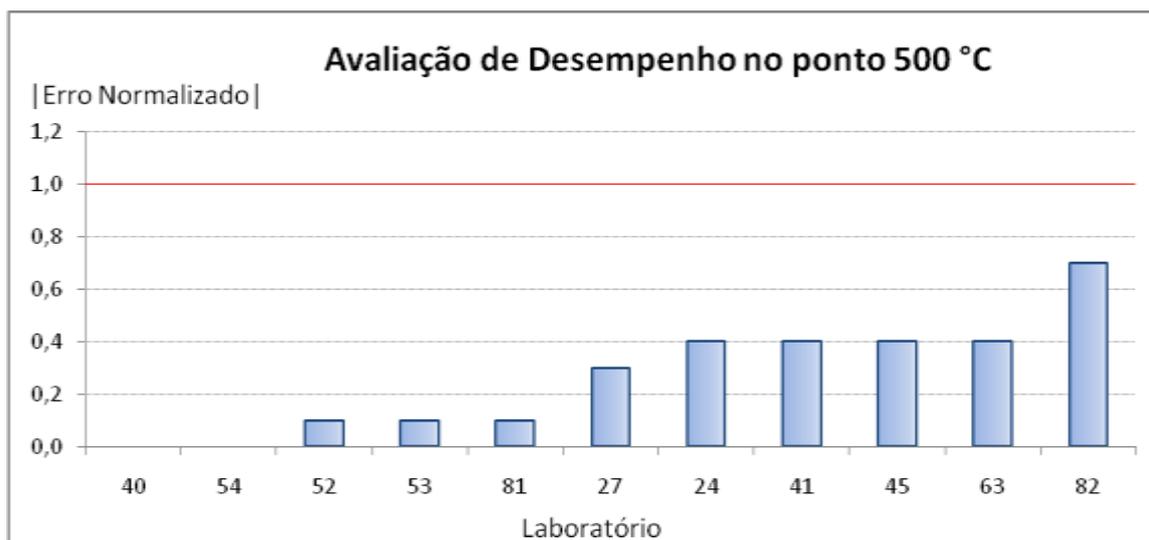


Figura 12: Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto 500 °C

Por fim, cabe ressaltar que o erro normalizado é apenas um indicativo do desempenho do participante e não oferece, portanto, indicativos de ações corretivas. Cabe a cada participante fazer a sua interpretação e implementar as melhorias que julgar pertinentes.

4. Confidencialidade

Cada participante foi identificado por código individual que é conhecido somente pelo próprio participante e pela coordenação do EP. O participante recebeu, via e-mail, o seu código de identificação correspondente à sua participação no EP. Este código foi utilizado como identificação do participante no preenchimento do formulário de registro de resultados. Os resultados poderão ser utilizados em trabalhos e publicações pelo Inmetro respeitando-se a confidencialidade de cada participante.

Conforme estabelecido no item 4.10.4 da ABNT ISO/IEC 17043:2011, em circunstâncias excepcionais, uma autoridade reguladora pode requerer os resultados do EP ao provedor.

5. Conclusões

A calibração do item de ensaio deveria ser realizada em 6 pontos (50, 100, 200, 300, 400 e 500 °C). Dos quatorze participantes, onze laboratórios fizeram a calibração em todos os pontos, um em 5 pontos e, finalmente, dois em apenas 2 pontos. Importa salientar as observações seguintes:

(1) a faixa de calibração de todos os laboratórios sempre foi contínua. Dois participantes (15 e 21) fizeram as calibrações nos pontos 50 e 100 °C e um participante (11) nos pontos de 50 a 400 °C. Todos os demais participantes (24, 27, 40, 41, 45, 52, 53, 54, 63, 81 e 82) fizeram as calibrações nos 6 pontos de 50 a 500 °C.

(2) aproximadamente 79 % dos participantes, ou onze laboratórios (15, 24, 27, 40, 41, 45, 52, 53, 54, 63 e 81), obtiveram 100 % de resultados satisfatórios ($|E_n| \leq 1,0$ em todos os pontos calibrados). Dentre os outros, um laboratório (82) obteve 83 % de resultados satisfatórios, um laboratório (11) obteve 60 % de resultados satisfatórios e um laboratório (21) obteve 50 % de resultados satisfatórios.

Esta última observação revela que aproximadamente 21 % dos laboratórios devem tomar ações corretivas em relação aos seus procedimentos para se adequarem às condições requeridas pela ABNT NBR ISO/IEC 17025 [2]. Como evidencia a Tabela 9, estas ações se concentram nas temperaturas mais baixas, nas quais as incertezas têm valores menores do que em temperaturas mais elevadas.

A tabela a seguir apresenta um quadro geral dos resultados do EP.

Tabela 9 – Calibrações realizadas com o pirômetro.

Ponto calibrado	Nº de participantes	Nº de participantes com $ E_n > 1$
50 °C	14	1
100 °C	14	2
200 °C	12	1
300 °C	12	0
400 °C	12	0
500 °C	11	0

Considerando todos os pontos a serem calibrados, a previsão era de serem realizadas 84 calibrações com o pirômetro. No entanto, 9 não foram efetuadas, totalizando 75 pontos medidos. Destes, 4 apresentaram resultados com $|E_n| > 1,0$ (5,3 %).

6. Participantes

Quinze laboratórios se inscreveram na 6ª rodada deste EP, sendo que um não enviou seus resultados. A identidade dos participantes em relação aos resultados do ensaio é confidencial, sendo conhecido apenas pelo responsável do laboratório e pela organização deste ensaio de proficiência. Os participantes foram codificados de forma a não haver possibilidade de associação do resultado com o respectivo laboratório. Os participantes não têm conhecimento da identificação dos outros participantes.

A lista dos participantes é apresentada na Tabela 16. É importante ressaltar que a numeração da tabela é apenas indicativa do número de participantes no EP, não estando, em hipótese alguma, associada à identificação dos participantes na apresentação dos resultados.

Tabela 10 – Participantes

Instituição	
1.	Consistec Controles e Sistemas de Automação Ltda.
2.	Masterlabor Instrumentos e Serviços Ltda. EPP
3.	Elus Serviços de Instrumentação Eireli ME
4.	XCAL Calibrações e Ensaios Eireli EPP
5.	Presertec-Serviços de Calibração Ltda.
6.	Salcas Industria e Comércio
7.	NOVUS Produtos Eletrônicos
8.	Gero Comercio e Serviços Ltda.
9.	Visomes Comercial Metrológica Ltda. EPP
10.	VWC Equipamentos de Instrumentação e Comércio Ltda.
11.	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG – Campus CETEC
12.	CTJ Metrologia, Comércio e Serviços Ltda.
13.	Instituto de Tecnologia em Imunológicos
14.	Arcelor Mittal Brasil S.A.

Total de participantes: 14

7. Referências Bibliográficas

[1] ABNT NBR ISO/IEC 17043, Avaliação de conformidade — Requisitos gerais para ensaios de proficiência, ABNT, Rio de Janeiro, 2011.

[2] ABNT NBR ISO/IEC 17025, Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração, ABNT, Rio de Janeiro, 2005.



Programa de Ensaio da Proficiência do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - PEP-Inmetro
Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém - Duque de Caxias - RJ - Brasil CEP: 25250-020
Tel/Fax: +55 21 2679-9745 - www.inmetro.gov.br - E-mail: pep-inmetro@inmetro.gov.br