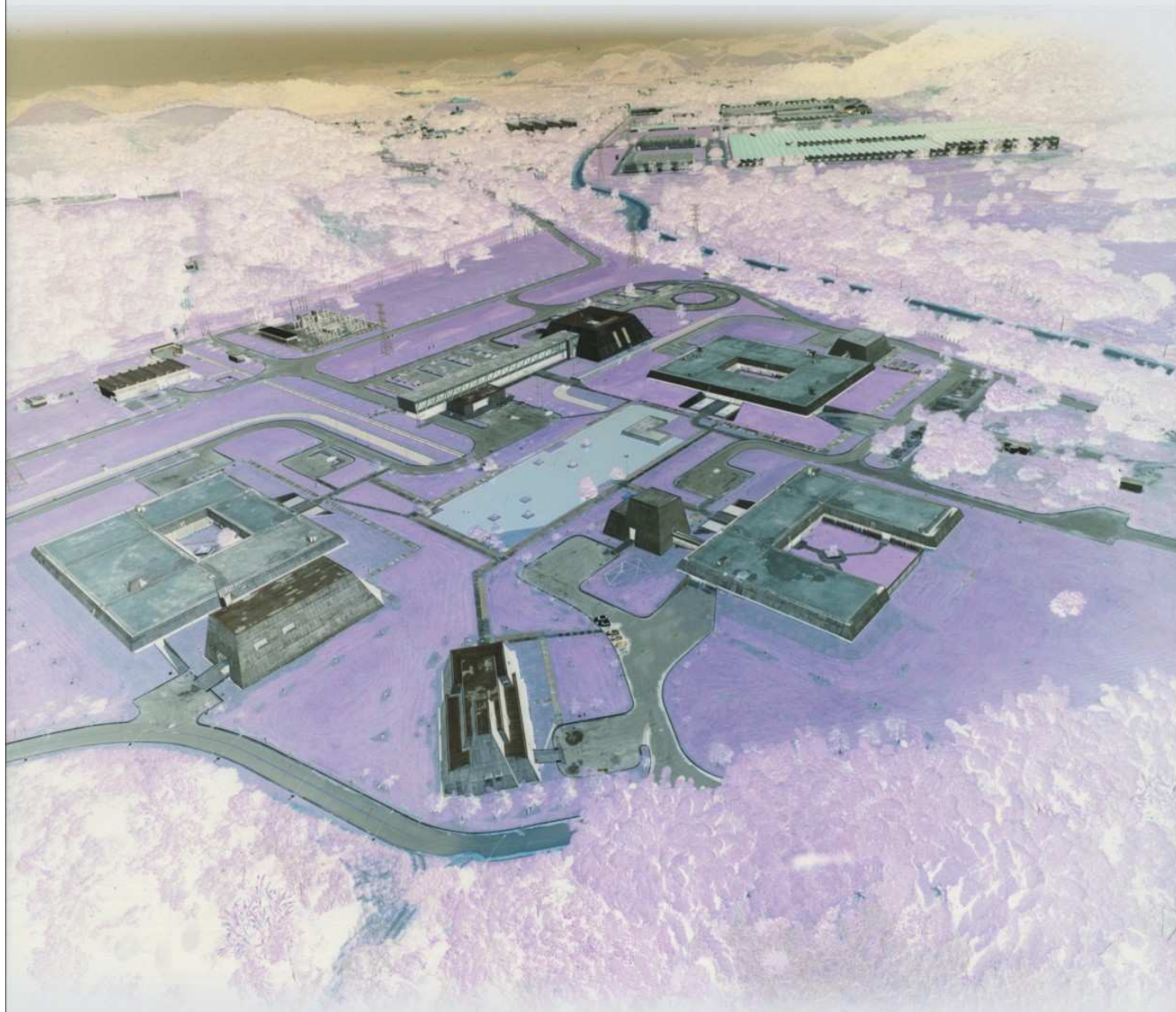


Relatório Final da Comparação Interlaboratorial de Termômetro de Líquido em Vidro (TLV)



Inmetro
Diretoria de Metrologia Científica e Industrial

PEP-Dimci

Programa de ensaios de proficiência em metrologia científica e industrial

COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL DE TERMÔMETRO DE LÍQUIDO EM VIDRO (TLV)

RELATÓRIO FINAL – Nº 004/12

ORGANIZAÇÃO E COORDENAÇÃO



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro

Diretoria de Metrologia Científica e Industrial – Dimci

Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duque de Caxias – RJ – 25250-020

Telefone: +55 21 2679-9745 – E-mail: pep-dimci@inmetro.gov.br

COORDENAÇÃO DA COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL

Dameres da Silva Santos (Inmetro/Dimci/Dicep)

Klaus Natorf Quelhas (Inmetro/Dimci/Diter)

Paulo Roberto da Fonseca Santos (Inmetro/Dimci/Dicep)

Renato Nunes Teixeira (Inmetro/Dimci/Diter)

COMITÊ TÉCNICO

Hamilton Davidson Vieira (Inmetro/Dimci/Diter)

Joyce Costa Andrade (Inmetro/Dimci/Dicep)

Klaus Natorf Quelhas (Inmetro/Dimci/Diter)

Pedro Henrique Fernandes Diniz (Inmetro/Dimci/Diter)

SUMÁRIO

1. Introdução	2
2. Itens de Comparação	2
3. Valor de Referência	3
4. Procedimentos Utilizados na Comparação Interlaboratorial.....	5
5. Análise dos Resultados	5
6. Resultados	6
6.1. TLV 888-95 (imersão total)	6
6.2. TLV 50433 (imersão parcial)	15
7. Conclusões	24
8. Laboratórios Participantes	26
9. Referências Bibliográficas	28

1. Introdução

A medição de temperatura é um parâmetro relevante em muitas áreas de pesquisa, uma vez que esta influencia diversos processos físicos, químicos ou biológicos. Nas indústrias, a temperatura pode representar um fator relevante nos custos do negócio, na qualidade do produto, na qualidade de um serviço, na saúde e na segurança. Assim, a disseminação de instrumentos capazes de realizar medições com rastreabilidade e internacionalmente harmonizadas é vital em qualquer economia desenvolvida.

Desta forma, a participação de laboratórios em comparações interlaboratoriais (CI) é fundamental para evidenciar a competência técnica destes laboratórios para calibrar os diferentes tipos de sensores de temperatura. Os laboratórios nacionais acreditados ou que buscam a acreditação estão cientes desta importância e, através da Comissão Técnica de Temperatura e Umidade (CT-11) da Divisão de Acreditação de laboratórios (Dicla) do Inmetro envidam esforços para a realização de comparações com diferentes instrumentos da área da metrologia térmica.

Este relatório apresenta os resultados da avaliação de desempenho dos laboratórios participantes da comparação interlaboratorial com Termômetro de Líquido em Vidro (TLV), promovido pelo Inmetro, através do Laboratório de Termometria (Later) da Divisão de Metrologia Térmica (Diter) do Inmetro, com o apoio da Comissão Técnica de Temperatura e Umidade da Dicla (CT-11).

2. Itens de Comparação

Nesta comparação os itens de ensaio utilizados foram dois TLV de fabricação Incoterm, números de série 888-95 de imersão total e 50433 de imersão parcial. Ambos os termômetros possuem escala interna, valor de uma divisão de 0,1 °C e utilizam mercúrio como líquido termométrico.

Os termômetros foram calibrados pelo Later nos seguintes valores de temperatura -38 °C, -30 °C, -20 °C, -10 °C e 0 °C.

A calibração foi realizada no Later utilizando-se um sistema de medição composto por banhos termostáticos, cujos perfis térmicos foram previamente avaliados, um termômetro padrão de resistência de platina (TPRP) e um termômetro digital para a leitura do TPRP. Estes dois últimos calibrados no Later. A escala de temperatura em uso foi a Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90).

As correções dos itens de ensaio, em cada ponto de calibração, foram calculadas como a diferença entre o valor médio do TPRP e o valor médio indicado pelo TLV, onde cada valor médio foi determinado através de quatro leituras tomadas minuto a minuto. A incerteza do valor da correção foi estimada para cada ponto de calibração considerando-se diversas componentes, tais como,

repetitividade das medições, estabilidade e uniformidade do banho termostático, resoluções das indicações, erro de paralaxe no TLV, erro de imersão do TLV, etc.

Como definido no protocolo da comparação, a deriva dos TLV foi verificada através de medições no ponto do gelo realizada entre as calibrações pelos laboratórios participantes de uma dada região. A tabela 1 abaixo apresenta os valores médios das indicações dos TLV no ponto do gelo. Pelos valores na tabela verifica-se que os TLV apresentam uma excelente estabilidade no intervalo da calibração, de maneira que os mesmos não precisaram ser recalibrados durante a comparação.

Tabela 1: Estabilidade dos TLV no ponto do gelo (0 °C)

TLV	Data da medição				
	04/04/11	18/07/11	04/11/11	01/12/11	09/05/12
888-95	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
50433	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09

3. Valor de Referência

Também como definido no protocolo, o valor de referência desta comparação foi determinado através dos valores das correções determinadas nas calibrações inicial (antes do início da comparação) e final (realizada após a calibração feita pelo último participante) realizadas pelo Later. O valor de Y_{ref} é dado pela fórmula:

$$Y_{ref} = \frac{Y_1 + Y_2}{2} \quad (1)$$

Onde,

Y_1 = valor da calibração inicial no Later/Inmetro

Y_2 = valor da calibração final no Later/Inmetro

Chamando as incertezas expandidas de Y_1 por U_1 e de Y_2 por U_2 ($k=2$), a incerteza no valor de Y_{ref} , U_{ref} é obtida combinando-se a contribuição devido à deriva do TLV com a da lei de propagação da incerteza [5], onde o coeficiente de correlação foi considerado como sendo $r=1$, de acordo com a equação 2.

$$U_{ref} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{Y_1 - Y_2}{\sqrt{12}}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y_{ref}}{\partial Y_1}\right)^2 \left(\frac{U_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y_{ref}}{\partial Y_2}\right)^2 \left(\frac{U_2}{2}\right)^2 + 2r \left(\frac{\partial Y_{ref}}{\partial Y_1}\right) \left(\frac{\partial Y_{ref}}{\partial Y_2}\right) \left(\frac{U_1}{2}\right) \left(\frac{U_2}{2}\right)} \quad (2)$$

As tabelas 2 e 3 apresentam os valores das calibrações realizadas pelo Later/Diter/Dimci/Inmetro para os dois TLV utilizados nesta comparação interlaboratorial. A tabela 4 apresenta os valores de referência para avaliação dos laboratórios participantes.

Tabela 2 – Resultados das calibrações do Inmetro com o TLV 888-95

Ponto Nominal (°C)	Calibração Inicial		Calibração Final	
	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)
-38	-0,06	0,05	-0,05	0,02
-30	0,03	0,05	0,03	0,02
-20	-0,05	0,05	-0,02	0,02
-10	-0,01	0,05	0,00	0,02
0	-0,10	0,05	-0,10	0,02

Tabela 3 – Resultados das calibrações do Inmetro com o TLV 50433

Ponto Nominal (°C)	Calibração Inicial		Calibração Final	
	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)
-38	-0,23	0,02	-0,23	0,02
-30	-0,22	0,03	-0,21	0,03
-20	-0,19	0,04	-0,18	0,04
-10	-0,18	0,04	-0,15	0,04
0	-0,09	0,04	-0,09	0,04

Tabela 4 – Valores de referência da comparação

Ponto Nominal (°C)	TLV 888-95 (IT)		TLV 50433 (IP)	
	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)
-38	-0,06	0,04	-0,23	0,02
-30	0,03	0,04	-0,22	0,03
-20	-0,04	0,04	-0,19	0,04
-10	-0,01	0,04	-0,17	0,04
0	-0,10	0,04	-0,09	0,04

Das tabelas 2 a 4 pode-se observar que os resultados das calibrações realizadas no Later são compatíveis entre si usando-se o mesmo critério do E_n aplicado à avaliação dos laboratórios participantes, como apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Valores do E_n para as calibrações do Later

Ponto Nominal (°C)	TLV 888-95 de IT			TLV 50433 de IP		
	INMETRO 1	Valor ref	Valor ref	INMETRO 1	Valor ref	Valor ref
	INMETRO 2	INMETRO 1	INMETRO 2	INMETRO 2	INMETRO 1	INMETRO 2
	E_n	E_n	E_n	E_n	E_n	E_n
-38	0,19	0,10	0,12	0,00	0,00	0,00
-30	0,00	0,00	0,00	0,24	0,17	0,11
-20	0,56	0,30	0,28	0,18	0,13	0,09
-10	0,19	0,10	0,12	0,53	0,38	0,23
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

4. Procedimentos Utilizados na Comparação Interlaboratorial

Para avaliação do desempenho de cada laboratório nesta CI, os participantes deveriam utilizar seus próprios procedimentos de calibração que são empregados na prestação de serviços rotineiros. Todas as medições com os equipamentos e padrões utilizados pelos participantes deveriam ter rastreabilidade a padrões de medição nacionais ou internacionais. Os seguintes pontos foram definidos para a CI:

Temperatura: -38 °C, -30 °C, -20 °C, -10 °C e 0 °C. (tolerância de até ± 1 °C)

Os laboratórios não poderiam substituir pontos de calibração, caso algum ponto não pudesse ser realizado por motivos técnicos.

Os laboratórios participantes deveriam registrar suas medições num arquivo Excel denominado "Registro de resultados". Após o preenchimento dos dados, a planilha deveria ser protegida com uma senha equivalente à assinatura digital do laboratório, garantindo assim a integridade dos dados.

5. Análise dos Resultados

A avaliação do desempenho dos laboratórios participantes foi realizada utilizando-se o cálculo do erro normalizado (E_n), conforme descrito na ISO/IEC 17043:2010, de acordo com a equação abaixo.

$$E_n = \frac{y_i - y_{ref}}{\sqrt{U_i^2 + U_{ref}^2}} \quad (3)$$

Onde,

y_{ref} valor de referência, designado pelo Later/Inmetro;

y_i resultado de medição de um laboratório específico i ;

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

U_i valor de incerteza expandida informado por um laboratório específico i .

O critério de aceitação do erro normalizado é:

$|E_n| \leq 1$ Resultado satisfatório

$|E_n| > 1$ Resultado insatisfatório

Os resultados foram analisados através de planilhas no Excel, sendo uma para cada termômetro. Nas planilhas, foram digitados os códigos dos laboratórios, os resultados das calibrações realizadas pelos participantes, os resultados da calibração realizada pelo Inmetro e os cálculos de E_n . Gráficos também foram elaborados e serão exibidos na seção seguinte.

6. Resultados

As tabelas a seguir apresentam os resultados de medição de temperatura dos laboratórios participantes. Nas tabelas, aparece um traço (-) nos pontos não realizados pelo laboratório participante. As calibrações foram realizadas entre julho de 2011 e janeiro de 2012. Os resultados de cada laboratório são exibidos respeitando a formatação adotada por cada um destes no registro dos resultados.

6.1. TLV 888-95 (Imersão total)

Tabela 6 – Resultados do Laboratório TL/01 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E_n
-38	-37,9	0,08	0,3	0,45
-30	-30,4	0,13	0,3	0,33
-20	-20,3	0,09	0,3	0,41
-10	-10,2	0,05	0,2	0,27
0	0,1	-0,13	0,2	0,15

Tabela 7 – Resultados do Laboratório TL/04 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E_n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-20,00	-0,01	0,16	0,15
-10	-10,01	0,02	0,16	0,15
0	0,06	-0,06	0,07	0,51

Tabela 8 – Resultados do Laboratório TL/06 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E_n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-20,60	0,08	0,05	1,81
-10	-10,40	0,12	0,05	2,04
0	0,00	-0,12	0,06	0,29

Tabela 9 – Resultados do Laboratório TL/11 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E_n
-38	-37,92	-0,17	0,28	0,41
-30	-30,00	-0,07	0,26	0,38
-20	-19,90	-0,21	0,23	0,75
-10	-9,95	-0,10	0,15	0,62
0	0,10	-0,14	0,15	0,26

Tabela 10 – Resultados do Laboratório TL/16 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-19,72	-0,06	0,03	0,51
-10	-9,80	0,01	0,03	0,32
0	0,10	-0,10	0,03	0,00

Tabela 11 – Resultados do Laboratório TL/27 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-20,0	0,0	0,3	0,12
-10	-10,5	0,0	0,3	0,02
0	0,0	0,0	0,3	0,33

Tabela 12 – Resultados do Laboratório TL/31 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,7	0,0	0,2	0,27
-30	-29,8	0,1	0,2	0,34
-20	-19,7	0,0	0,2	0,17
-10	-9,8	0,1	0,2	0,52
0	0,0	0,0	0,2	0,49

Tabela 13 – Resultados do Laboratório TL/41 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-30,00	-0,05	0,15	0,52
-20	-20,00	-0,05	0,15	0,10
-10	-10,00	-0,05	0,15	0,29
0	0,05	-0,05	0,10	0,47

Tabela 14 – Resultados do Laboratório TL/50 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,43	-0,08	0,20	0,12
-30	-29,58	0,02	0,20	0,05
-20	-19,63	-0,01	0,20	0,12
-10	-9,72	0,05	0,20	0,27
0	0,07	-0,07	0,20	0,15

Tabela 15 – Resultados do Laboratório TL/52 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,95	-0,05	0,08	0,06
-30	-30,04	0,04	0,08	0,11
-20	-19,99	-0,01	0,08	0,28
-10	-10,03	0,03	0,08	0,40
0	0,10	-0,10	0,08	0,00

Tabela 16 – Resultados do Laboratório TL/54 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,4	-0,6	0,2	2,68
-30	-30,1	0,0	0,2	0,15
-20	-20,1	0,0	0,3	0,12
-10	-10,1	0,0	0,3	0,02
0	0,2	-0,2	0,2	0,49

Tabela 17 – Resultados do Laboratório TL/66 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,92	-0,08	0,05	0,41
-30	-29,92	59,92	0,05	981
-20	-19,92	-0,08	0,05	0,71
-10	-9,96	-0,04	0,05	0,57
0	0,08	-0,08	0,05	0,33

Tabela 18 – Resultados do Laboratório TL/68 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,80	-0,065	0,16	0,06
-30	-30,15	0,025	0,16	0,03
-20	-20,05	-0,018	0,16	0,10
-10	-10,10	0,052	0,16	0,35
0	0,00	-0,011	0,16	0,54

Tabela 19 – Resultados do Laboratório TL/72 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-20,00	-0,07	0,11	0,30
-10	-10,00	-0,06	0,11	0,48
0	0,10	-0,09	0,10	0,09

Tabela 20 – Resultados do Laboratório TL/81 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,52	-0,13	0,25	0,30
-30	-29,84	0,05	0,26	0,08
-20	-19,90	0,08	0,26	0,44
-10	-9,99	0,12	0,26	0,48
0	0,12	-0,12	0,08	0,23

Tabela 21 – Resultados do Laboratório TL/87 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-38,00	-0,06	0,03	0,11
-30	-30,00	0,02	0,03	0,22
-20	-20,00	-0,04	0,03	0,10
-10	-10,00	-0,01	0,03	0,11
0	0,10	-0,10	0,03	0,00

Tabela 22 – Resultados do Laboratório TL/89 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-19,95	-0,05	0,10	0,14
-10	-10,00	0,00	0,10	0,05
0	0,09	-0,09	0,10	0,09

Tabela 23 – Resultados do Laboratório TL/90 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-30,00	0,087	0,024	1,34
-20	-20,00	0,072	0,024	2,33
-10	-10,00	0,072	0,024	1,80
0	0,13	-0,041	0,025	1,37

Tabela 24 – Resultados do Laboratório TL/96 com o TLV 888-95 (imersão total)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-30	0	0,2	0,15
-20	-20	0	0,2	0,17
-10	-10	0	0,2	0,02
0	0,1	-0,1	0,2	0,00

As figuras a seguir apresentam o desempenho dos laboratórios participantes em cada ponto da CI, com o TLV 888-95. Os dados referentes ao Inmetro correspondem ao valor de referência determinado para cada ponto de calibração do TLV. Os laboratórios que não realizaram o ponto de calibração em questão não aparecem no gráfico.

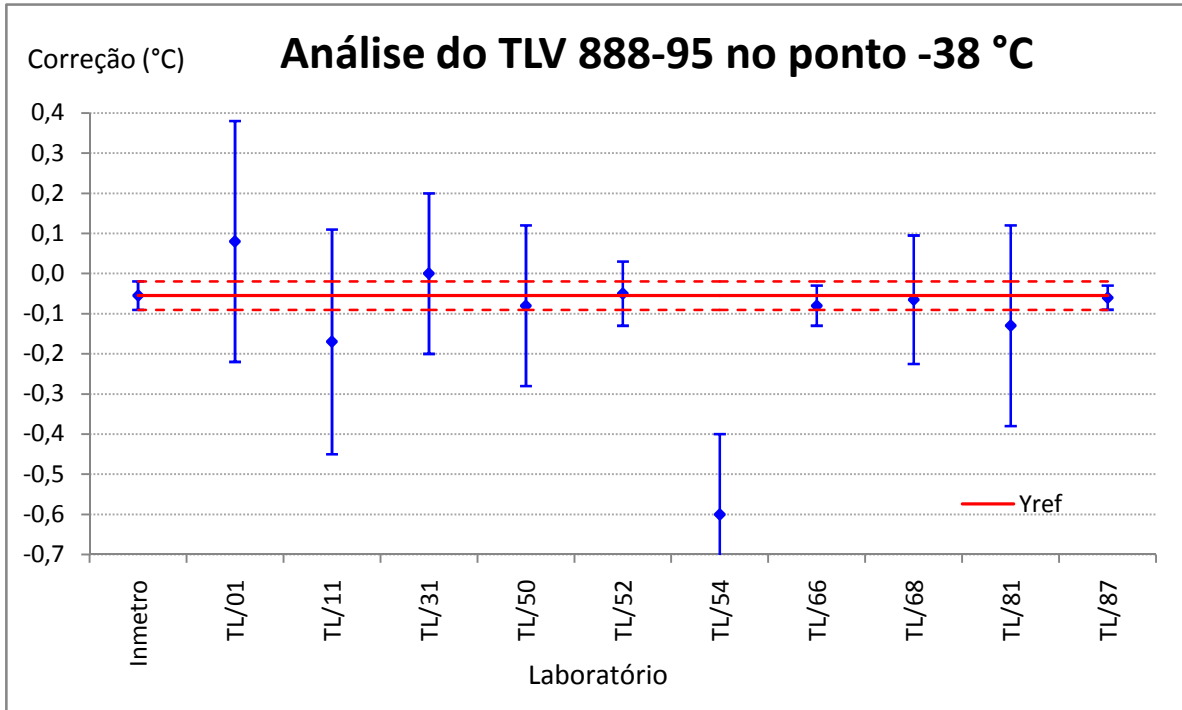


Figura 1 – Desempenho dos laboratórios no ponto -38°C

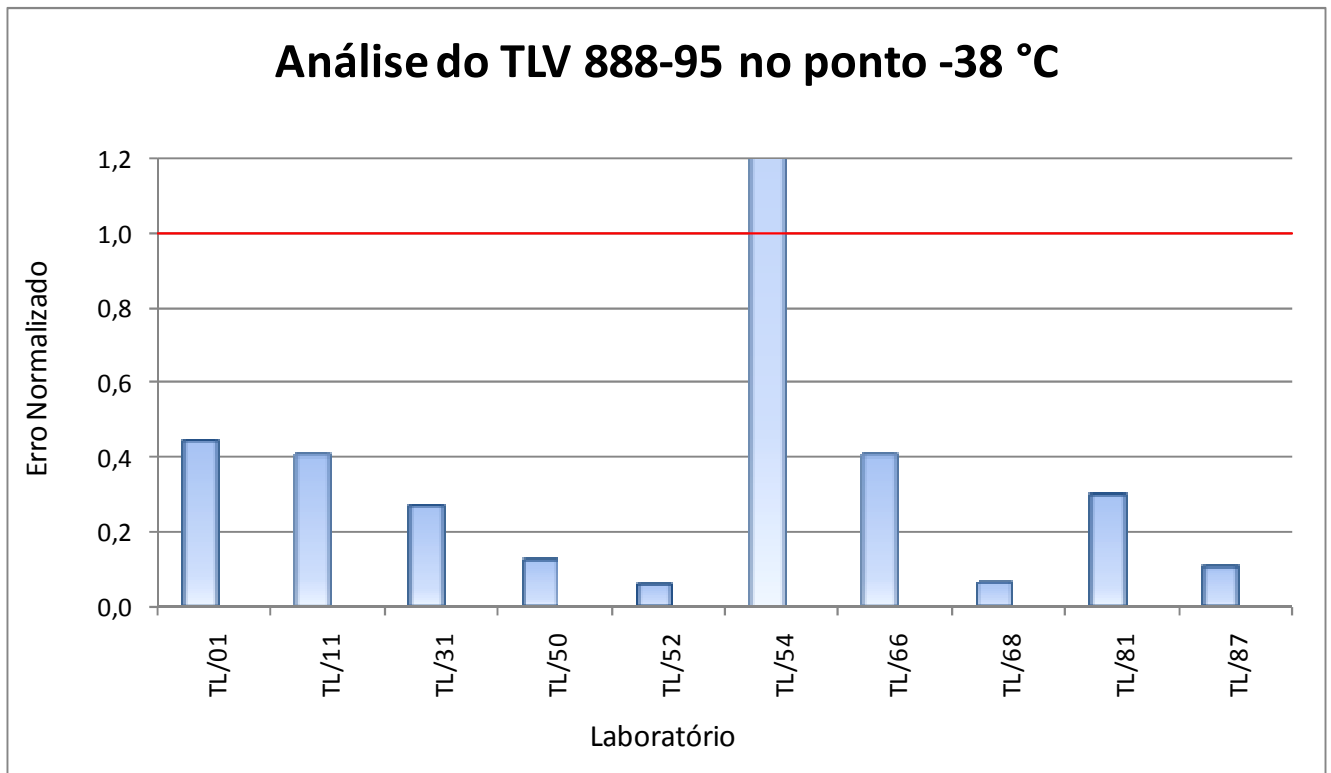


Figura 2 – Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto -38°C

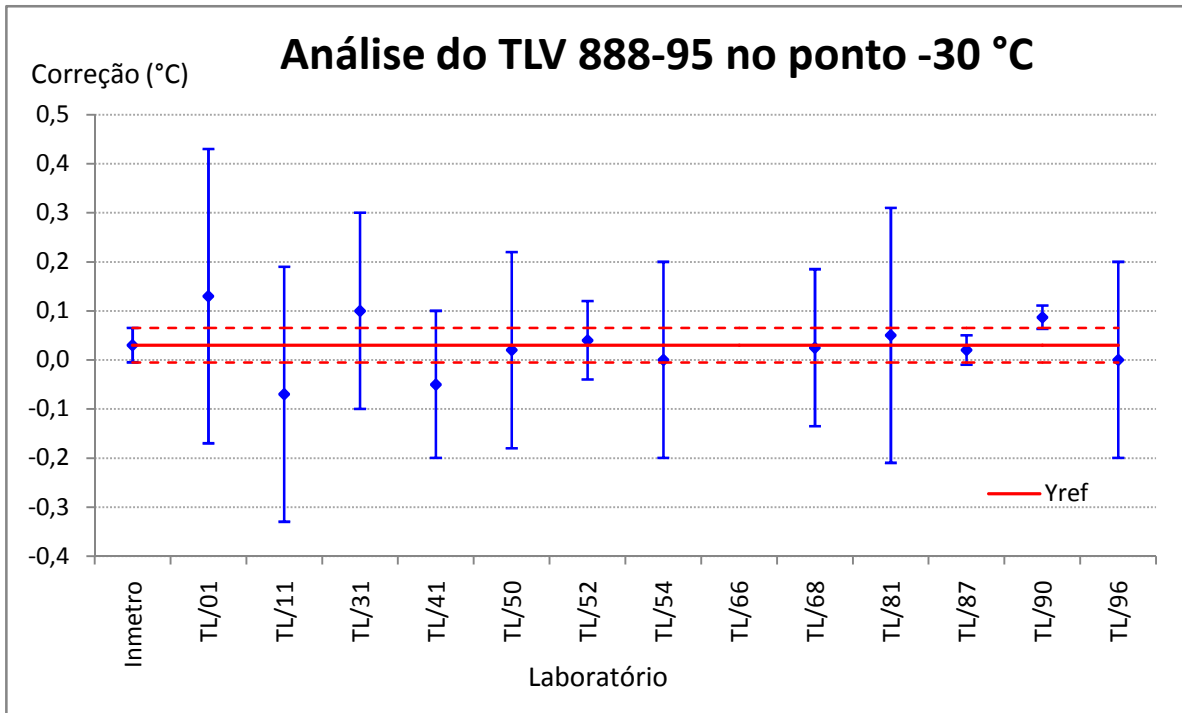


Figura 3 – Desempenho dos laboratórios no ponto -30°C

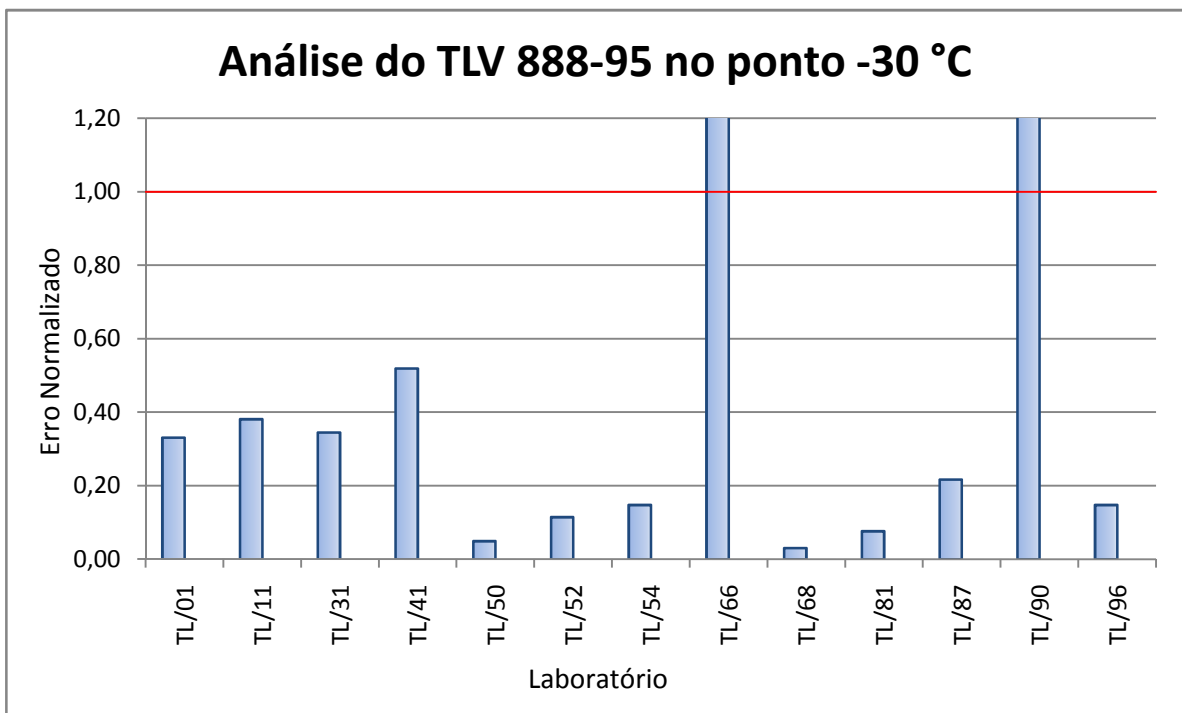


Figura 4 – Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto -30°C

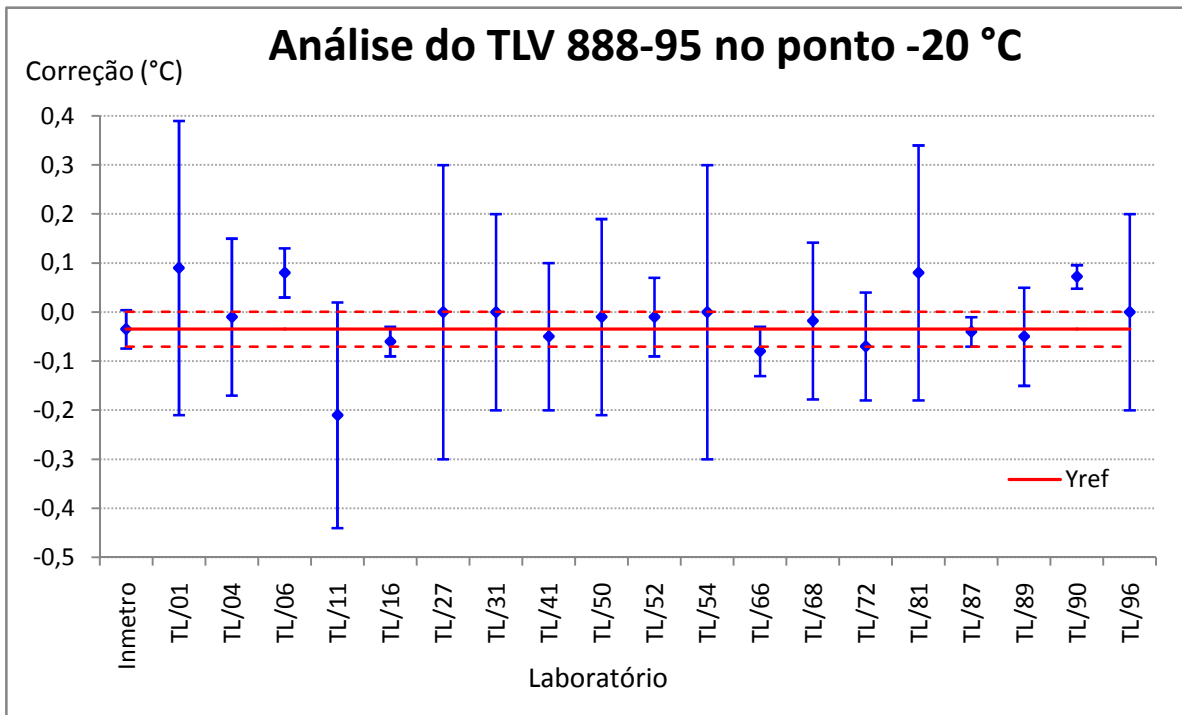


Figura 5 – Desempenho dos laboratórios no ponto -20°C

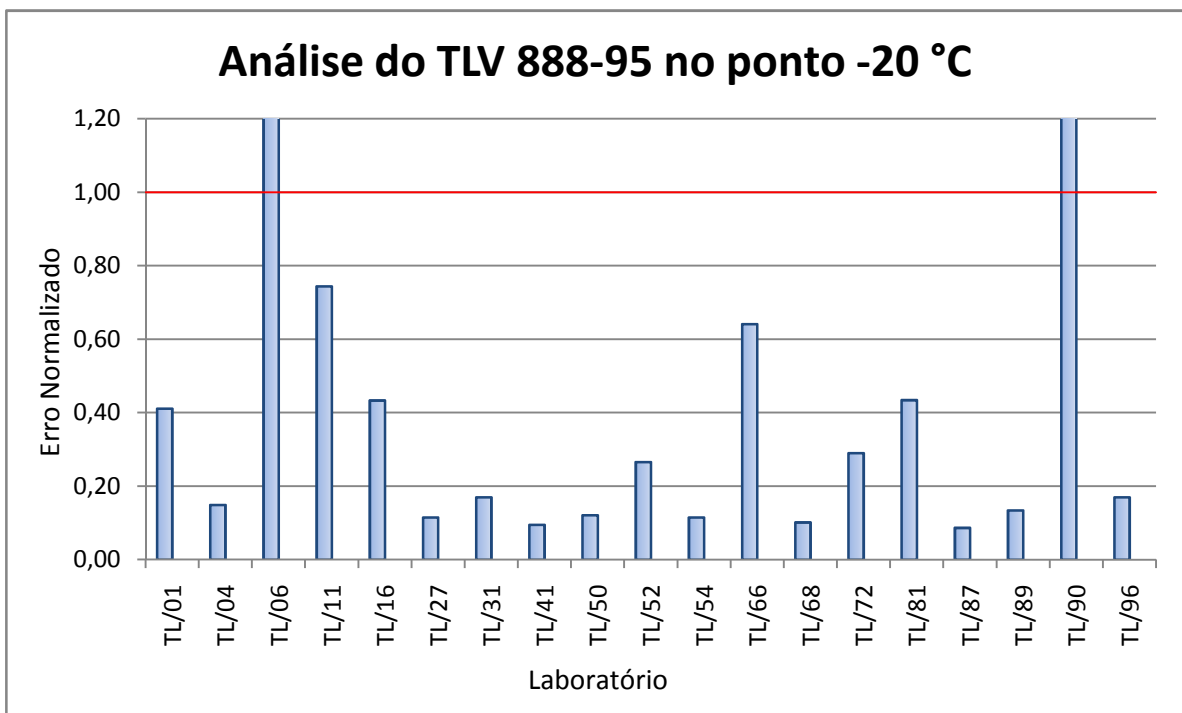


Figura 6 – Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto -20°C

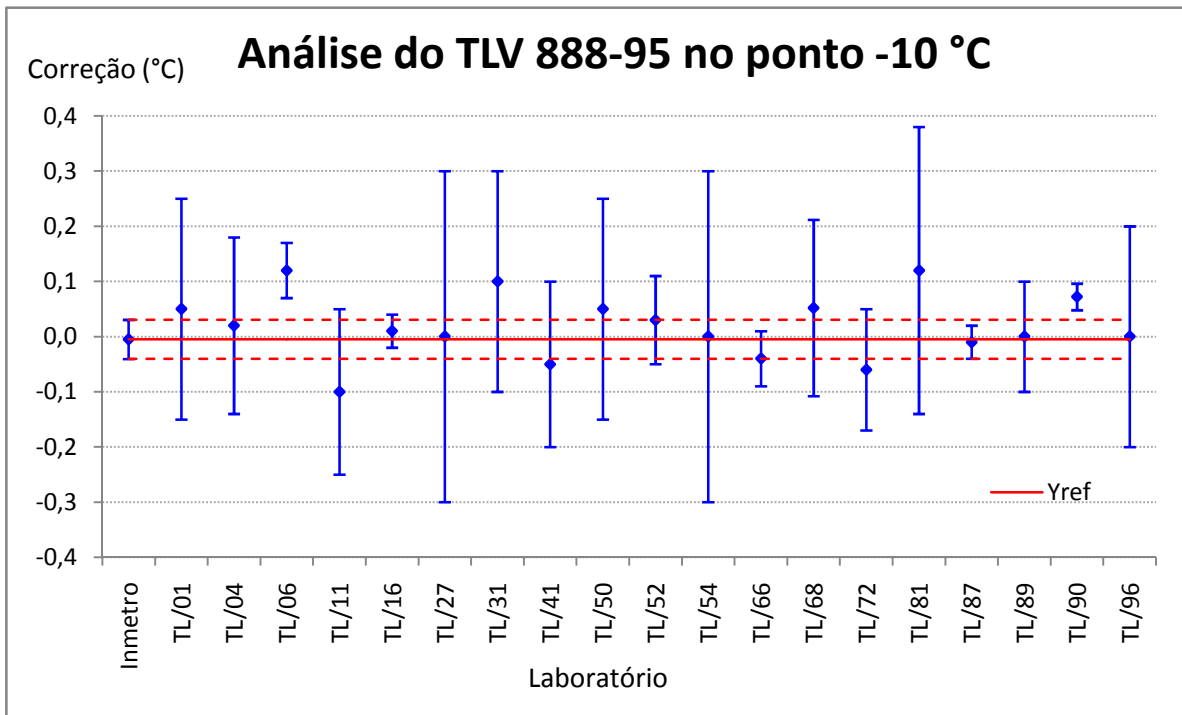


Figura 7 – Desempenho dos laboratórios no ponto -10°C

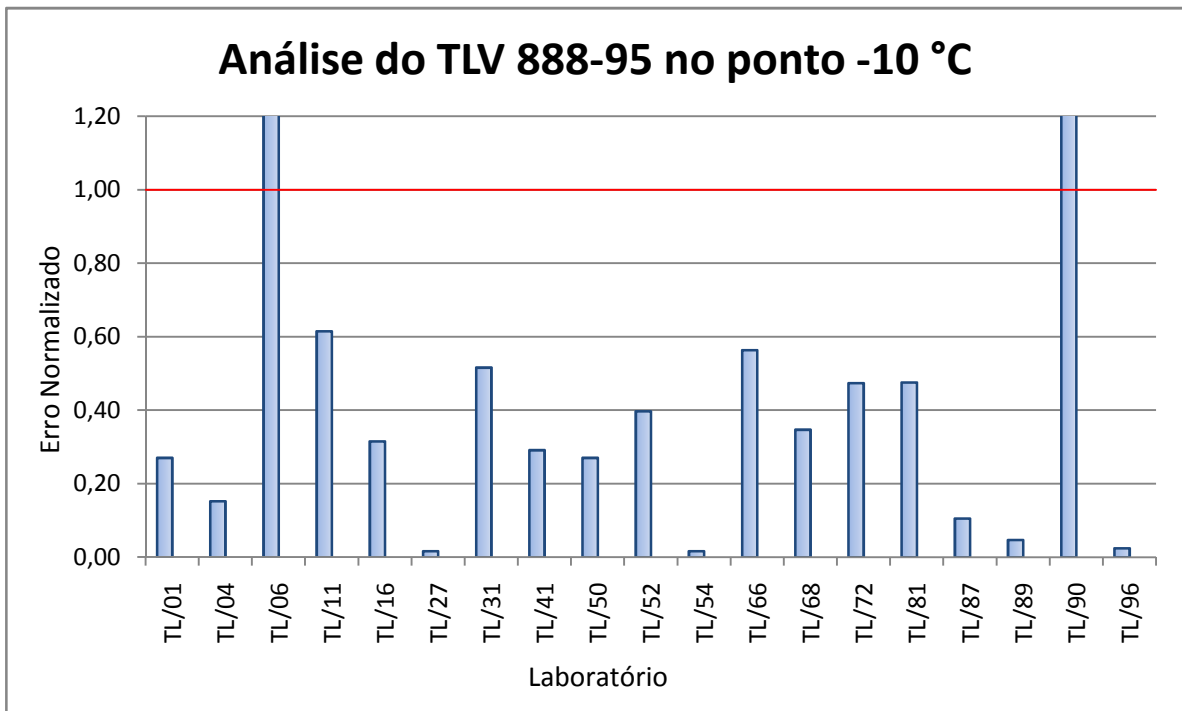


Figura 8 – Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto -10°C

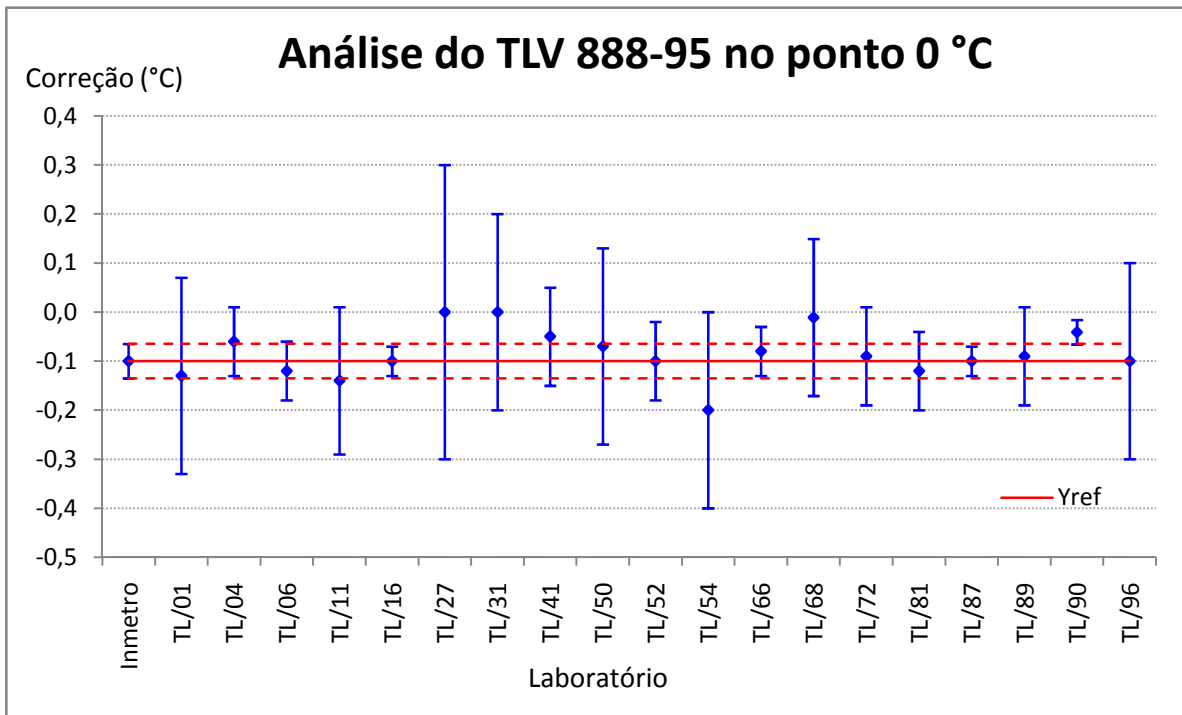


Figura 9 – Desempenho dos laboratórios no ponto 0°C

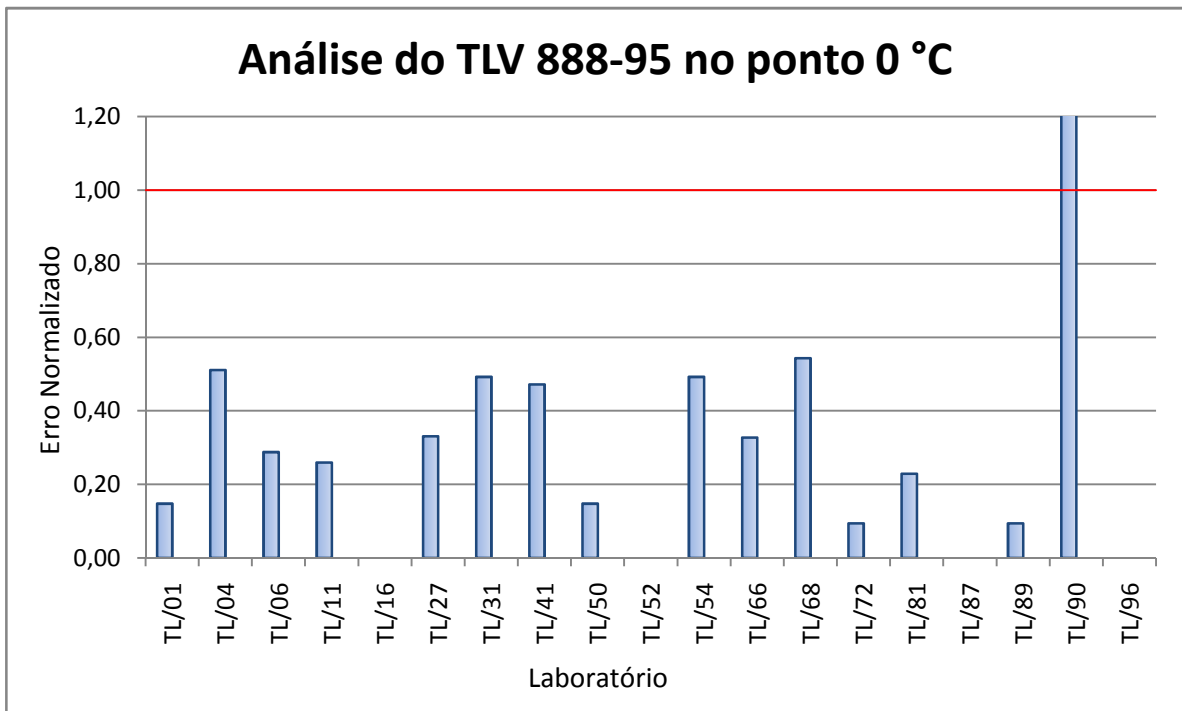


Figura 10 – Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto 0°C

6.2. TLV 50433 (Imersão parcial)

Tabela 25 – Resultados do Laboratório TL/01 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,8	-0,02	0,3	0,70
-30	-30,2	-0,07	0,3	0,48
-20	-20,1	-0,11	0,3	0,25
-10	-10,1	-0,05	0,2	0,56
0	0	-0,03	0,2	0,29

Tabela 26 – Resultados do Laboratório TL/04 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-19,82	-0,14	0,16	0,27
-10	-9,87	-0,13	0,16	0,21
0	0,06	-0,06	0,07	0,37

Tabela 27 – Resultados do Laboratório TL/06 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-38,00	-0,07	0,09	1,74
-30	-29,90	-0,13	0,09	0,89
-20	-19,90	-0,10	0,09	0,86
-10	-9,90	-0,10	0,10	0,60
0	0,00	-0,01	0,10	0,74

Tabela 28 – Resultados do Laboratório TL/11 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,85	-0,23	0,29	0,00
-30	-29,90	-0,16	0,25	0,22
-20	-20,00	-0,11	0,22	0,34
-10	-9,90	-0,16	0,15	0,03
0	0,05	-0,08	0,15	0,06

Tabela 29 – Resultados do Laboratório TL/16 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-19,60	-0,18	0,05	0,08
-10	-9,64	-0,15	0,05	0,23
0	0,08	-0,08	0,05	0,16

Tabela 30 – Resultados do Laboratório TL/27 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-20,1	0,0	0,3	0,61
-10	-10,3	-0,1	0,3	0,21
0	0,0	0,0	0,3	0,30

Tabela 31 – Resultados do Laboratório TL/31 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,6	-0,1	0,2	0,65
-30	-29,6	-0,1	0,2	0,57
-20	-19,6	-0,1	0,2	0,42
-10	-9,6	-0,1	0,2	0,32
0	0,0	0,0	0,2	0,44

Tabela 32 – Resultados do Laboratório TL/41 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-30,00	-0,10	0,15	0,75
-20	-20,00	-0,05	0,15	0,87
-10	-10,00	-0,05	0,15	0,74
0	0,05	-0,05	0,10	0,37

Tabela 33 – Resultados do Laboratório TL/50 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,40	-0,11	0,20	0,60
-30	-29,40	-0,17	0,20	0,22
-20	-19,45	-0,15	0,20	0,17
-10	-9,60	-0,07	0,20	0,46
0	0,10	-0,10	0,20	0,05

Tabela 34 – Resultados do Laboratório TL/52 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,80	-0,20	0,08	0,36
-30	-29,84	-0,16	0,08	0,64
-20	-19,81	-0,19	0,08	0,06
-10	-9,86	-0,14	0,08	0,27
0	0,04	-0,04	0,08	0,56

Tabela 35 – Resultados do Laboratório TL/54 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,4	-0,6	0,2	1,84
-30	-29,7	-0,3	0,2	0,42
-20	-19,8	-0,2	0,2	0,07
-10	-9,9	-0,2	0,2	0,17
0	0,0	0,0	0,2	0,44

Tabela 36 – Resultados do Laboratório TL/66 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,80	-0,20	0,05	0,56
-30	-29,82	-0,18	0,05	0,60
-20	-19,84	-0,16	0,05	0,39
-10	-9,88	-0,12	0,05	0,68
0	0,04	-0,04	0,05	0,78

Tabela 37 – Resultados do Laboratório TL/68 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,850	-0,067	0,16	1,01
-30	-30,100	-0,053	0,16	0,99
-20	-20,100	0,049	0,16	1,42
-10	-10,150	0,037	0,16	1,22
0	-0,100	0,048	0,16	0,84

Tabela 38 – Resultados do Laboratório TL/72 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-19,99	-0,10	0,11	0,73
-10	-9,98	-0,10	0,11	0,55
0	0,07	-0,06	0,10	0,28

Tabela 39 – Resultados do Laboratório TL/81 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,48	-0,19	0,25	0,16
-30	-29,61	-0,18	0,26	0,13
-20	-19,59	-0,24	0,26	0,21
-10	-9,66	-0,22	0,26	0,21
0	0,03	-0,03	0,10	0,56

Tabela 40 – Resultados do Laboratório TL/87 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-37,99	-0,22	0,04	0,22
-30	-29,99	-0,19	0,04	0,50
-20	-19,98	-0,17	0,04	0,26
-10	-9,98	-0,16	0,04	0,08
0	0,06	-0,06	0,04	0,53

Tabela 41 – Resultados do Laboratório TL/89 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-	-	-	-
-20	-19,80	-0,19	0,11	0,04
-10	-9,83	-0,17	0,11	0,04
0	0,08	-0,08	0,11	0,09

Tabela 42 – Resultados do Laboratório TL/90 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-29,80	-0,113	0,025	2,58
-20	-19,75	-0,181	0,025	0,08
-10	-9,80	-0,130	0,025	0,70
0	0,17	-0,101	0,025	0,23

Tabela 43 – Resultados do Laboratório TL/96 com o TLV 50433 (imersão parcial)

Ponto Nominal (°C)	Temperatura Indicada (°C)	Correção (°C)	Incerteza Expandida (°C)	E _n
-38	-	-	-	-
-30	-29,7	-0,2	0,2	0,07
-20	-19,8	-0,2	0,2	0,07
-10	-9,8	-0,2	0,2	0,17
0	0,1	-0,1	0,2	0,05

As figuras a seguir apresentam o desempenho dos laboratórios participantes em cada ponto da CI, com o TLV 888-95. Os laboratórios que não realizaram o ponto de calibração em questão não aparecem no gráfico.

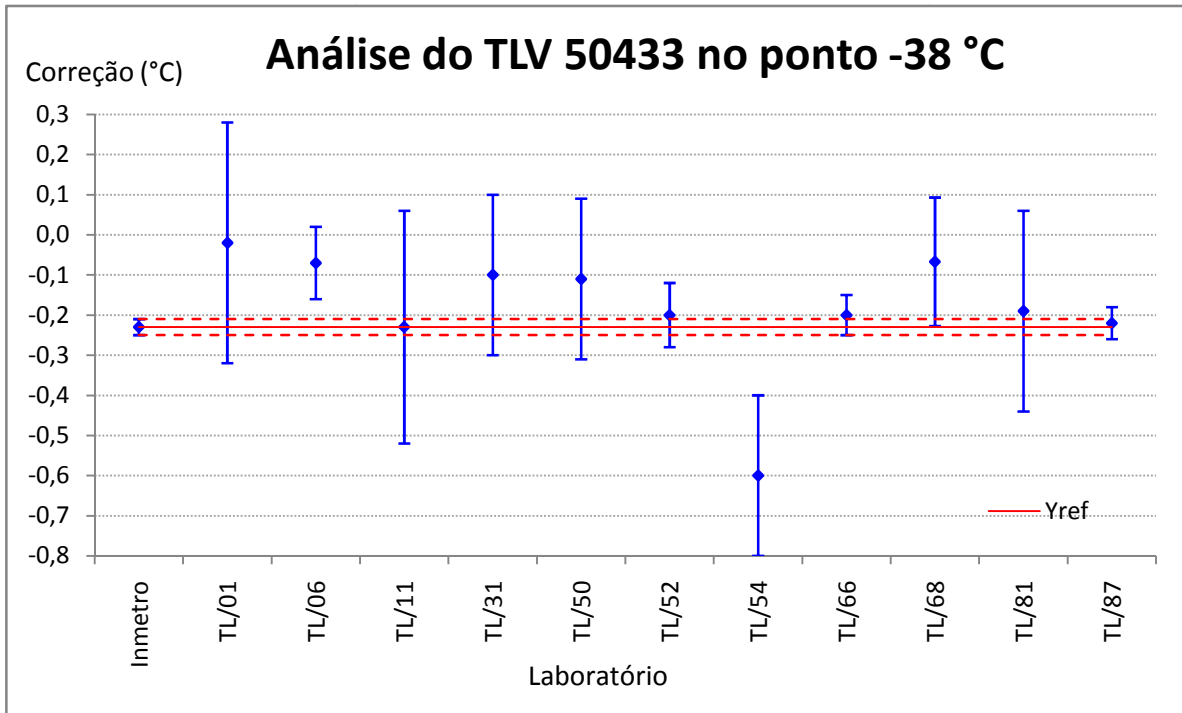


Figura 11 – Desempenho dos laboratórios no ponto -38°C

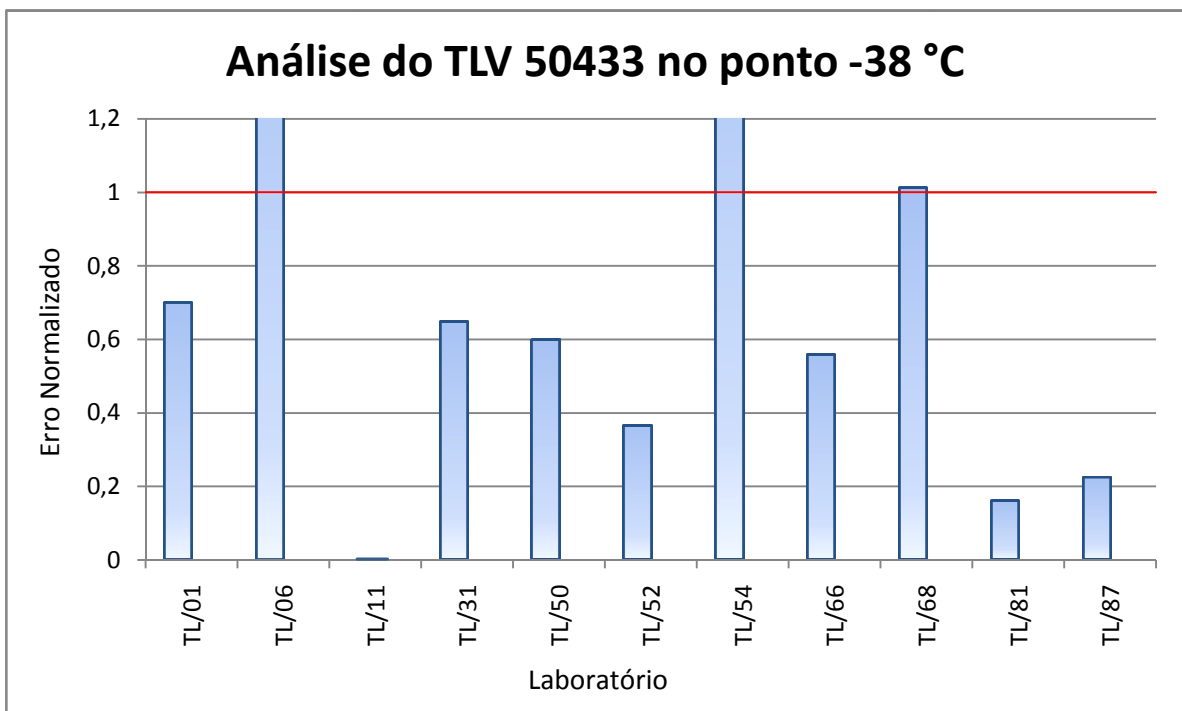


Figura 12 – Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto -38°C

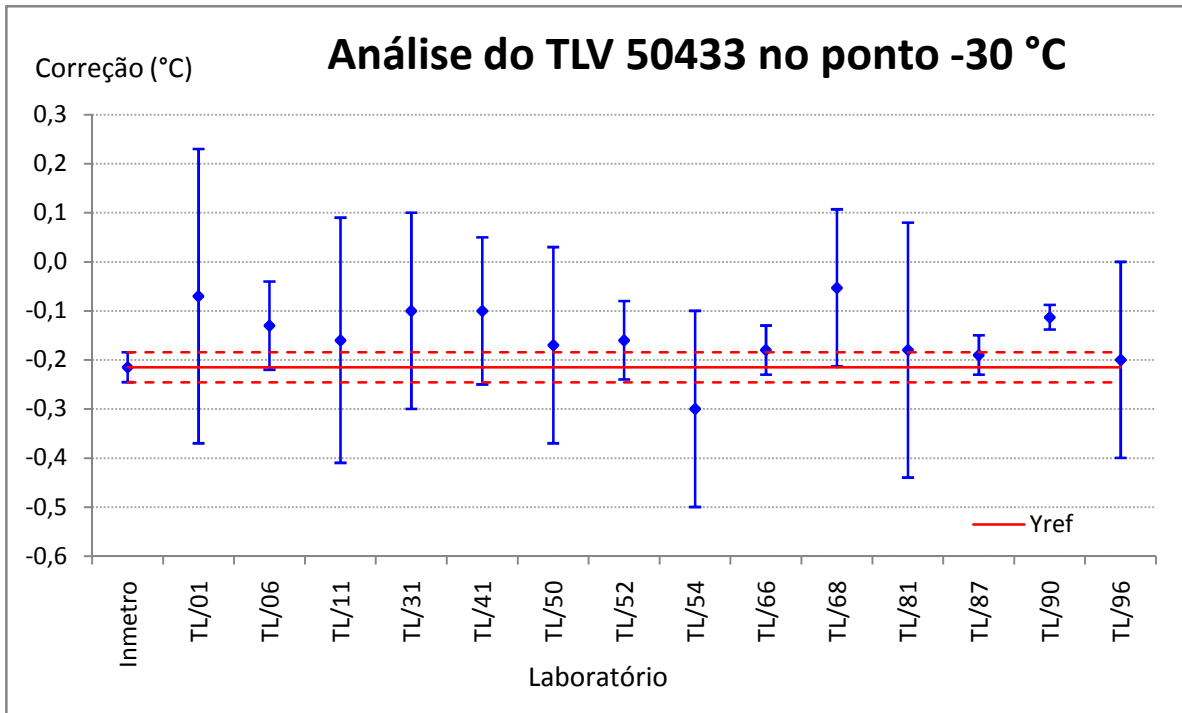


Figura 13 – Desempenho dos laboratórios no ponto -30°C

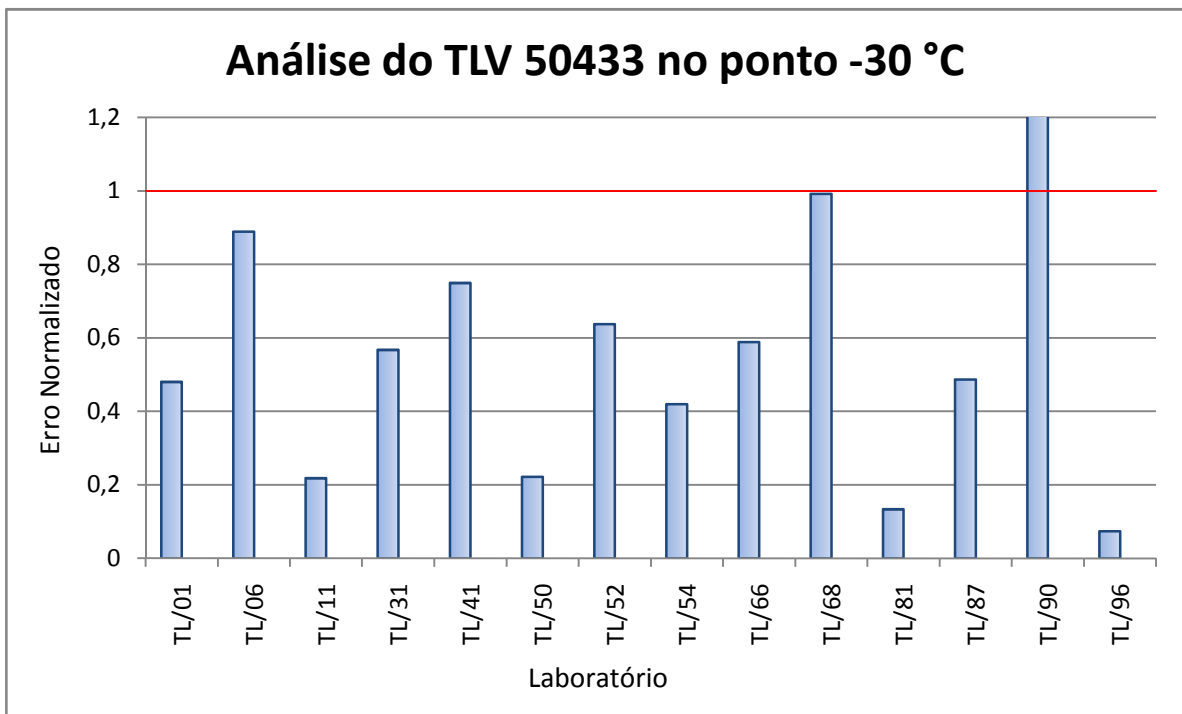


Figura 14 – Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto -30°C

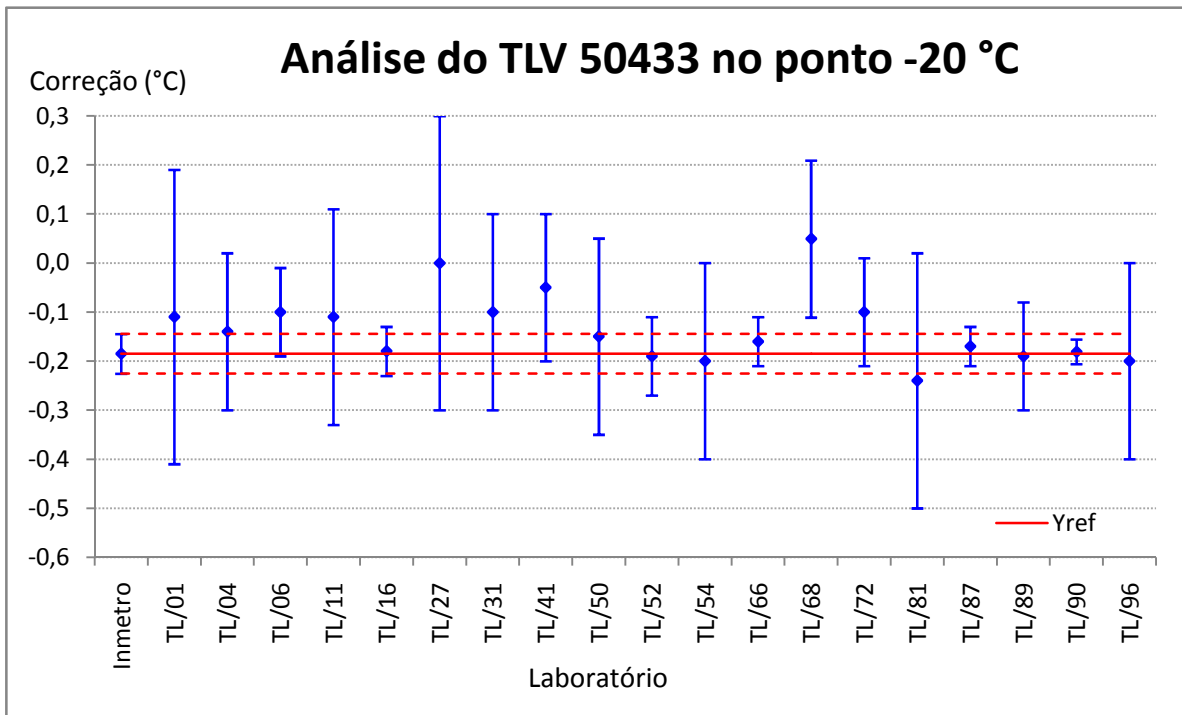


Figura 15 – Desempenho dos laboratórios no ponto -20°C

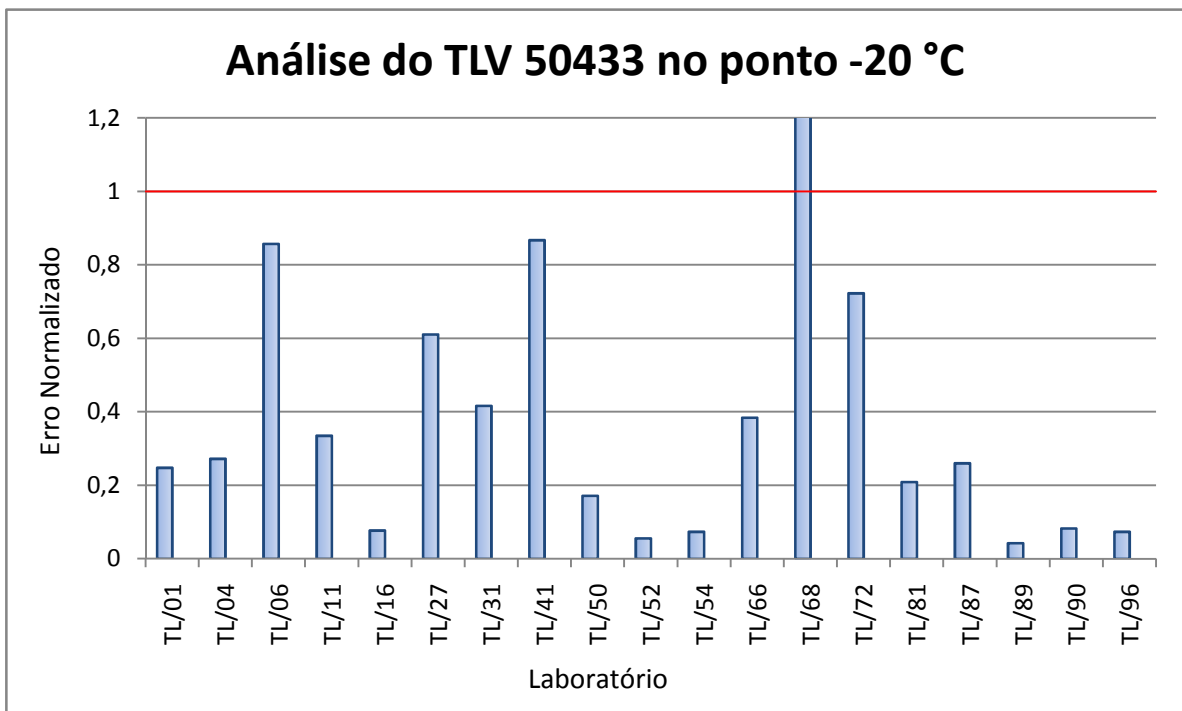


Figura 16 – Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto -20°C

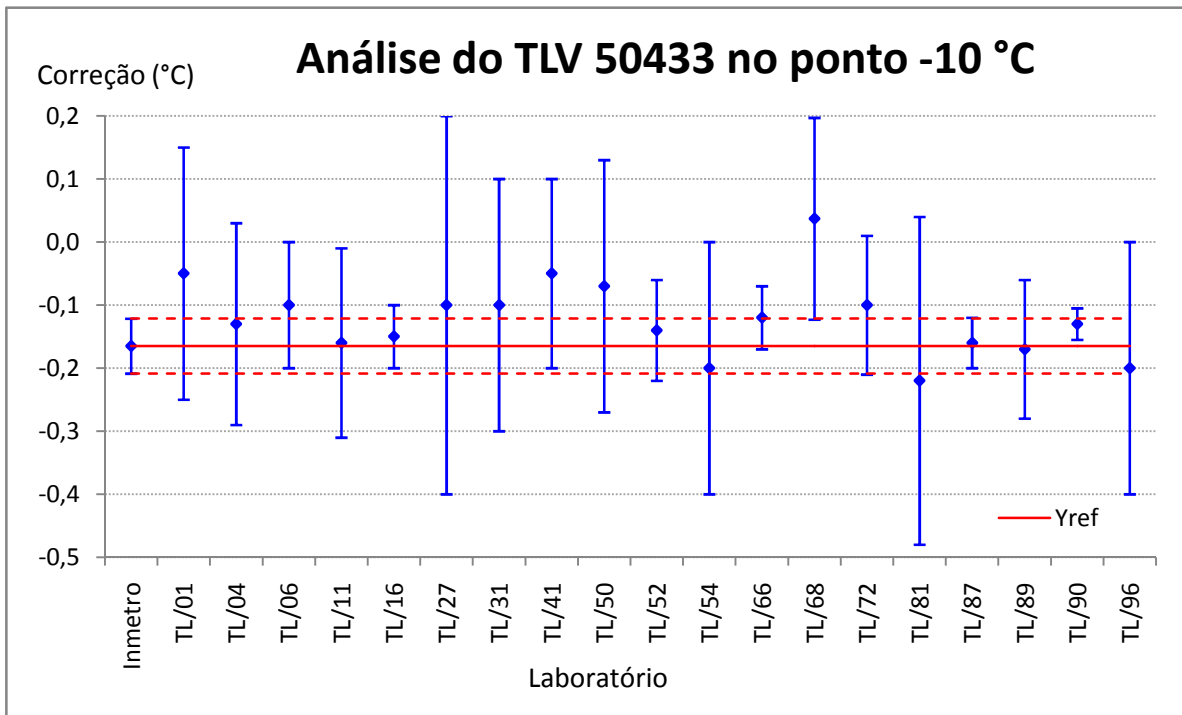


Figura 17 – Desempenho dos laboratórios no ponto -10°C

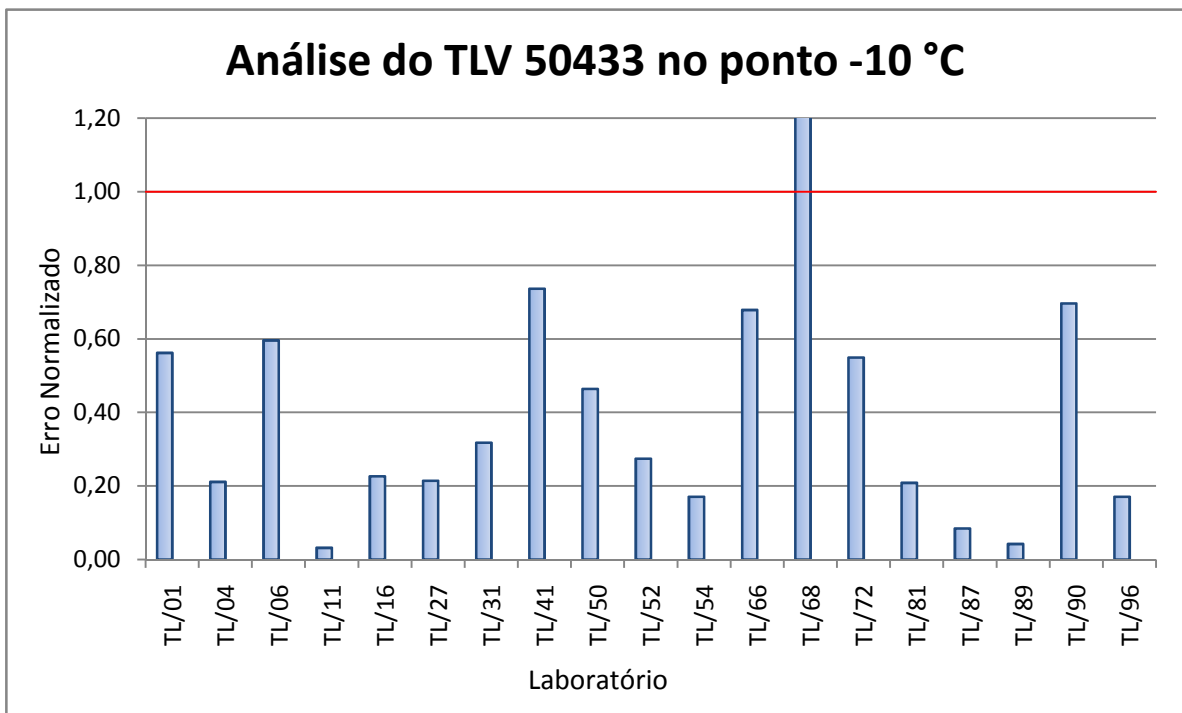


Figura 18 – Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto -10°C

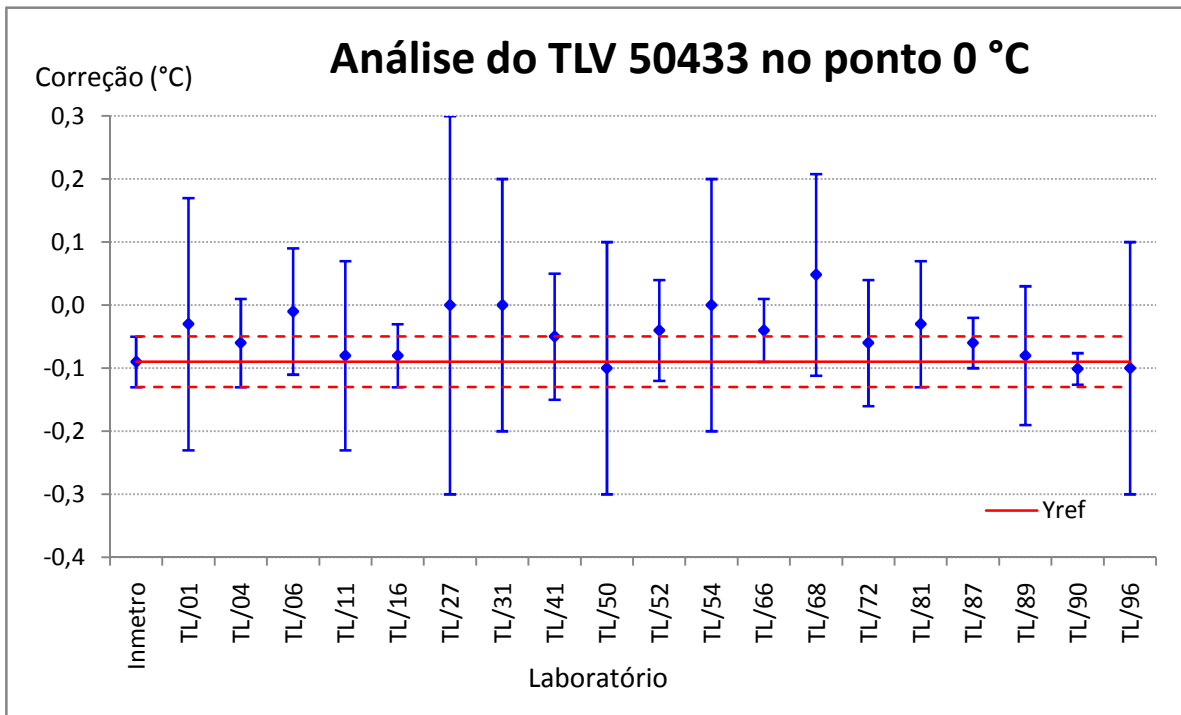


Figura 19 – Desempenho dos laboratórios no ponto 0°C

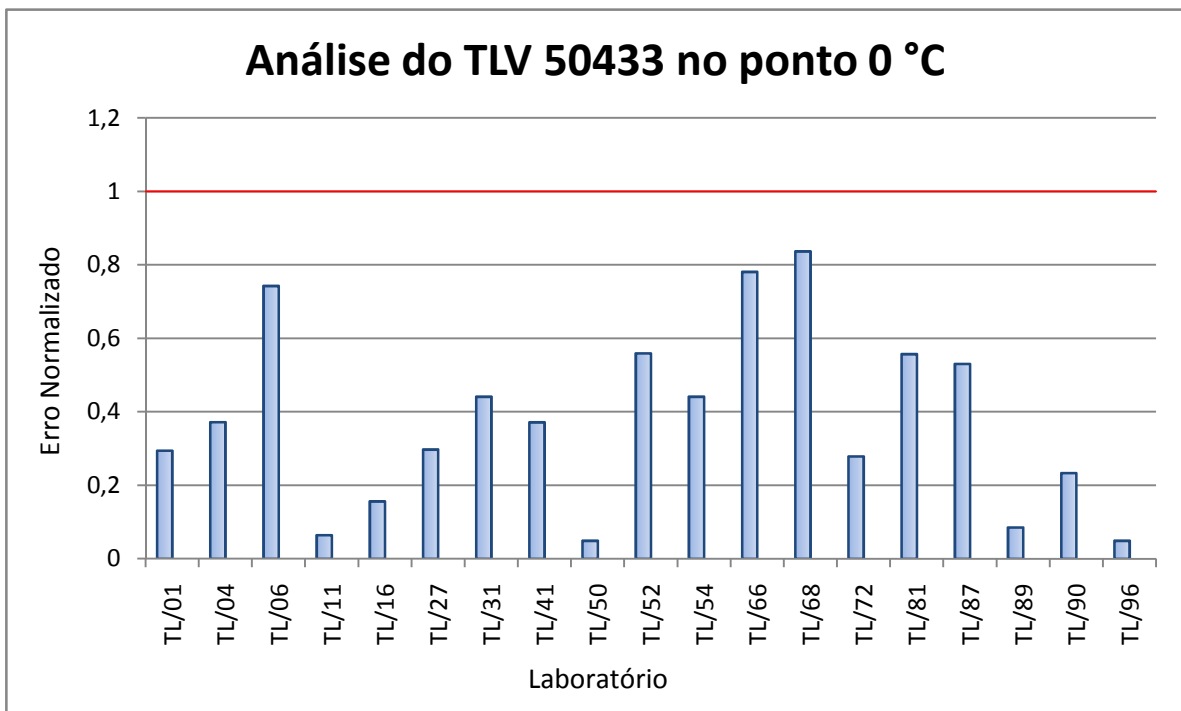


Figura 20 – Análise do Erro Normalizado dos laboratórios no ponto 0°C

7. Conclusões

A CI realizada contou com a participação de dezenove laboratórios e, os resultados mostram uma situação satisfatória na disseminação da grandeza temperatura, no que diz respeito à calibração de termômetros de líquido em vidro (TLV).

Em relação aos resultados apresentados, dois fatos merecem destaque:

Na calibração do TLV 888-95, na temperatura de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, o laboratório TL/66 provavelmente cometeu um erro de transcrição de resultado, o que acarretou um Erro Normalizado calculado de 981,3. Erros deste tipo devem ser evitados através da verificação dos dados inseridos na planilha de resultados, pois a transcrição de dados também é um fator a ser avaliado em uma CI;

Alguns laboratórios apresentaram resultados incompatíveis com as características dos instrumentos em calibração, principalmente no que diz respeito ao número de casas decimais apresentado. Alguns laboratórios apresentaram casas decimais a menos ou nenhuma, e outros casas decimais a mais. É opcional ao técnico que realiza a calibração, a subdivisão visual da escala do TLV, e a estimativa de um valor menor que a menor divisão do instrumento. Entretanto, não é coerente, ao calibrar um termômetro com um valor de menor divisão de $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, declarar resultados com nenhuma casa decimal. Da mesma forma, um resultado expresso com três casas decimais pode ser considerado um exagero na estimativa das indicações do termômetro. O usual seria expressar o resultado com o mesmo número de casas decimais que a menor divisão do instrumento, ou estimar uma ordem de grandeza menor, em função da acuidade visual do técnico calibrador, ou também em função de equipamentos auxiliares, como lentes de aumento.

As tabelas a seguir apresentam um quadro geral dos resultados da CI.

Tabela 44 – Medições realizadas com o TLV 888-95

Ponto nominal	Nº de participantes	Nº de participantes com $E_n > 1$
-38 °C	10	1
-30 °C	13	2
-20 °C	19	2
-10 °C	19	2
0 °C	19	1

Tabela 45 – Medições realizadas com o TLV 50433

Ponto nominal	Nº de participantes	Nº de participantes com $E_n > 1$
-38 °C	11	3
-30 °C	14	1
-20 °C	19	1
-10 °C	19	1
0 °C	19	0

Na CI, a previsão era de 95 medições realizadas com o TLV 888-95 (imersão total) considerando todos os pontos de temperatura. No entanto, 15 não foram efetuadas (medições nos pontos -38 °C e -30 °C), totalizando 80 pontos medidos. Destes, 8 apresentaram resultados com $E_n > 1$ (10 %).

Com o TLV 50433 (imersão parcial) a previsão também era de 95 medições, mas 13 não foram realizadas (medições nos pontos -38 °C e -30 °C), totalizando 82 pontos medidos. Destes, 6 apresentaram resultados com $E_n > 1$ (aproximadamente 7,32 %).

8. Laboratórios participantes.

O Inmetro, através da Dicep, recebeu a inscrição de 19 laboratórios. Todos os inscritos participaram efetivamente da CI enviando os resultados de suas calibrações para análise. Estes laboratórios estão apresentados na Tabela 46.

Os resultados desta comparação interlaboratorial são confidenciais, isto é, cada laboratório foi identificado por um código individual. Este código somente é conhecido pelo próprio laboratório, pela coordenação da CI e por responsável pela área de acreditação do Inmetro. Os resultados poderão ser utilizados em trabalhos e publicações pelo Inmetro respeitando-se a confidencialidade dos laboratórios participantes.

É importante ressaltar que a numeração da tabela é apenas indicativa do número de laboratórios inscritos na CI, não estando, em hipótese alguma, associada à identificação dos laboratórios na apresentação dos resultados.

Tabela 46 – Laboratórios Participantes

Instituição	
1.	Aferitec Comprovações Metrológicas e Comércio Ltda
2.	CEIME – Comércio e Metrologia Ltda
3.	Consistec Controles e Sistemas de Automação Ltda Laboratório de Termometria da Consistec
4.	DCTA/IFI/CMA Metrologia Física
5.	Ecil Produtos e Sistemas de Medição e Controle Ltda Laboratório de Metrologia ECIL
6.	ELUS Serviços de Instrumentação LTDA
7.	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC Laboratório de Termometria LabKELVIN
8.	Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras – CERTI Laboratório de Temperatura e Umidade – CMI
9.	Fundação de Ciência e Tecnologia – CIENTEC Laboratório de Termometria – LAT
10.	Furnas Centrais Elétricas SA CTE.O – LAME.O
11.	Instituto de Pesquisa Tecnológicas – IPT Laboratório de Metrologia Mecânica

12.	Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde Laboratório de Metrologia
13.	IOPE – Instrumentos de Precisão Ltda Laboratório IOPE
14.	MCT/INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais LIT – Laboratório de Integração e Testes
15.	NAKA Comércio e Indústria de Instrumentação Industrial Laboratório de Metrologia NAKA
16.	Presertec – Serviços de Calibração Ltda
17.	PUCRS LABELO
18.	RCQ Controle de Qualidade Ltda
19.	SETTING Calibrações e Ensaios Ltda SETTING Calibration Laboratories

Total de participantes: 19 laboratórios.

9. Referências Bibliográficas.

- [1]** Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2008). 1ª Edição Brasileira. Rio de Janeiro, 2009.
- [2]** NBR ISO/IEC 17025, “Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração”, ABNT, 2005.
- [3]** ISO/IEC 17043 - Conformity assessment – General requirement for proficiency testing. Geneva, 2010.
- [4]** DOQ-Cgcre-009 – “Orientações para acreditação de laboratórios para o grupo de serviços de calibração em temperatura e umidade”, 2010.
- [5]** Guia Para a Expressão da Incerteza de Medição, 3ª edição, 2003, Inmetro. Capítulo 5 e E3.



Programa de Ensaios de Proficiência da Diretoria de Metrologia Científica e Industrial - PEP Dimci
Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém / Duque de Caxias - RJ - Brasil CEP: 25250 - 020
Fax: +55 21 2679-9745 / www.inmetro.gov.br / pep-dimci@inmetro.gov.br