

Relatório Final do Ensaio de  
Proficiência em Condutividade  
Térmica – 1ª Rodada  
Material Isolante



Inmetro  
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

**PEP-Inmetro**

Programa de Ensaios de Proficiência do Inmetro

# ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM CONDUTIVIDADE TÉRMICA

## 1ª RODADA – MATERIAL ISOLANTE

Período de inscrição: 31/03/15 a 17/04/15

### RELATÓRIO FINAL N° 003/16

#### ORGANIZAÇÃO PROMOTORA DO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA



Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro  
Divisão de Comparações Interlaboratoriais e Ensaio de Proficiência– Dicep  
Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duquede Caxias  
RJ – Brasil – CEP: 25250-020  
E-mail para contato: pep-inmetro@inmetro.gov.br

#### COMITÊ DE ORGANIZAÇÃO

Adelcio Rena Lemos (Inmetro/Dimci/Dicep)  
Carlos Alberto Achete (Inmetro/Dimci/Dimat)  
Carlos Eduardo Cardoso Galhardo (Inmetro/Dimci/Dimat)  
Jailton Carreteiro Damasceno (Inmetro/Dimci/Dimat)  
Paulo Roberto da Fonseca Santos (Inmetro/Dimci/Dicep) – Coordenador PEP-Inmetro  
Viviane Silva de Oliveira Correa (Inmetro/Dimci/Dicep)

#### COMITÊ TÉCNICO

Carlos Eduardo Cardoso Galhardo (Inmetro/Dimci/Dimat)  
Eveline de Robertis (Inmetro/Dimci/Dimat)  
Gabriel Fonseca Sarmanho (Inmetro/Dimci/Dquim)  
Joyce Costa Andrade (Inmetro/Dimci/Dicep)  
Rodrigo de Santis Neves (Inmetro/Dimci/Dimat)  
Luiz Henrique da Conceição Leal (Inmetro/Dplan/Dgcor)

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	3
2. Itens de Ensaio de Proficiência .....	3
2.1. Homogeneidade dos Itens de Ensaio de Proficiência.....	4
2.2. Estabilidade dos Itens de Ensaio de Proficiência .....	7
2.3. Transporte dos Itens de Ensaio de Proficiência .....	7
3. Metodologia de Medição .....	8
4. Valores Designados .....	10
5. Avaliação de Desempenho .....	10
6. Resultados dos Participantes.....	11
7. Confidencialidade .....	13
8. Conclusões .....	13
9. Participantes .....	14
10. Referências Bibliográficas.....	15

## **1. Introdução**

O ensaio de proficiência (EP) é uma ferramenta para a determinação do desempenho de laboratórios através de comparações interlaboratoriais com o objetivo de avaliar a habilidade de um laboratório na execução de ensaios ou calibrações nos mesmos itens ou em itens de ensaio similares, por dois ou mais laboratórios, de acordo com condições predeterminadas. A realização de ensaios de proficiência por comparações interlaboratoriais no País é fundamental para o aumento da credibilidade dos resultados das medições e, conseqüentemente, contribui para facilitar o comércio internacional e prevenir barreiras técnicas.

Em um contexto geral, o ensaio de proficiência propicia aos laboratórios participantes: avaliar seu desempenho; evidenciar a obtenção de resultados confiáveis; identificar problemas relacionados com a sistemática de ensaios e tomar ações corretivas e/ou preventivas; avaliar a eficiência de controles internos; determinar as características de desempenho e padronizar as atividades frente ao mercado e obter o reconhecimento dos resultados de ensaios, nacional e internacionalmente.

O EP faz parte da agenda de entendimentos do Painel Setorial: Isolamento térmico para a linha branca, realizado dia 22 de agosto de 2012. Para este tipo de ensaio existe apenas um laboratório acreditado e três em processo de acreditação que entraram em contato com a Cgcre manifestando interesse em participar de EP de medição de condutividade térmica.

Os objetivos desse EP são:

- Determinar o desempenho de laboratórios para o ensaio proposto;
- Contribuir para o aumento da confiança nos resultados das medições de condutividade térmica nos laboratórios nacionais;
- Contribuir para a melhoria contínua das técnicas de medição de cada laboratório.

## **2. Itens de Ensaio de Proficiência**

Os itens de ensaio desta rodada foram placas de isolantes térmicos. O material da placa foi selecionado através da análise das medições de massa, espessura e condutividade térmica de materiais provenientes de diferentes fornecedores. Para a seleção do material a ser usado no EP foram adquiridas no mínimo nove placas de cada material. Foram empregados sete materiais diferentes: dois tipos de fibra de vidro, dois tipos de poliestireno expandido e três tipos de poliestireno extrudado de quatro fornecedores diferentes. Devido a excelente homogeneidade em suas propriedades de interesse as placas de fibra de vidro fornecidas pela empresa Owens Corning foram escolhidas para serem utilizadas como itens de ensaio no EP. O valor de condutividade térmica reportado na literatura para o material escolhido é de  $0,034 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ .

Para o EP foram usadas seis placas e outras quatro placas foram mantidas na Divisão de Metrologia de Materiais (Dimat) como reserva em caso de deterioração ou perda durante o transporte.

Os itens de ensaio desta rodada possuíam as seguintes dimensões: 300 mm x 300 mm x 25 mm. As características de interesse destas placas foram a espessura, densidade e a condutividade térmica.

Com intuito de atender um dos laboratórios que possui um equipamento projetado com placas de 200 mm x 200 mm de área a amostra 2471 teve o seu centro removido para que esse laboratório pudesse realizar o ensaio com a parte central da amostra, conforme apresentado na figura 1. Os resultados oriundos da amostra 2471 após o corte serão identificados como 2471-c.

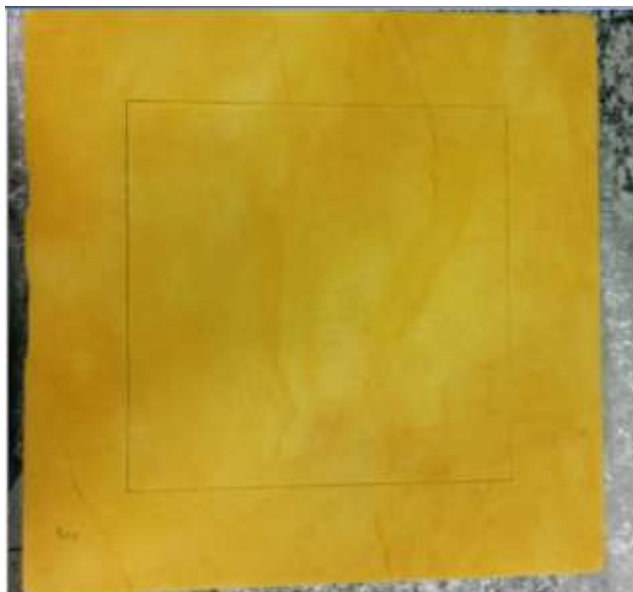


Figura 1: Vista superior da amostra 2471. A parte central foi separada do corpo da amostra a fim de ser ensaiada por laboratório que possui equipamento com placas de área 200 mm x 200 mm.

### **2.1. Homogeneidade dos Itens de Ensaio de Proficiência**

A espessura das amostras foi determinada utilizando um paquímetro digital da Mitutoyo calibrado com resolução de 0,01 mm. A medição foi realizada em oito locais: dois pontos nas extremidades de cada lado e o ponto central entre as extremidades. A medição das outras duas dimensões, comprimento e largura, da placa foram feitas com uma régua (Mitutoyo) calibrada com resolução de 0,25 mm, que corresponde à metade da divisão de escala da régua. Para cada dimensão foram realizadas quatro medições. A validação desse procedimento foi feita a partir de uma comparação com resultados obtidos em ensaios realizados na máquina de coordenadas do Laboratório de Metrologia Dimensional do Inmetro, através da medição de duas placas. O erro normalizado entre os resultados dos dois processos de medição foi da ordem de 0,5.

Uma balança semi-analítica, Gehaka BG-2000, com resolução de 0,01 g e calibrada pelo Inmetro, foi utilizada para medir a massa de cada placa. Cada amostra teve sua massa mensurada três vezes e as respectivas médias e desvios calculados.

A condutividade térmica foi mensurada utilizando o método fluximétrico. Os ensaios foram realizados em um equipamento Lasercomp Fox 300, à temperatura de 24 °C, com uma diferença de 20 °C entre a placa fria e a placa quente. A resolução do equipamento é de 0,0001 W/(m·K). A calibração do mesmo foi feita pelo Inmetro com a utilização de um MRC (SRM 1450c) de condutividade térmica fornecido pelo NIST.

O valor de tolerância para espessura foi estabelecido em  $\pm 0,8$  mm em relação à espessura média do lote estudado. O valor escolhido para a tolerância foi baseado em estudos realizados para confecção

de materiais de referência, devidamente documentados na literatura [1], e equivale a ¼ da tolerância mínima definida na norma ASTM C612-14 [2].

Para densidade foi estabelecido um valor de tolerância de  $\pm 7\%$  em relação à média do lote. Esse limite é oriundo da composição dos resultados de interlaboratoriais do método utilizado para medição da espessura [3, 4] e da tolerância aceita no mercado de isolamento térmica [5].

A figura 2 apresenta a espessura das nove amostras analisadas. A espessura média, indicada pela linha preta, foi de  $(24,98 \pm 0,07)$  mm (para uma probabilidade de abrangência de 95%, com  $k = 2$ ). Nenhuma amostra do lote ultrapassou o limite de tolerância estabelecido de 0,8 mm. O valor identificado por 2471 é referente a espessura da amostra 2471 antes da realização do corte enquanto o valor identificado por 2471-c é referente a espessura da parte central da amostra da amostra 2471-c.

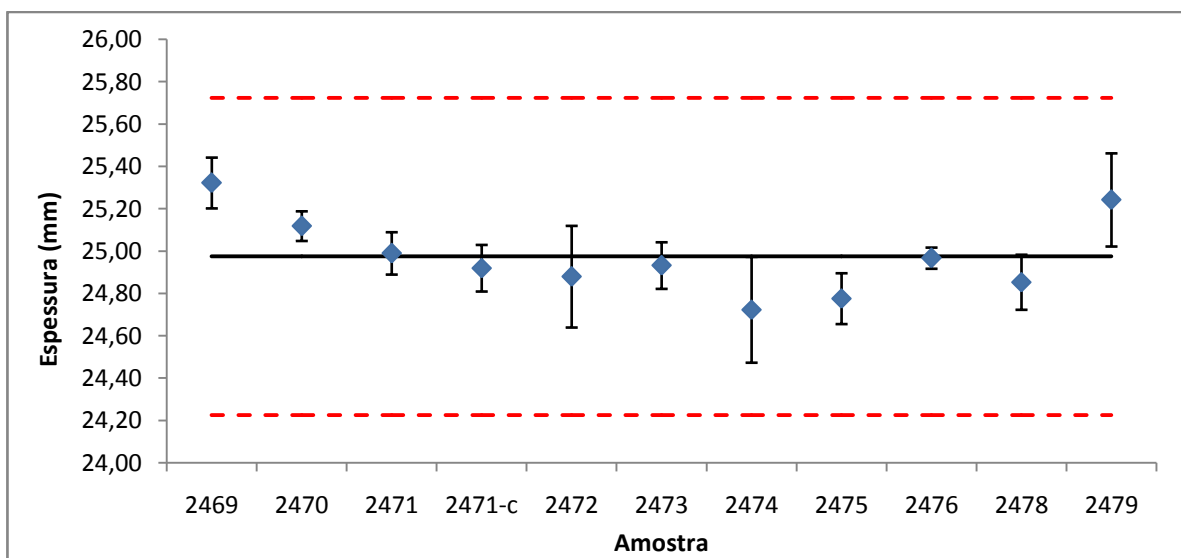


Figura 2: Espessura das amostras de fibra de vidro. Incerteza expandida para uma probabilidade de abrangência de 95% com  $k = 2$ . As linhas vermelhas estabelecem a tolerância de 0,8 mm em relação ao valor médio.

A densidade aparente foi avaliada pela expressão  $d = m/V$ . A figura 3 apresenta a densidade aparente do material. O valor médio da densidade do lote, representado pela linha contínua em preto, é de  $(162 \pm 3)$  kg/m<sup>3</sup> com incerteza expandida para uma probabilidade de abrangência de 95% com  $k = 2$ . O valor médio de densidade foi calculado considerando o valor de densidade da amostra 2471 anterior ao corte. O valor médio está de acordo com o requisitado ao fabricante (160 kg/m<sup>3</sup>). Os pontos do gráfico apresentado na figura 3 demonstram que nenhuma amostra excedeu a tolerância de 7% em relação ao valor médio representada pelas linhas pontilhadas. No gráfico da figura 3 o valor de densidade da parte central da amostra 2471 é identificado como 2471-c.

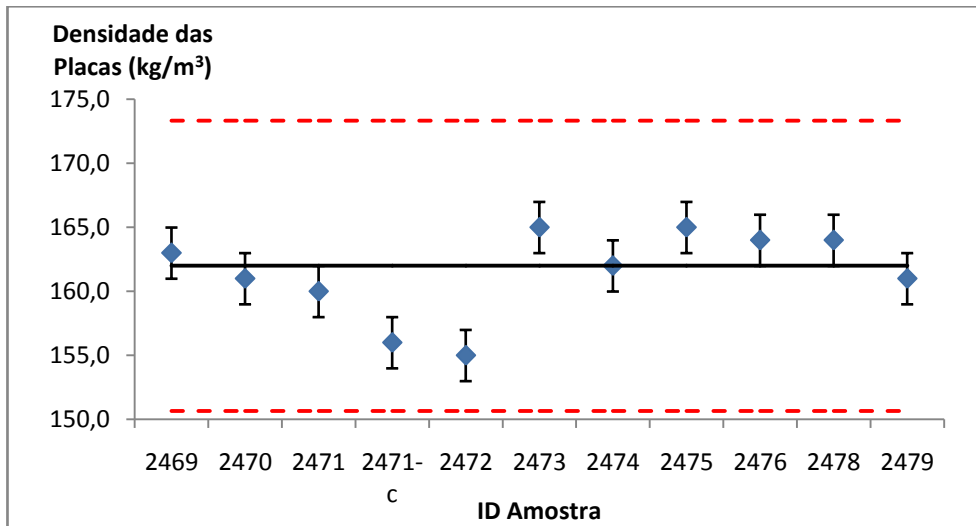


Figura 3: Densidade das amostras de fibra de vidro. As linhas vermelhas estabelecem a tolerância de 7% em relação ao valor médio. Incerteza expandida para uma probabilidade de abrangência de 95% com  $k = 2$ .

A figura 4 mostra a condutividade térmica a 24,0 °C em função da densidade das diferentes amostras. O valor médio do lote é de  $0,0338 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  e a incerteza expandida ( $k=2$ ) de cada amostra, determinada de acordo com as NIT-Dimat 054 e 055, é de  $0,0007 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ . O valor médio de condutividade foi calculado utilizando o valor de condutividade da amostra 2471 anterior ao corte. O valor médio do lote não foi utilizado como valor designado e sim o valor de cada amostra conforme apresentado na Tabela 2 no item “Valores Designados”.

O resultado apresentado para a amostra 2471-c contempla o ensaio da parte central da amostra 2471 acoplada com sua borda. A avaliação de incerteza da medição de condutividade térmica da amostra 2471-c possui uma componente de incerteza associada à diferença entre os valores de condutividade térmica medidos para a placa 2471 com e sem a borda resultando no valor de incerteza expandida com  $k = 2$  de  $0,001 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ .

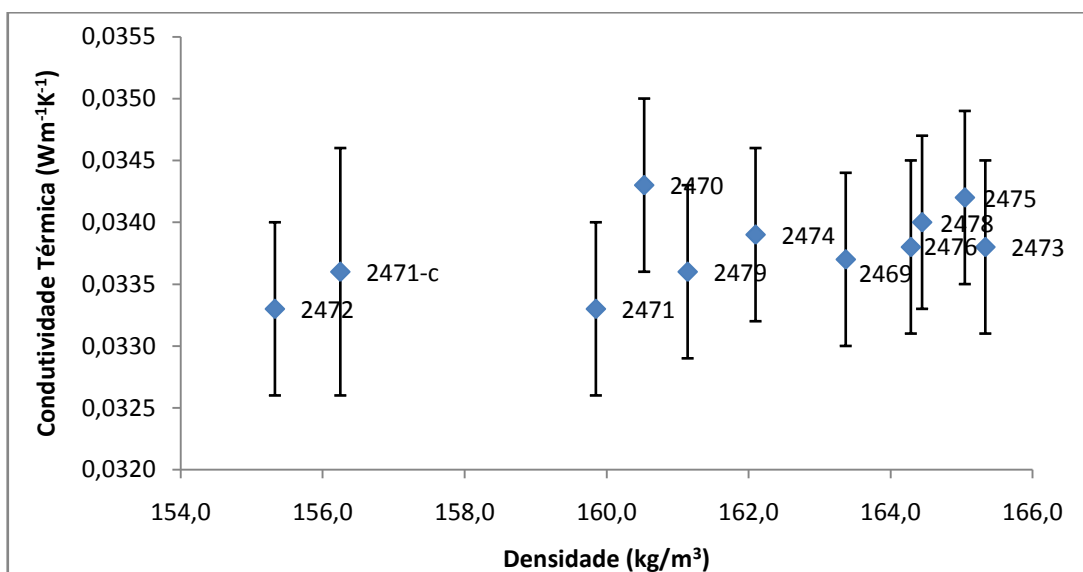


Figura 4: Condutividade térmica das amostras de fibra de vidro. Incerteza expandida para uma probabilidade de abrangência de 95% com  $k = 2$ .

## 2.2. Estabilidade dos Itens de Ensaio de Proficiência

A estabilidade dos itens de EP foi avaliada através de ensaios realizados entre os grupos do EP. Para esse ensaio de verificação foi realizada uma medição a 24 °C. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Estabilidade dos itens

Id amostra	Valor de condutividade antes do envio	Valor de condutividade após retorno do grupo 1	Valor de condutividade após retorno do grupo 2	Valor de condutividade após retorno do grupo 3
	(Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	(Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	(Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	(Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
2469	0,0337	Não enviada	Não enviada	Não ensaiada
2470	0,0343	Não enviada	Não enviada	Não enviada
2471-c	0,0336*	0,0334*	Não enviada	Não enviada
2472	0,0333	0,0333	Não enviada	Não enviada
2473	0,0338	Não enviada	0,0339	0,0340
2474	0,0339	0,0340	Não enviada	0,0336
2475	0,0342	Não enviada	Não enviada	Não enviada
2476	0,0338	Não enviada	0,0340	0,0336
2478	0,0340	Não enviada	0,0339	0,0338
2479	0,0336	Não enviada	Não enviada	Não enviada

\*resultado da medição da placa 2471 em sua totalidade, centro e borda.

A variabilidade da condutividade térmica das amostras recebidas após o ensaio se mostrou dentro da incerteza das medições realizadas no Laboratório de Análise Térmica e Materiais Particulados (Latep).

A estabilidade dos itens de ensaio foi avaliada pelo Inmetro sempre que o item de ensaio retornou de um participante. Caso o resultado evidenciasse que a placa sofreu um dano, como por exemplo, deformação por compressão, exposição à alta temperatura, fratura, ou algum tipo de influência externa que modificasse o valor da condutividade térmica além da tolerância admitida, os resultados deste participante seriam desconsiderados e, se possível, a placa seria substituída para o grupo seguinte. Este fato não ocorreu com nenhuma das placas.

## 2.3. Transporte dos Itens de Ensaio de Proficiência

Após o período de inscrição, o comitê de organização elaborou um roteiro para a circulação dos itens de EP. Cada participante recebeu, via e-mail, o roteiro com a data específica de sua participação no EP para aprovação. O participante deveria, obrigatoriamente, manifestar-se quanto à aceitação ou discordância do roteiro, no prazo determinado no cronograma. Em caso de não aprovação da data, um novo roteiro seria estudado pelo comitê de organização deste EP de acordo com as disponibilidades de todos os participantes. A não manifestação, dentro do prazo estipulado, com relação ao roteiro, seria interpretada como desistência da participação neste EP.



O item de EP foi embrulhado em plástico bolha e armazenado em caixa de madeira para proteção. A caixa foi devidamente identificada, com um rótulo contendo o nome do EP e identificação numérica da amostra. O transporte do item de EP foi realizado através de serviço postal.

No ato do recebimento do item de ensaio, o participante deveria realizar uma inspeção para verificar se houve algum dano que pudesse invalidar as medições. O resultado da inspeção deveria ser registrado no formulário de recebimento de item de ensaio, que deveria ser preenchido e enviado diretamente através do *site* do Inmetro ([www.inmetro.gov.br/metcientifica/profiCondutividade-termica.asp](http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/profiCondutividade-termica.asp)). O mesmo procedimento deveria ser adotado na devolução do item de ensaio ao Inmetro, por meio do preenchimento do formulário de devolução do item de EP.

Nos formulários recebidos pela coordenação durante a execução do EP, não foi identificada nenhuma observação de danos às amostras.

### **3. Metodologia de Medição**

As propriedades físicas de uma amostra em ambiente com umidade relativa de 50% dependem da história da amostra, isto é, se a amostra foi trazida de um ambiente com umidade relativa maior ou menor que 50%. Este "efeito de histerese" causado pela umidade pode influenciar o valor resultante da medição da condutividade térmica [6].

Como forma de evitar esse problema, os participantes foram orientados a inicialmente condicionar a amostra em  $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$  por 24h. Em seguida, a amostra deveria ser mantida em condições ambientais controladas de umidade relativa  $(50 \pm 5) \%$  e temperatura  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  por 24 h. Ao final desse período a massa da amostra deveria ser medida. O resultado deveria ser registrado no campo "1ª – Após 24 h do condicionamento" do formulário de registro de resultados, na aba condicionamento. Após isso, a amostra deveria ser mantida em ambiente com condições de umidade relativa  $(50 \pm 5) \%$  e temperatura  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ . A cada intervalo de, no mínimo, 2 h a massa da amostra deveria ser medida. O resultado deveria ser registrado nos campos "2ª – 2 h depois da 1ª", até "6ª – 2 h depois da 5ª". A amostra seria considerada em equilíbrio higroscópico com o ambiente se a mudança de massa entre duas medições sucessivas fosse inferior a 0,1%. Caso necessário mais de seis medições, linhas deveriam ser inseridas na planilha, e as medições subsequentes à sexta, registradas.

Após a massa tornar-se estável, o participante deveria realizar três medições (nessas três medições não era necessário aguardar pelos intervalos de duas horas) com a massa estável e registrar estes valores no formulário de resultados nos campos: 1ª medida com massa estável, 2ª medida com massa estável e 3ª medida com massa estável. Deveria ser reportada a média destes valores e sua incerteza no formulário de registro de resultados no campo "massa estável".

Após a medida da massa, as dimensões (comprimento, largura e espessura) deveriam ser medidas e a densidade aparente calculada. Para medição de espessura ao menos um ponto em cada lado da amostra deveria ser medido e a média dos resultados das medições deveria ser utilizada como espessura. Cada canto da amostra foi identificado com uma letra (A, B, C e D). Os resultados das

medições de espessura e comprimento deveriam ser registrados nos campos segundo os respectivos segmentos de reta. Sendo assim, a espessura e comprimento do lado onde às letras A e D estavam gravadas deveriam ser registrados nos campos “espessura segmento AD” e “comprimento segmento AD”.

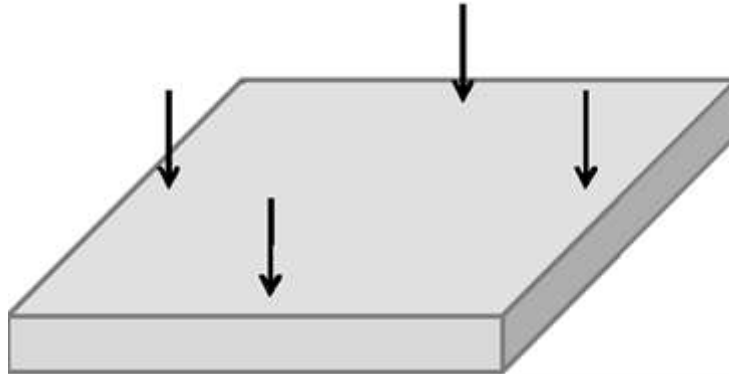


Figura 4: Locais de medição da espessura das amostras

O ensaio de condutividade térmica deveria ser realizado imediatamente após as medições de massa e dimensões da amostra. A temperatura a qual a amostra deveria ser submetida no ensaio é de 24 °C, com diferença de 20 °C entre a placa fria e a placa quente. Após o ensaio, a amostra deveria ser removida do equipamento e a espessura e a massa deveriam ser medidas. No caso da utilização do método fluximétrico deveriam ser realizadas três medições de condutividade térmica, enquanto que no caso da utilização do método da placa quente protegida deveriam ser realizadas duas medições. O número de medições foi definido no formulário de registro dos resultados para cada método. Entre cada ensaio a amostra deveria ser removida do equipamento e sua espessura e massa deveriam ser medidas novamente. Os resultados da medição deveriam ser registrados no formulário de registro de resultados.

A relação entre a condutividade térmica, o fluxo de calor medido, as características dimensionais das amostras e a diferença de temperatura entre as placas do aparato de ensaio é apresentada na equação abaixo:

$$k = \frac{Q\Delta x}{A(Th - Tc)} \quad (1)$$

Onde:

Q é o fluxo de calor;

$\Delta x$  é a espessura da placa ou amostra;

A é a área de medição definida pelo aparelho por onde passa o fluxo de calor transversal;

Th é a temperatura da placa quente;

Tc é a temperatura da placa fria.

#### 4. Valores Designados

Os valores designados foram considerados como sendo os valores médios dos resultados obtidos no estudo do material conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Condutividade térmica e incerteza para os itens de ensaio.

Id amostra	Valor de condutividade ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )	Incerteza ( $k=2$ )	Espessura (mm)	Densidade ( $kg/m^3$ )	Massa (kg)
2469	0,0337	0,0007	25,32	163	0,37372
2470	0,0343	0,0007	25,12	161	0,36594
2471-c	0,0336	0,0010	24,92	156	0,15731
2472	0,0333	0,0007	24,88	155	0,35130
2473	0,0338	0,0007	24,93	165	0,37472
2474	0,0339	0,0007	24,72	162	0,36310
2475	0,0342	0,0007	24,78	165	0,37142
2476	0,0338	0,0007	24,97	164	0,37225
2478	0,0340	0,0007	24,85	164	0,37958
2479	0,0336	0,0007	25,24	161	0,37777

Para os participantes que realizaram as medições através do método da placa quente protegida, no qual foram enviadas duas placas para as medições, o valor designado foi considerado como sendo a média aritmética dos valores das duas placas. A incerteza foi considerada como a raiz da soma quadrática dos dois valores de incerteza das duas placas divididos pelo número de medições realizadas (duas ou três), dependendo do método utilizado, conforme descrito no item anterior.

Foi adotado como valor de referência para a placa 2471-c a média aritmética entre os valores de condutividade térmica determinados para a placa antes do corte e posterior ao corte sem a retirada da borda.

#### 5. Avaliação de Desempenho

Para a avaliação de desempenho dos participantes desta rodada foi utilizado o índice  $z$  ( $z$ -score). Para os participantes que reportaram a incerteza de medição, o erro normalizado ( $E_n$ ) também foi utilizado como métrica para avaliação de desempenho. Tanto o erro normalizado ( $E_n$ ) quanto o índice  $z$  estão descritos no Anexo B da ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011 [7]. Nos casos em que o valor da incerteza relativa foi maior que 10%, o comitê técnico considerou a incerteza superestimada. E neste caso, o participante foi avaliado apenas pelo índice  $z$ .

##### **Erro Normalizado ( $E_n$ )**

Este parâmetro serve para verificar se o resultado da medição de cada participante está em conformidade com o valor designado, levando em consideração não apenas os resultados das medições, mas também suas respectivas incertezas. O erro normalizado é calculado conforme a Equação 2.

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

Onde:

$y_i$  = média das medições realizadas pelo i-ésimo participante;

$y_{ref}$  = valor designado do EP, que nesta rodada foi considerado o valor de condutividade térmica determinado pelo Inmetro conforme a Tabela 2;

$U_{ref}$  = incerteza expandida do valor designado, determinada pelo Inmetro conforme a Tabela 2;

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

A interpretação do valor do ( $E_n$ ) para avaliação do desempenho do participante está descrita a seguir:

$|E_n| \leq 1,0$  indica desempenho “satisfatório” e não gera sinal;

$|E_n| > 1,0$  indica desempenho “insatisfatório” e gera um sinal de ação.

### **Índice z**

O índice ( $z$ ) representa uma medida da distância do resultado apresentado por um participante específico em relação ao valor designado do ensaio de proficiência e, portanto, serve para verificar se o resultado da medição de cada participante está em conformidade com o valor designado. O índice  $z$  é calculado conforme a Equação 3.

$$z_i = \frac{x_i - X}{\hat{\sigma}} \quad (3)$$

Onde,

$x_i$  = média das medições realizadas pelo i-ésimo participante;

$X$  = valor de condutividade térmica, determinado pelo Inmetro conforme a Tabela 2;

$\hat{\sigma}$  = incerteza expandida do valor designado, determinada pelo Inmetro conforme a Tabela 2;

A interpretação do valor do índice  $z$  está descrita a seguir:

$|z| \leq 2,0$  - indica desempenho “satisfatório” e não gera sinal;

$2,0 < |z| < 3,0$  - indica desempenho “questionável” e gera um sinal de alerta;

$|z| \geq 3,0$  - indica desempenho “insatisfatório” e gera um sinal de ação.

## **6. Resultados dos Participantes**

A Tabela 3 apresenta a média dos resultados finais dos participantes e as figuras 5 e 6, os valores calculados do erro normalizado e índice  $z$  para esta rodada. Os resultados do erro normalizado ( $E_n$ ) e do índice  $z$  foram arredondados com duas casas decimais, obedecendo aos critérios de arredondamento. **Cabe ressaltar que, tanto no texto como nas tabelas e gráficos, cada**

participante foi identificado apenas pelos dois últimos caracteres do seu código de identificação.

Nota: O participante de código 21 enviou dois resultados e a coordenação do EP decidiu considerar ambos os resultados, diferenciando-os em 21-1 e 21-2.

Tabela 3– Média dos resultados finais dos participantes e resultados do erro normalizado e índice z.

Lab	Média dos Valores ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )	Incerteza Expandida ( $Wm^{-1}K^{-1}$ )	$E_n$	z
12	0,0333	0,0020	-0,22	-0,67
21-1	0,0346	0,0018	0,32	0,89
21-2	0,0350	0,0018	0,56	1,56
42	0,0337	0,0010	-0,16	-0,29
56	0,0269	não calculou	---	-9,71*
79	0,0338	não calculou	---	0,27
81	0,03440	0,00069	0,51	0,72

\*resultado insatisfatório

Os participantes que obtiveram erro normalizado com desempenho satisfatório demonstram ter resultado próximo ao valor designado e provavelmente expressam a estimativa de incerteza de maneira adequada. O participante de código 56 que obteve resultado insatisfatório, precisa rever seu método de medição.

Cabe ressaltar que os participantes de código 56 e 79, não informaram o valor de incerteza expandida do resultado das medições, assim, tiveram desempenho avaliado apenas pelo índice z.

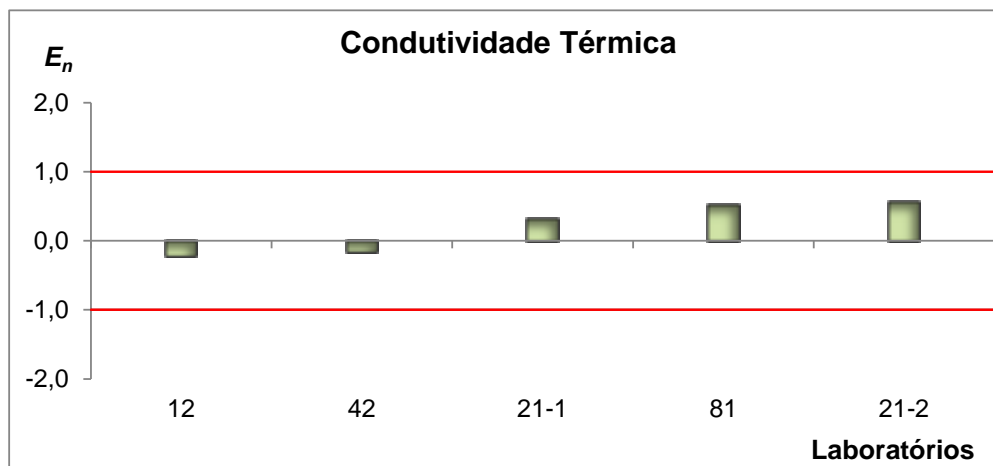


Figura 5: Gráfico do  $E_n$  para medição de condutividade térmica.

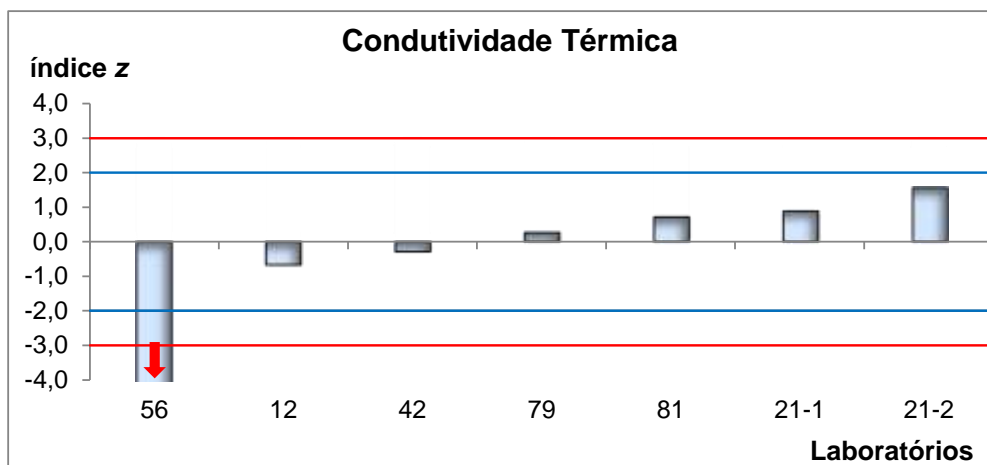


Figura 6: Gráfico do índice z para medição de condutividade térmica.

## 7. Confidencialidade

Cada participante foi identificado por um código individual, conhecido somente pelo próprio participante e pela coordenação do EP. Conforme estabelecido na ficha de inscrição, a identificação dos laboratórios acreditados e em fase de acreditação será enviada para conhecimento da Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre). Cada 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.

## 8. Conclusões

A primeira rodada do ensaio de proficiência para medição de condutividade térmica contou com a participação de cinco laboratórios, num total de sete ensaios, sendo três ensaios realizados pelo método da placa quente protegida e quatro ensaios realizados pelo método do fluxímetro de calor. Dos cinco laboratórios participantes, apenas um laboratório é acreditado e dois possuem interesse em se tornar laboratórios acreditados. As medições foram realizadas em placas de fibra de vidro de alta densidade à temperatura média de 24 °C. Os resultados da medição de condutividade térmica realizada pelos participantes através do método da placa quente protegida ficaram dentro de uma diferença de  $\pm 3,2\%$  em relação aos valores de referência estabelecidos pelo Latep. Já os ensaios das medições de condutividade térmica utilizando o método do fluxímetro de calor, ficaram num intervalo entre  $\pm 1,5\%$ , com exceção de um valor atípico. O laboratório 79 realizou as medições numa placa de 200 mm x 200 mm e obteve um resultado compatível com o valor de condutividade térmica medido no Latep. Esse fato serve como indicativo para um escopo mais abrangente na próxima rodada do EP, permitindo uma variação na área da amostra. Isso incluirá uma série de laboratórios que possuem fluxímetros de calor com geometrias inferiores a 300 mm x 300 mm.

Os resultados das medições de densidade aparente realizada pelos participantes ficaram dentro de uma diferença de  $\pm 2,0\%$  quando comparado, placa a placa, aos valores de densidade medidos pelo Latep. Já para as medições de espessura os resultados dos participantes ficaram contidos num intervalo de  $\pm 1,3\%$  em relação aos resultados das medições de espessura feitas pelo Latep. Ainda comparando placa a placa, os resultados das medições de massa dos participantes possuíram valores de massa iguais ou superior às medições realizadas no Latep, sendo o valor de maior diferença 0,45% acima da medição realizada pelo Latep.

Removendo o valor discrepante de condutividade térmica, não foi encontrada correlação entre o desvio da medição de densidade e o desvio da medição de condutividade térmica, demonstrando que o pré-tratamento foi realizado pelos laboratórios de forma a não ocasionar um erro sistemático apreciável.

Nas verificações realizadas pelo Latep não foi observada a variação sistemática de nenhuma propriedade de interesse dos itens que circularam entre os participantes. Em relação às condições ambientais apenas o laboratório 79 realizou a medição fora do estabelecido pela norma C518.

Uma estimativa satisfatória da incerteza de medição pode auxiliar o laboratório a identificar as principais fontes de erros sistemáticos e aleatórios e, a partir daí, aprimorar sua metodologia de forma a obter uma melhor exatidão.

Segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, a participação em programas de comparação interlaboratorial ou de ensaios de proficiência constitui-se em ferramenta de controle da qualidade. Ainda conforme essa norma, cada participante deve realizar análise dos dados deste controle de acordo com os critérios pré-definidos. O participante que apresentou desempenho insatisfatório ( $|z| > 3$ ) deve planejar ações corretivas de forma a evitar que resultados incorretos sejam relatados.

Por fim, é importante salientar que a participação dos laboratórios em ensaios de proficiência possibilita a avaliação da sua capacidade metrológica. O estabelecimento de ações corretivas e a contínua participação em ensaios de proficiência desta natureza são ferramentas de grande contribuição para o aprimoramento das medições realizadas pelos laboratórios, assim como para o aumento da confiabilidade das medições realizadas no país.

## **9. Participantes**

Foram recebidas nove inscrições para esta rodada. Um participante informou à coordenação do EP que utilizaria os dois métodos para as medições, assim, a coordenação enviou dois códigos de identificação para este participante, um para cada método. Como mencionado no item “Resultados dos Participantes”, um participante enviou dois resultados.

A lista dos laboratórios que enviaram os resultados à coordenação deste EP é apresentada na Tabela 4. É importante ressaltar que a numeração da tabela é apenas indicativa do número de laboratórios participantes no EP, não estando, em hipótese alguma, associada à identificação dos laboratórios na apresentação dos resultados.

Tabela 4– Participantes do EP.

<b>Instituição</b>	
<b>1.</b>	Bayer S.A.
<b>2.</b>	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro Laboratório de Engenharia de Materiais – LEM DEC
<b>3.</b>	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios - CETAC-LCA
<b>4.</b>	Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas - LMPT
<b>5.</b>	Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI Laboratório de Transferência de Calor – LabTC

Total de participantes: 5

## **10. Referências Bibliográficas**

- [1] R. R. Zarr, D.D. Leber, *Evaluation and selection of Candidate Thermal Insulation Materials for NIST SRM 1450d, Fibrous-Glass Board in Thermal Conductivity 30/Thermal Expansion 18, 30<sup>th</sup> International Thermal Conductivity Conference and 18<sup>th</sup> International Thermal Expansion Symposium*, August 29-September 2 2009;
- [2] ASTM C612-14. *Standard Specification for Mineral Fiber Block and Board Thermal Insulation*. American Society for Testing and Materials, June 2014, pages 5;
- [3] ASTM C303-10. *Standard Test Method for Dimensions and Density of Preformed Block and Board-Type Thermal Insulation*, American Society for Testing and Materials, 2010;
- [4] ASTM subcomite C16.32. RR:C16-1025 *Research Report to C303 Standard Test Method for Dimensions and Density of Preformed Block and Board-Type Thermal Insulation*, American Society for Testing and Materials, June 2007, pages 13;
- [5] ISO 4898:2010. *Rigid Cellular Plastic – Thermal insulation products for buildings – Specification*. International Organization for Standardization, 2010;
- [6] ASTM C870-96. *Standard Practice for Conditioning of Thermal Insulating Materials*. American Society for Testing and Materials, 2004;
- [7] ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011 *Avaliação da Conformidade – Requisitos Gerais para Ensaios de Proficiência*;





Programa de Ensaio de 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](http://www.inmetro.gov.br) - E-mail: [pep-inmetro@inmetro.gov.br](mailto:pep-inmetro@inmetro.gov.br)