



Aspectos metroológicos para eficiência energética de isolantes térmicos para linha branca

Carlos E. C. Galhardo

Pesquisador Tecnologista em Metrologia dos Materiais (INMETRO/DIMCI/DIMAT)



Sumário

- **Isolamento térmico e eficiência energética**
- **Metrologia de materiais: condutividade térmica**
- **Atuação da Divisão de Metrologia de Materiais (Dimat)**

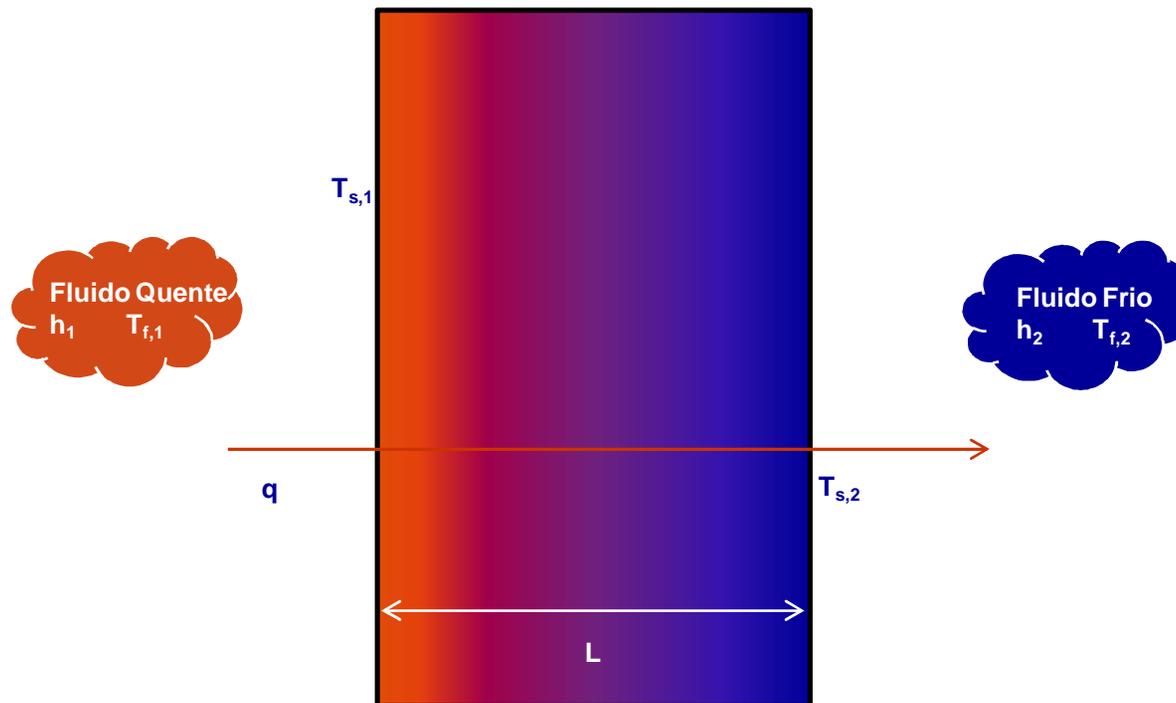
Isolamento térmico para linha branca



O Problema



Isolamento térmico

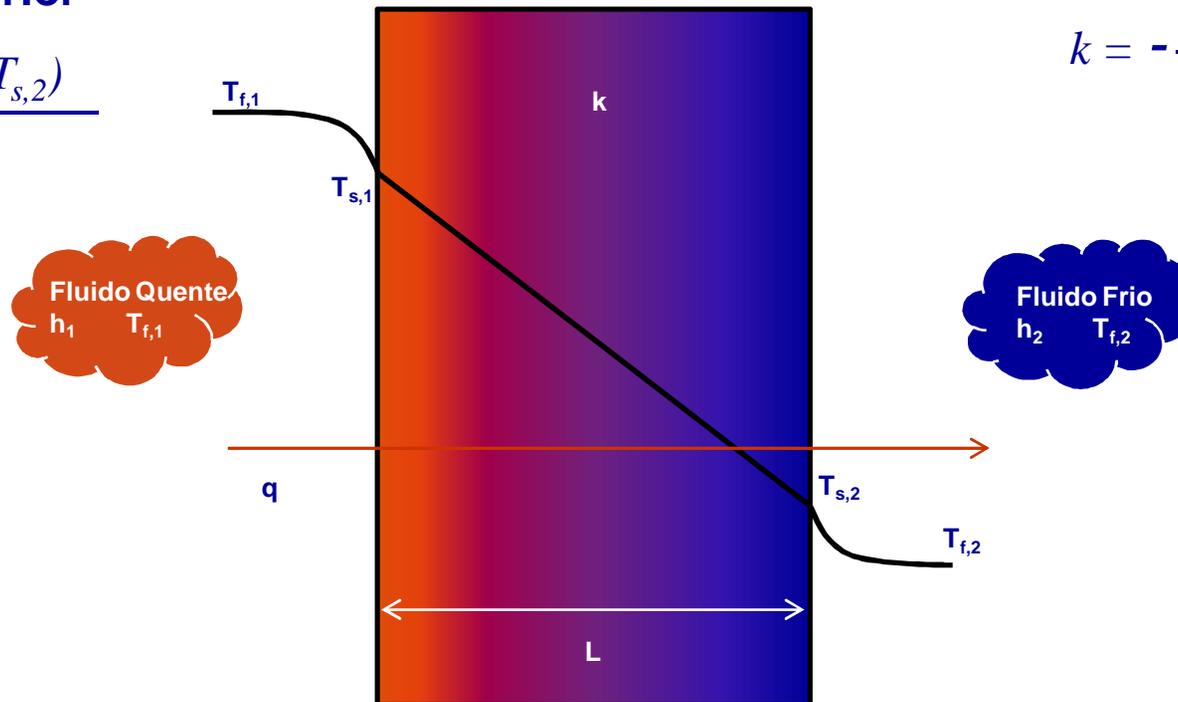


Isolamento térmico

Lei de Fourier

$$q = \frac{k.A(T_{s,1} - T_{s,2})}{L}$$

$$k = - \frac{q.L}{\Delta T.A}$$

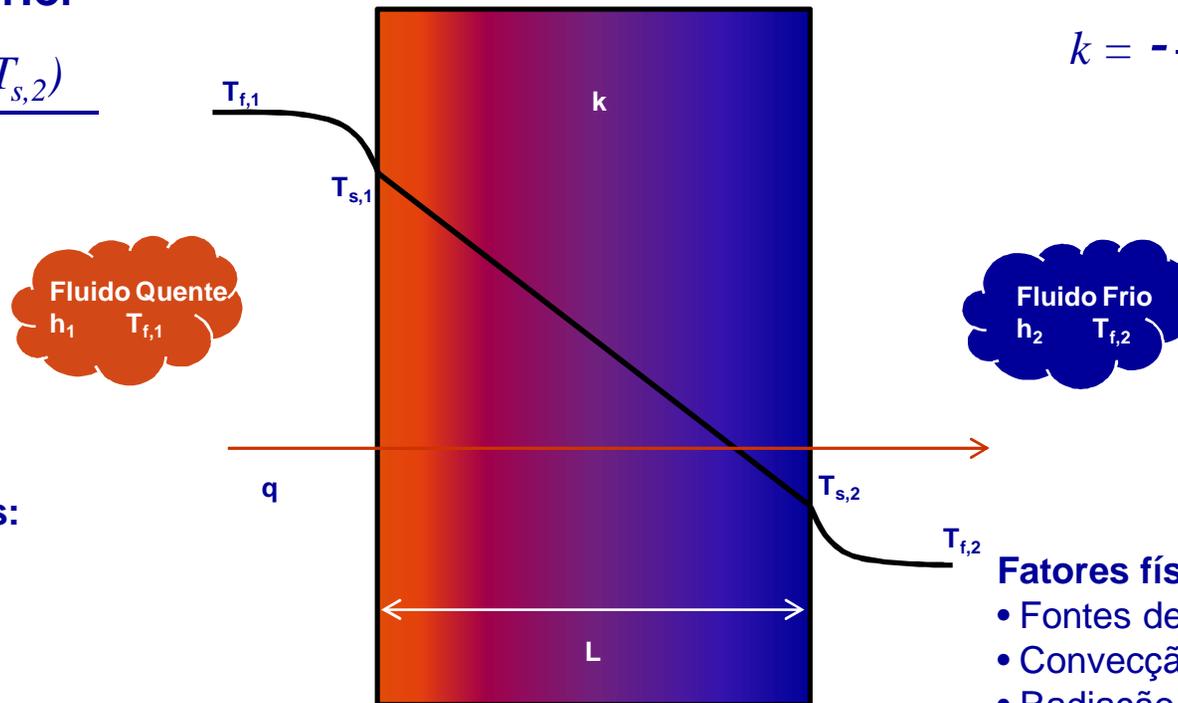


Isolamento térmico

Lei de Fourier

$$q = \frac{k.A(T_{s,1} - T_{s,2})}{L}$$

$$k = - \frac{q.L}{\Delta T.A}$$



Fatores socioeconômicos:

- Custos
- Ciclo de vida
- Sustentabilidade
- Contaminantes

Desejos do consumidor:

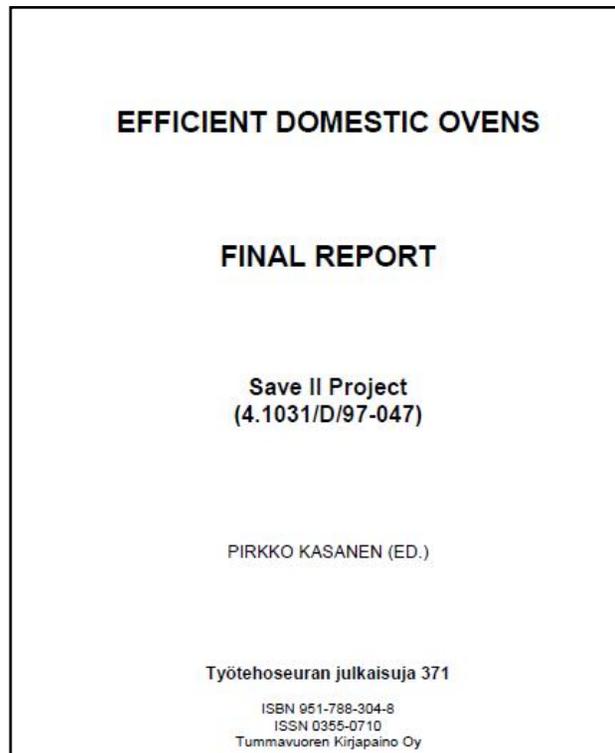
- Tamanho
- Design
- Estrutura física
- Segurança

Fatores físicos:

- Fontes de calor
- Convecção forçada
- Radiação
- Transições de fase
- Ciclo Termodinâmico
- Múltiplas camadas

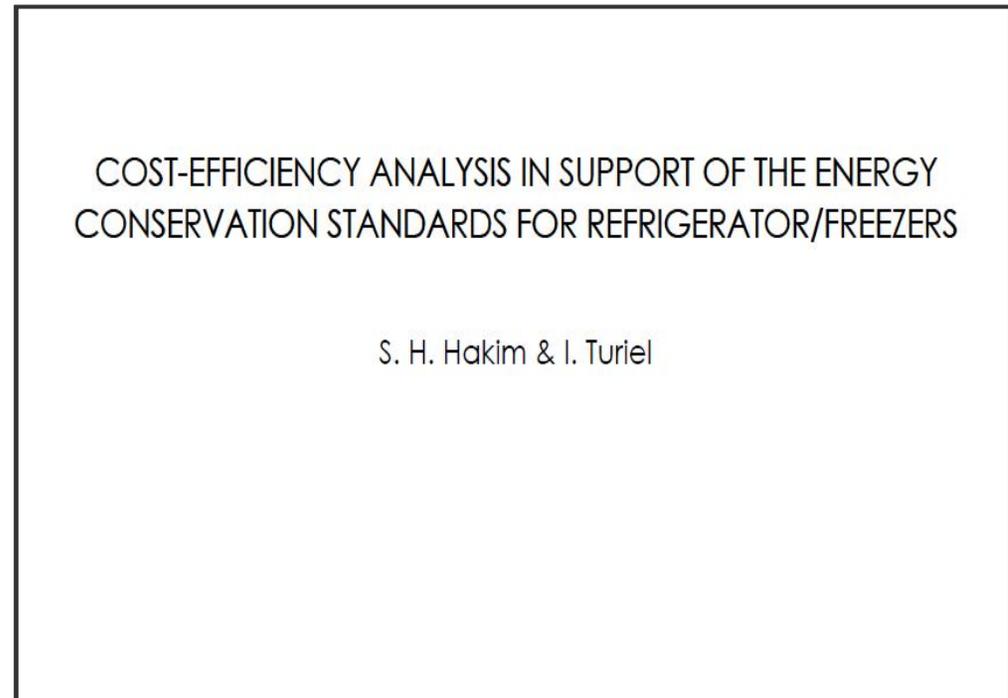


Isolamento térmico e eficiência energética



Relatório do programa SAVE II da UE, 2000

Energy Efficiency Standards, DOE US, 2002





Isolamento térmico e eficiência energética

- **Valor de condutividade térmica é determinante na eficiência energética de geladeiras e fogões.**



Isolamento térmico e eficiência energética

- Valor de condutividade térmica é determinante na eficiência energética de geladeiras e fogões.
- Como garantir o valor de condutividade do isolante utilizado?



Isolamento térmico e eficiência energética

- Valor de condutividade térmica é determinante na eficiência energética de geladeiras e fogões.
- Como garantir o valor de condutividade do isolante utilizado?

Isolamento térmico para linha branca



O Nosso Negócio

Isolamento térmico para linha branca

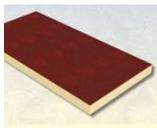


Ministério do
Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior



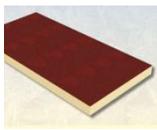
Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas

Cadeia de Valor



Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas

Cadeia de Valor



Normas

Isolamento térmico para linha branca



Ministério do
Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior



Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas



Normas

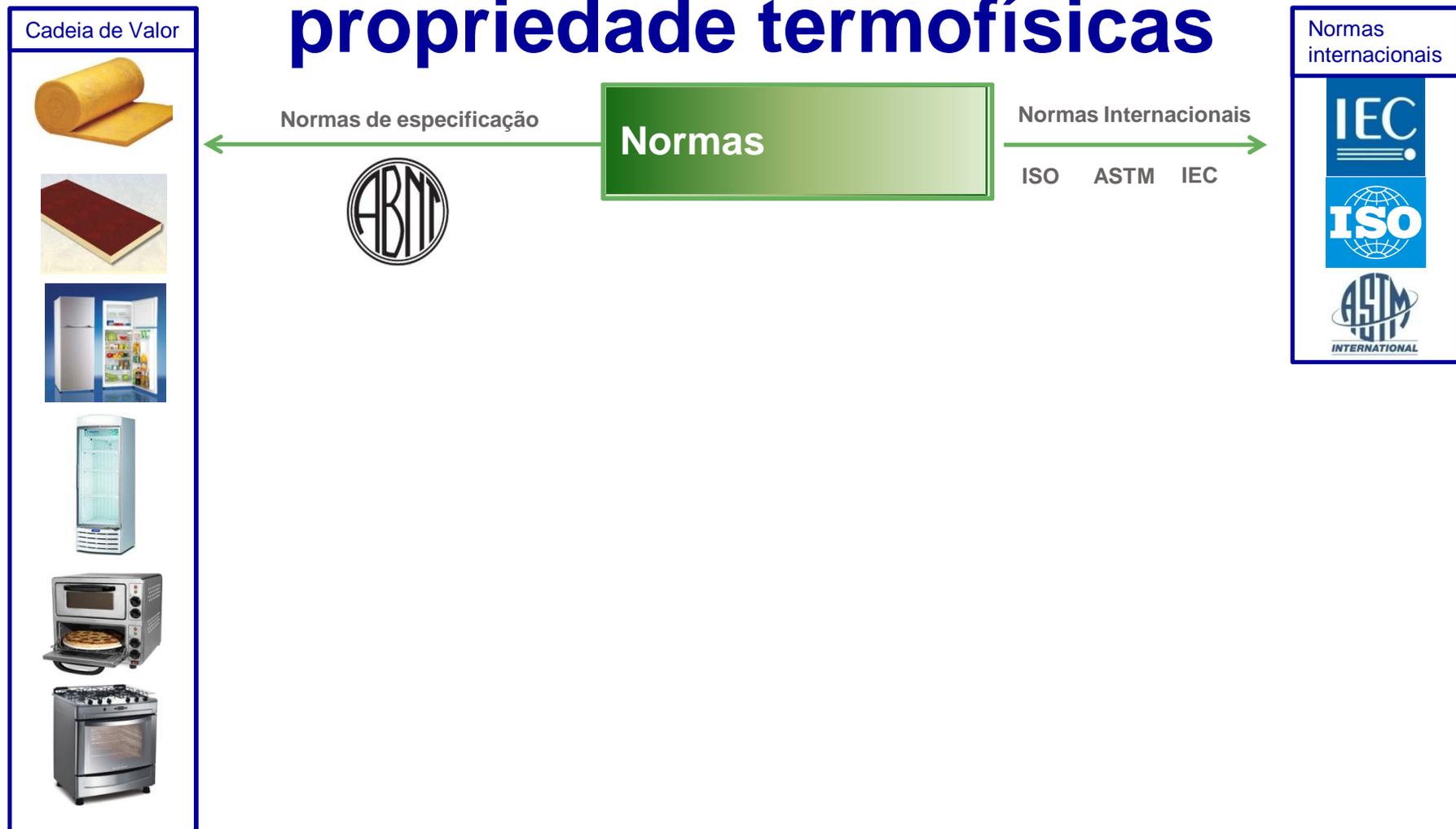
Normas Internacionais

ISO ASTM IEC

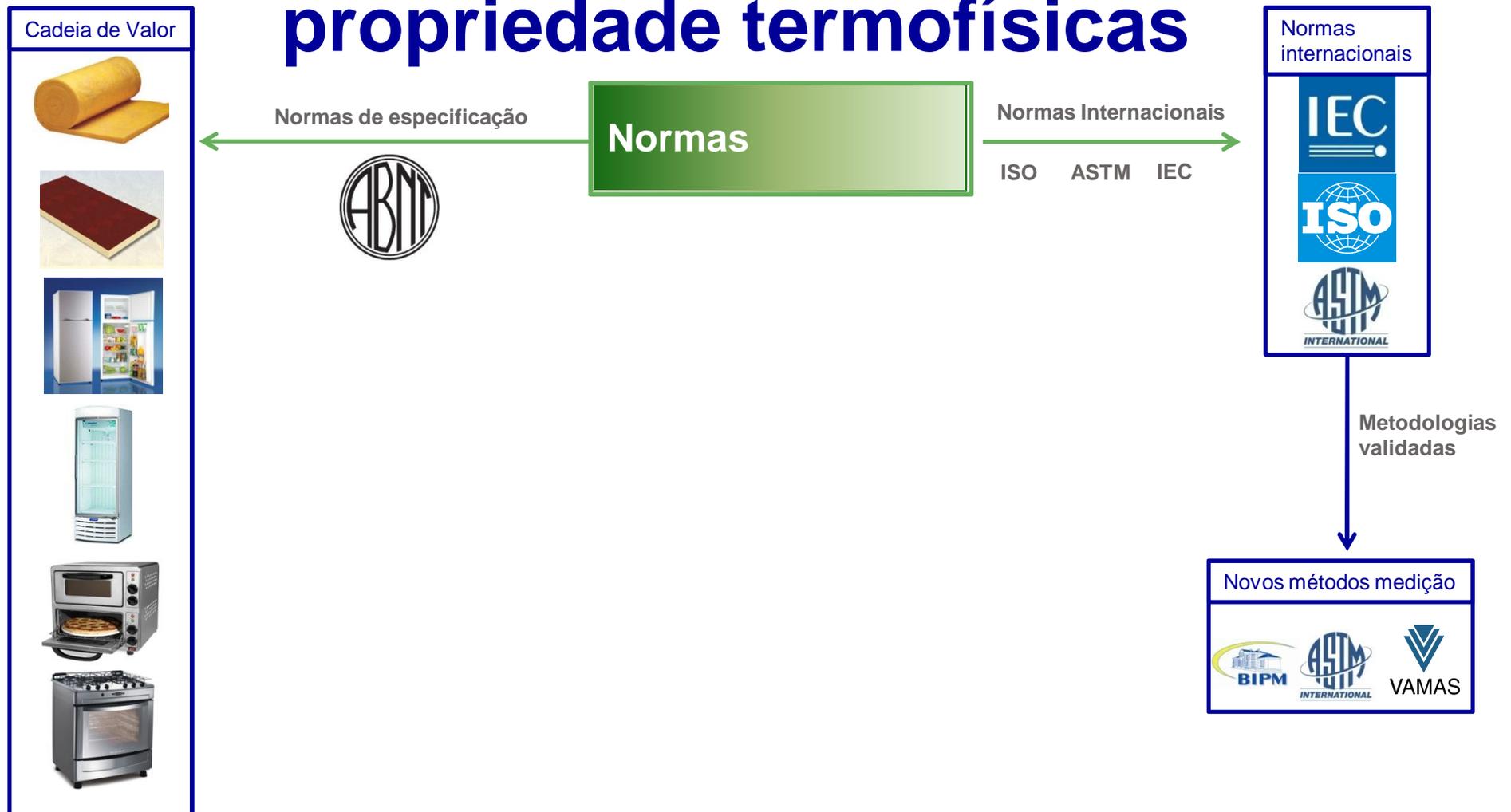
Normas
internacionais



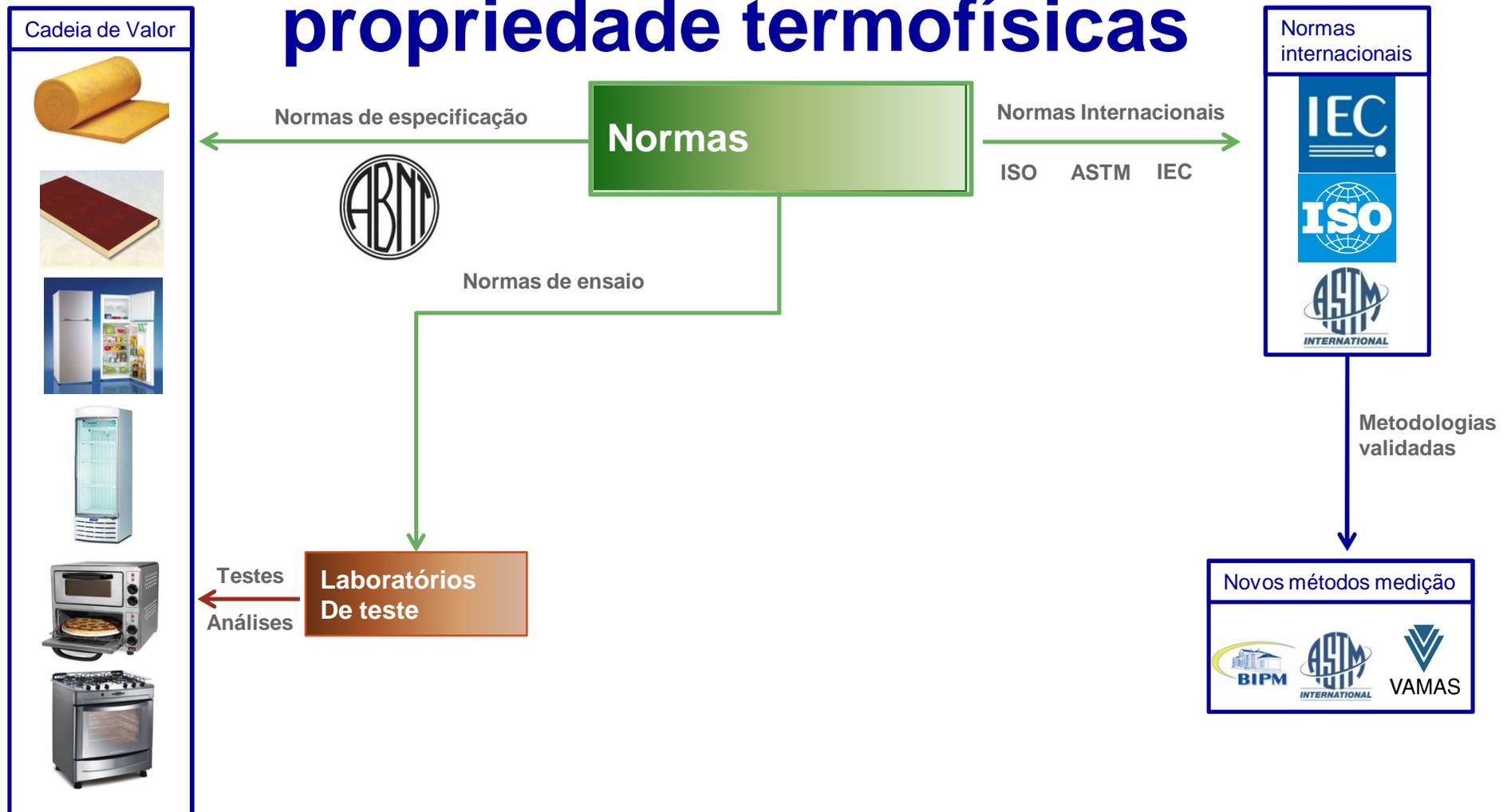
Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas



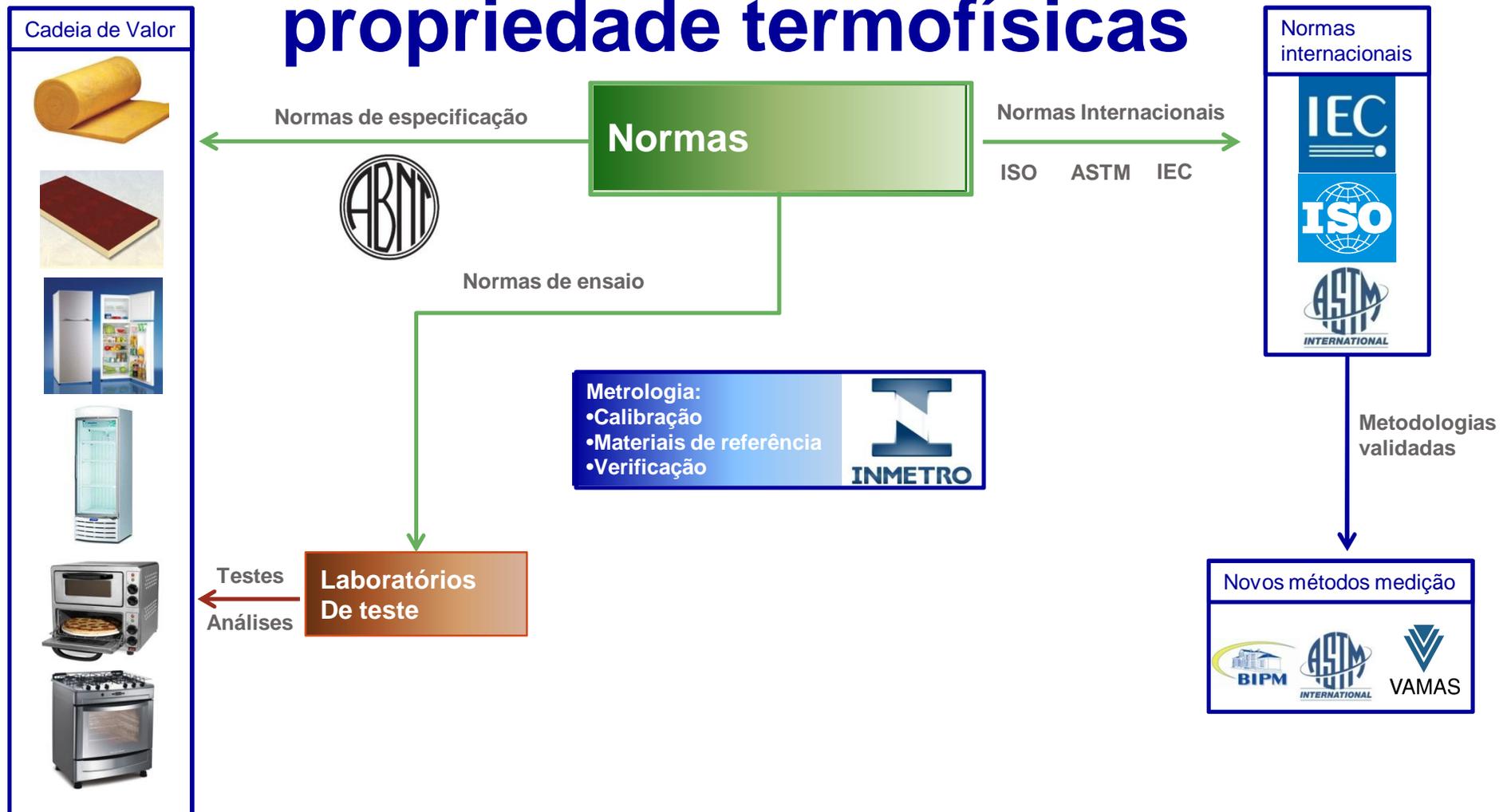
Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas



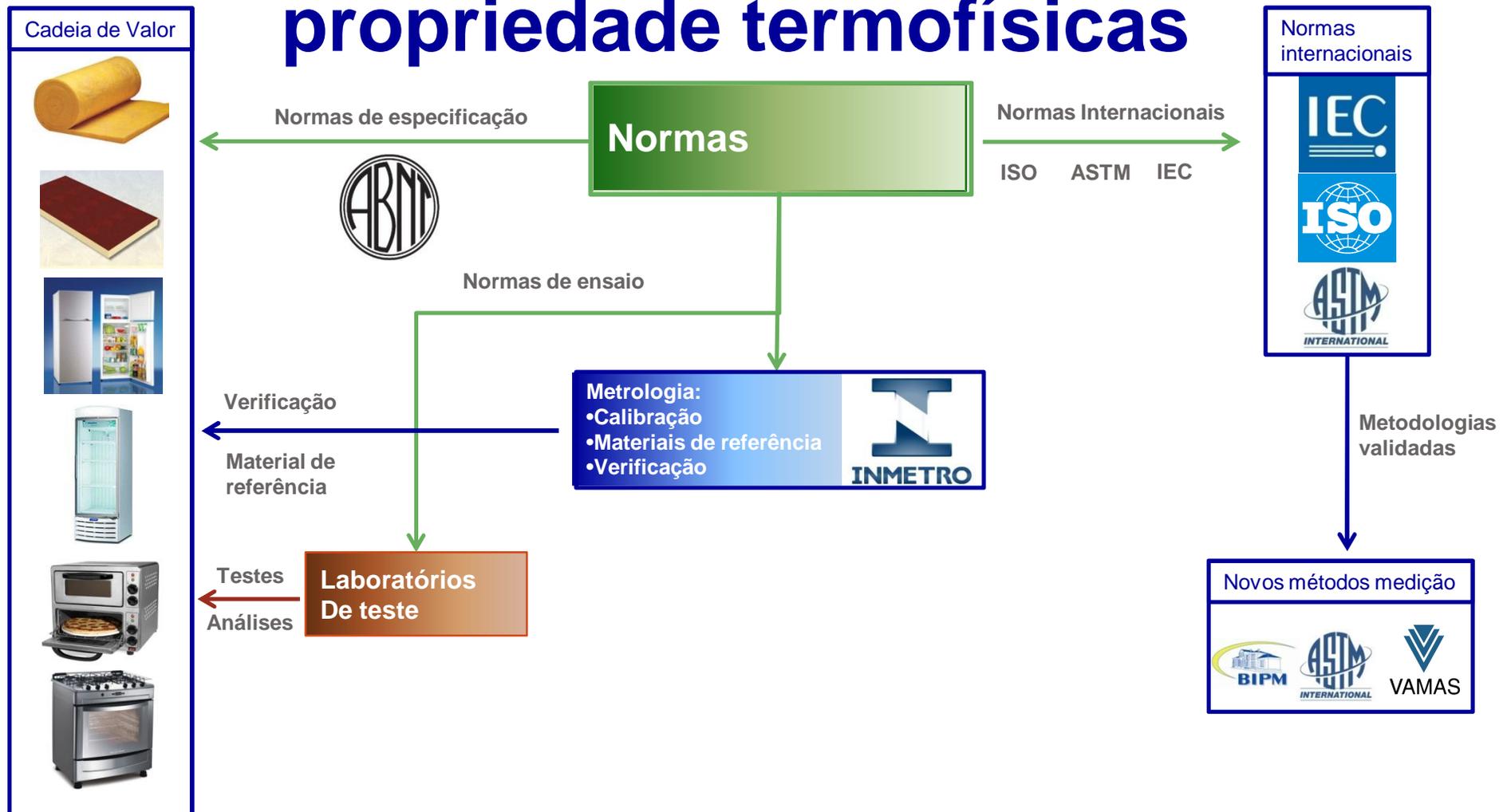
Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas



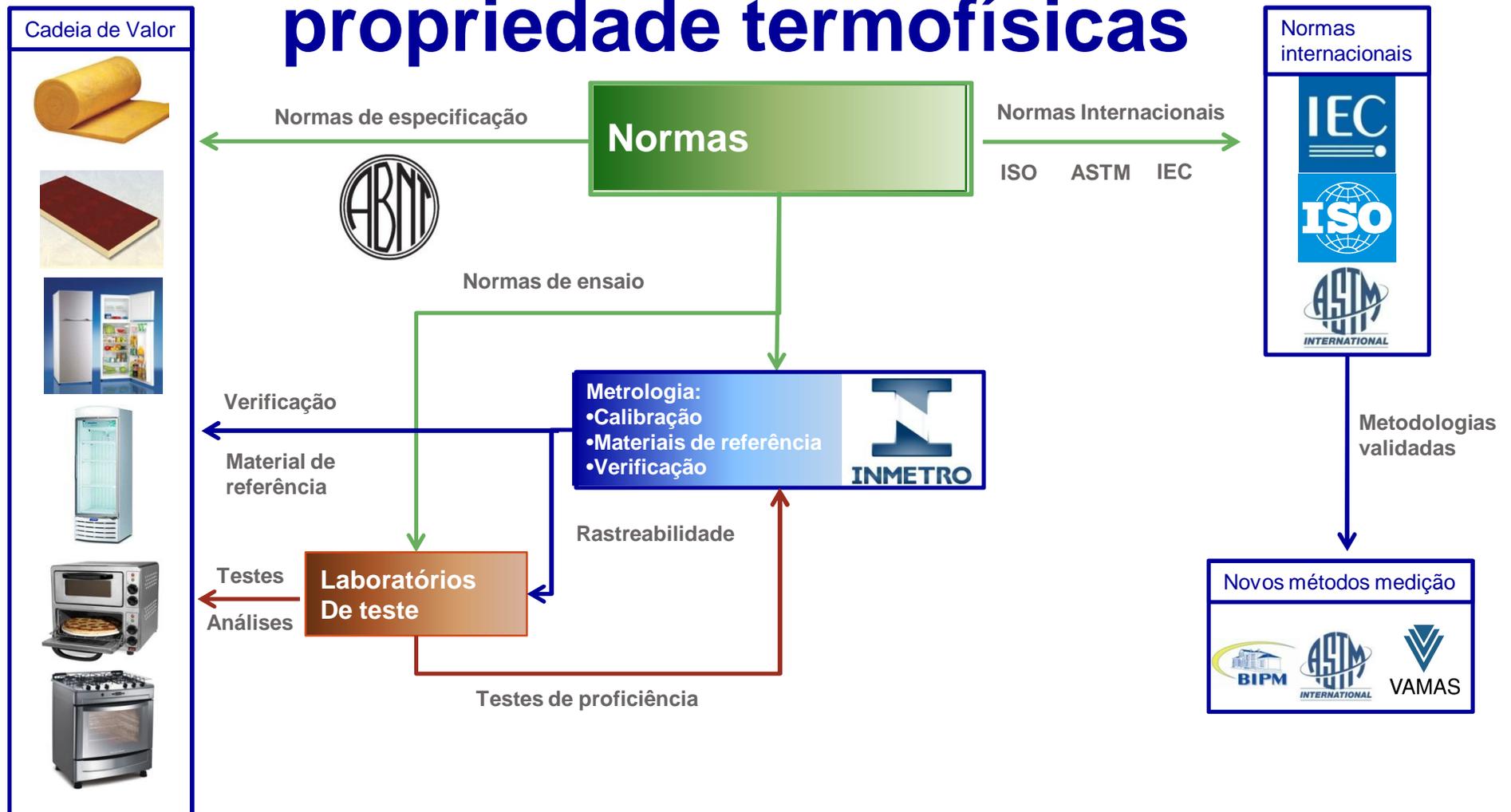
Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas



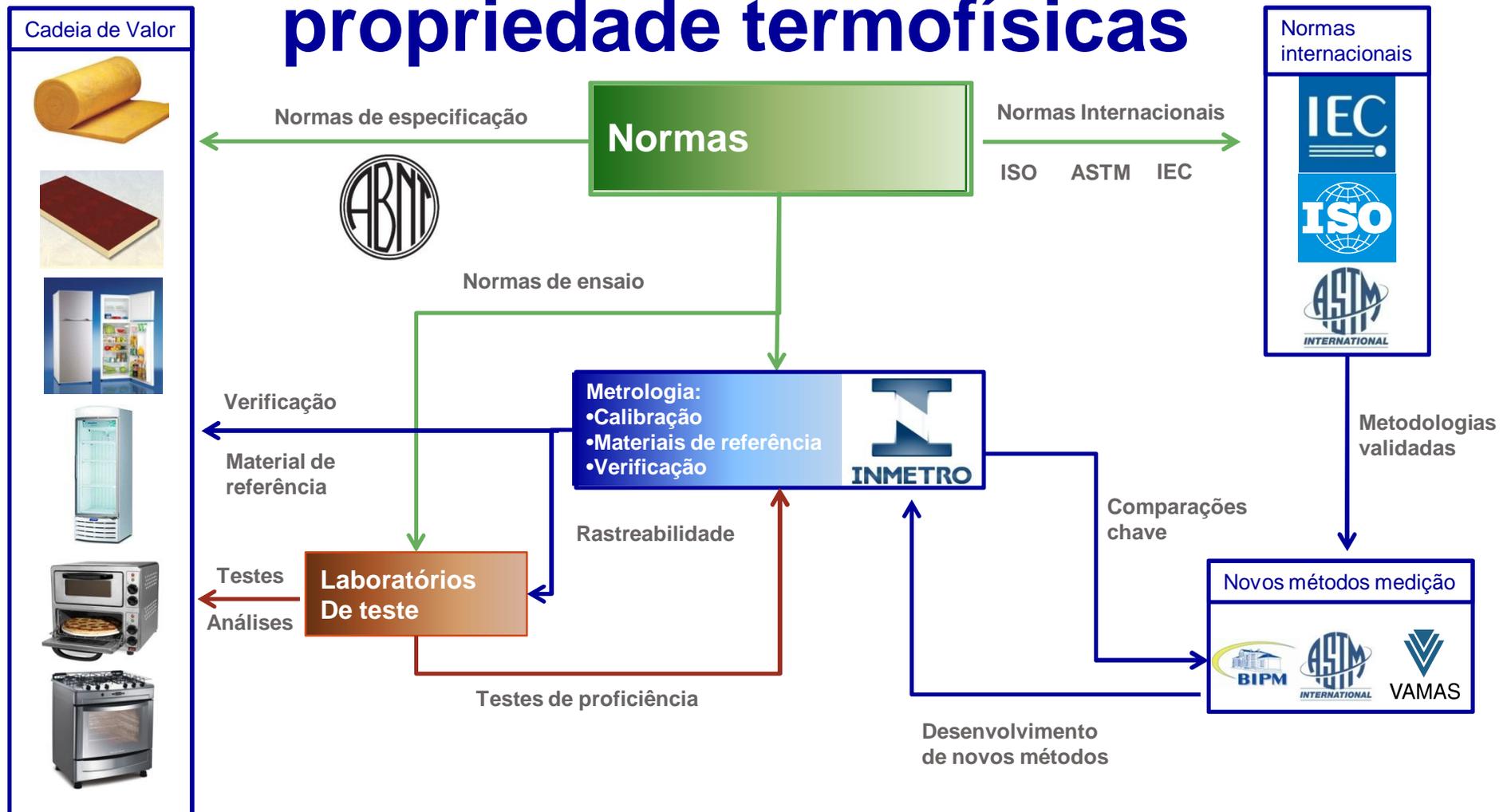
Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas



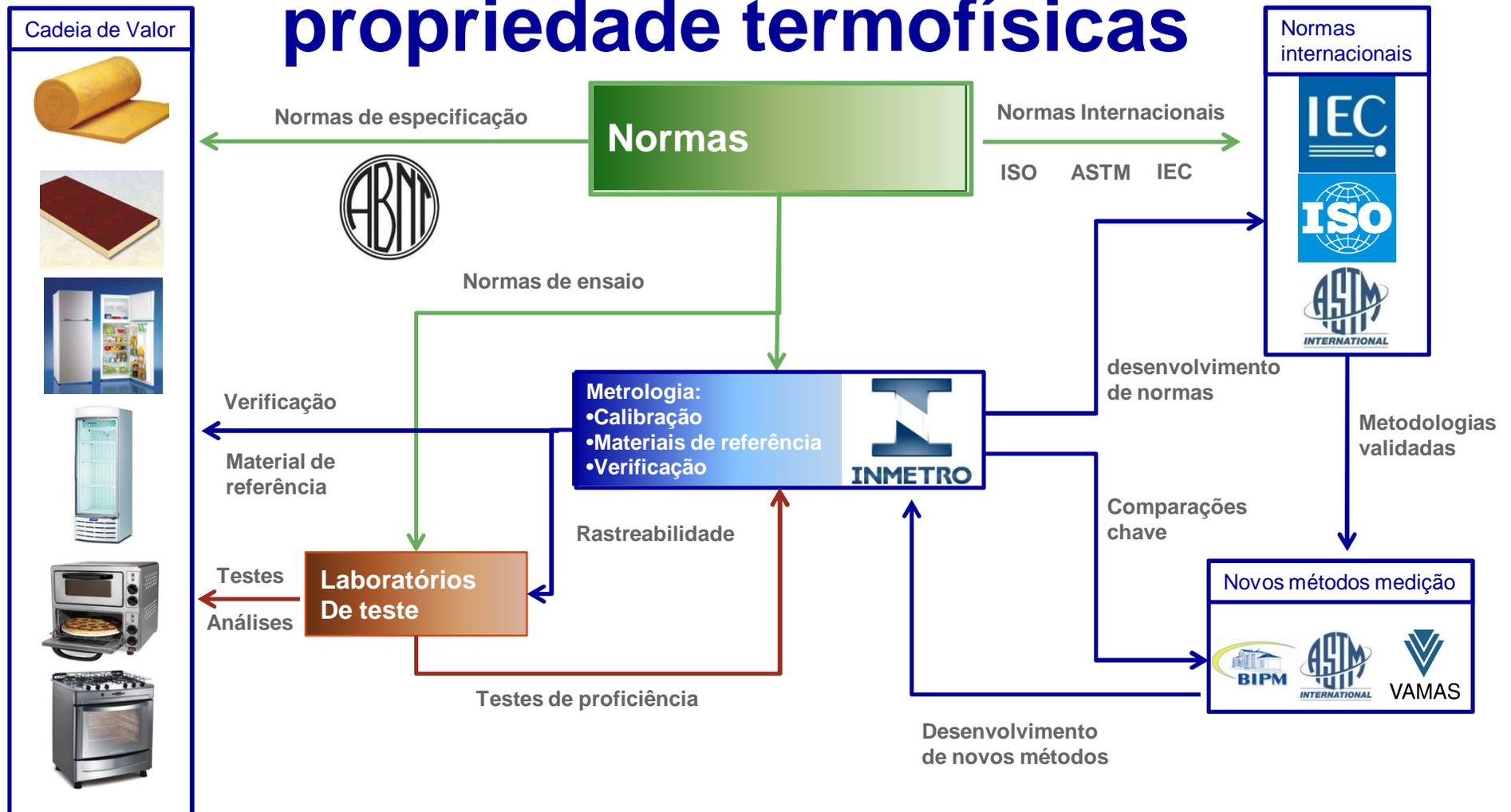
Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas



Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas

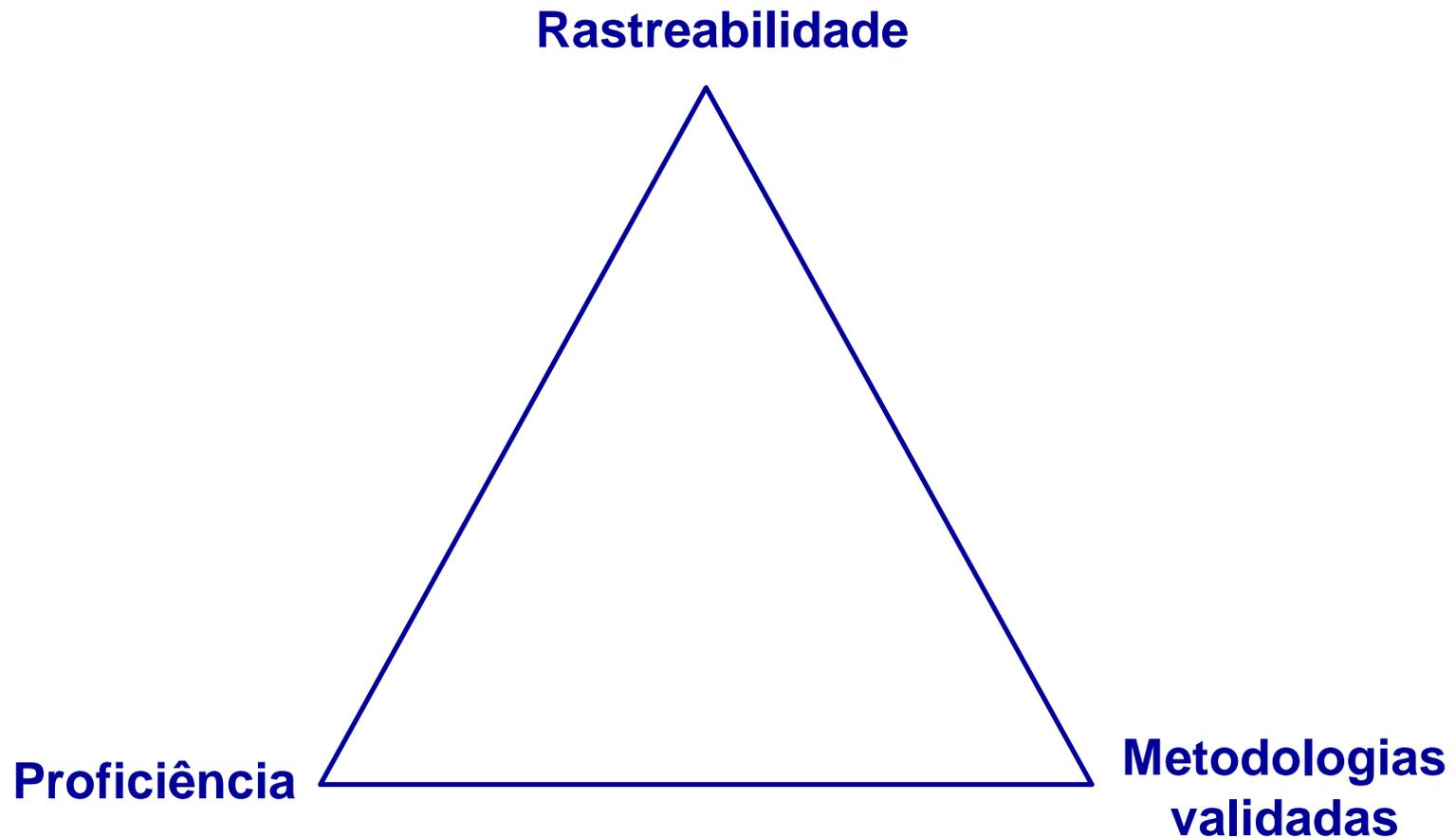


Infraestrutura de qualidade para propriedade termofísicas





Metrologia de materiais



Rastreabilidade metrológica

Definição (VIM 2.41): “Propriedade dum resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição”.





Rastreabilidade metrológica

Definição (VIM 2.41): “Propriedade dum resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição”.

$$W/(m.K) = (V.A)/(m.K)$$

Material de referência certificado

Definição (VIM 5.14): “Material de referência acompanhado duma documentação emitida por uma entidade reconhecida, a qual fornece um ou mais valores de propriedades especificadas com as incertezas e as rastreabilidades associadas, utilizando procedimentos válidos” (ISO guia 34).



National Institute of Standards & Technology

Certificate

Standard Reference Material[®] 1450c

Thermal Resistance - Fibrous Glass Board

This Standard Reference Material (SRM) is intended primarily for use in the measurement of the thermal resistance of insulation materials. The SRM may be used in conjunction with ASTM C 177, “Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus” [1] or ASTM C 518, “Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus” [2]. A unit of SRM 1450c consists of a square panel of fine-glass fibers and phenolic binder molded into a semi-rigid board. The nominal dimensions of a unit are 610 mm × 610 mm × 25.4 mm and the bulk density ranges from 150 kg m⁻³ to 165 kg m⁻³.



Metodologias de ensaio para condutividade térmica

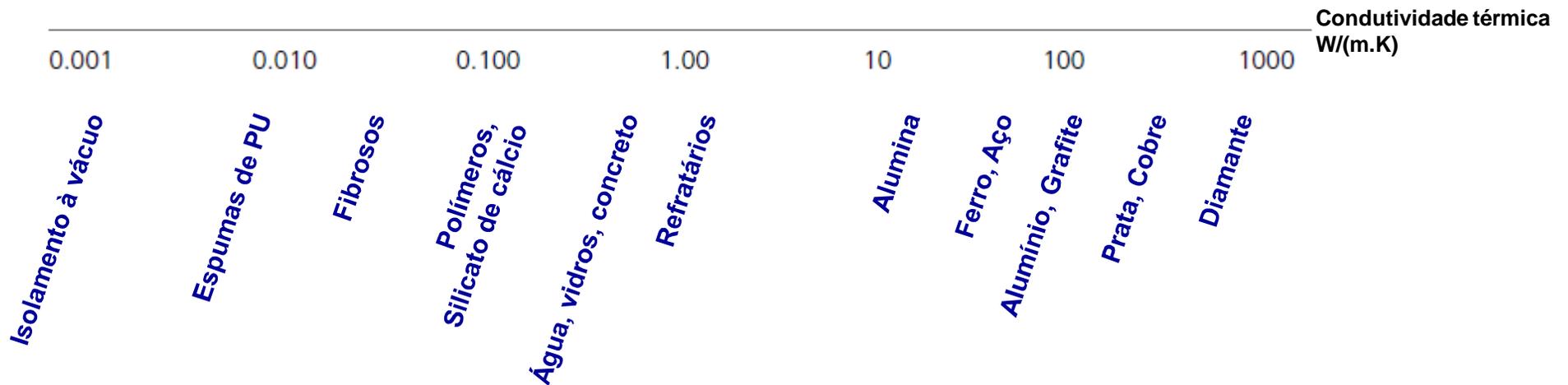
Internacionalmente aceitas:

- **ASTM C177: Método da placa quente protegida**
- **ASTM C518: Método fluximétrico**
- **ASTM E1461: Método flash**

Isolamento térmico para linha branca

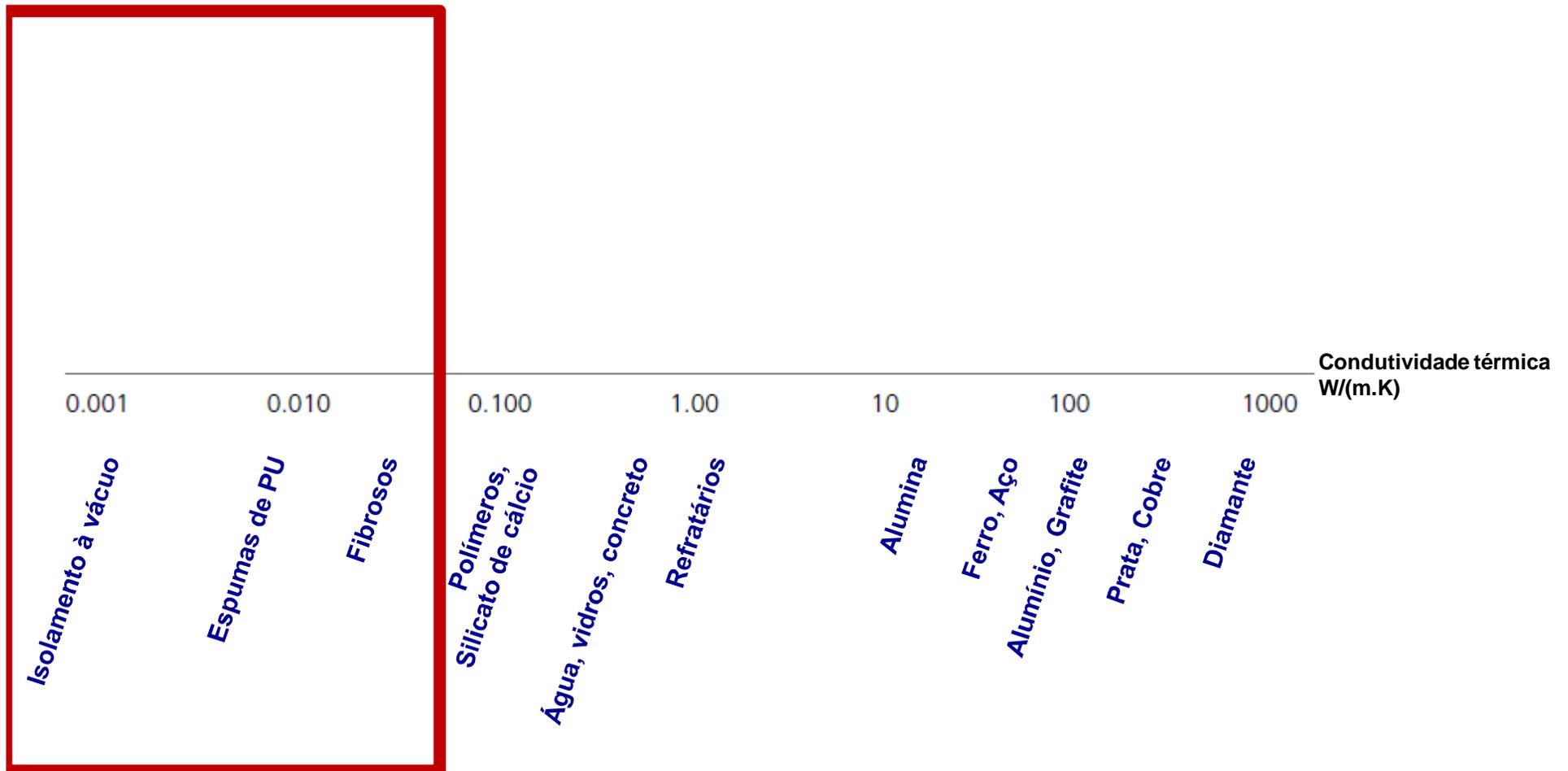


Metodologias de ensaio





Metodologias de ensaio



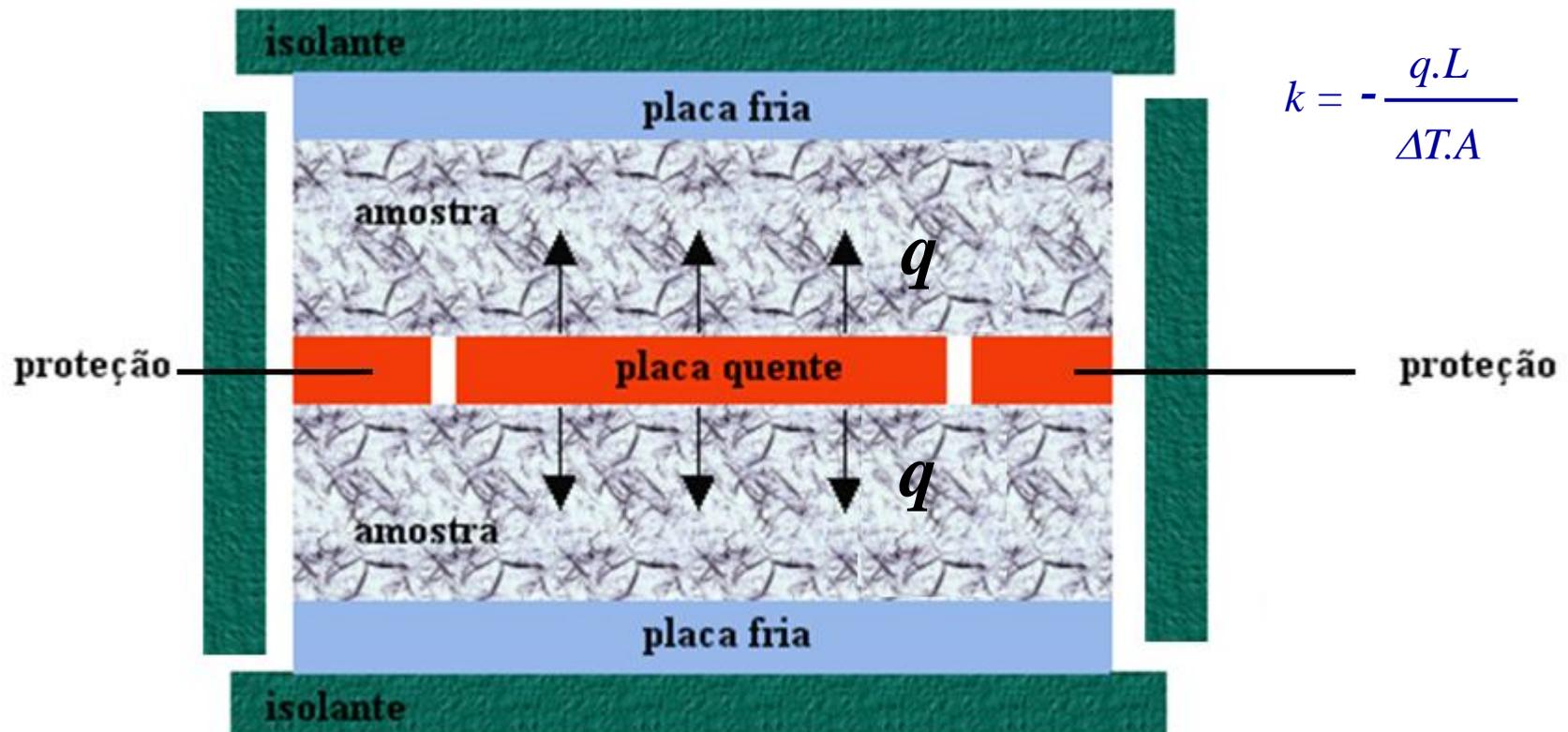
ASTM C177: Placa quente protegida

- **Vantagens:**
 - Método primário
 - Ampla faixa de temperatura
 - Incerteza entre 1% e 3%.
- **Desvantagens:**
 - Alto custo
 - Ensaios longos





ASTM C177: Placa quente protegida



ASTM C518: Método fluximétrico

- **Vantagens:**
 - Rápido
 - Baixo Custo
 - Grande repetibilidade (< 1%)
 - Ideal para temperatura ambiente
- **Desvantagens:**
 - Não é um método primário e necessita ser calibrado.





ASTM C518: Método fluximétrico





ASTM C518: Calibração

Transdutor mede diferença de potencial E , proporcional ao fluxo de calor q ;

$$q = S.E$$

Dessa maneira:

$$k = - \frac{S.E.L}{\Delta T.A}$$

ASTM C518 (6.1): “The calibration of a heat flow meter apparatus is a very critical operation. (...) there is no guarantee that the heat losses or gains are negligible under all testing conditions”.



ASTM C518: Calibração

Transdutor mede diferença de potencial E , proporcional ao fluxo de calor q ;

$$q = S.E$$

Dessa maneira:

$$k = - \frac{S.E.L}{\Delta T.A}$$

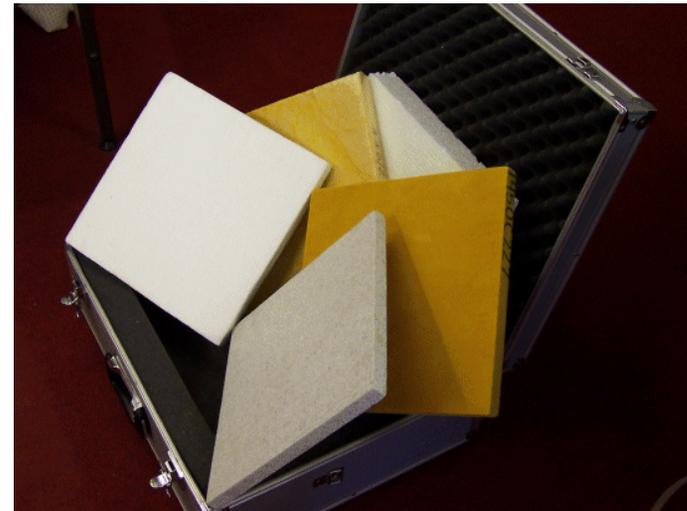
ASTM C518 (6.1): “The calibration of a heat flow meter apparatus is a very critical operation. (...) there is no guarantee that the heat losses or gains are negligible under all testing conditions”.

ASTM C518 (4.5.1.1): “The apparatus shall have its calibration checked within 24 h before or after a certification test using either secondary transfer standards traceable to a recognized national standards laboratory”.



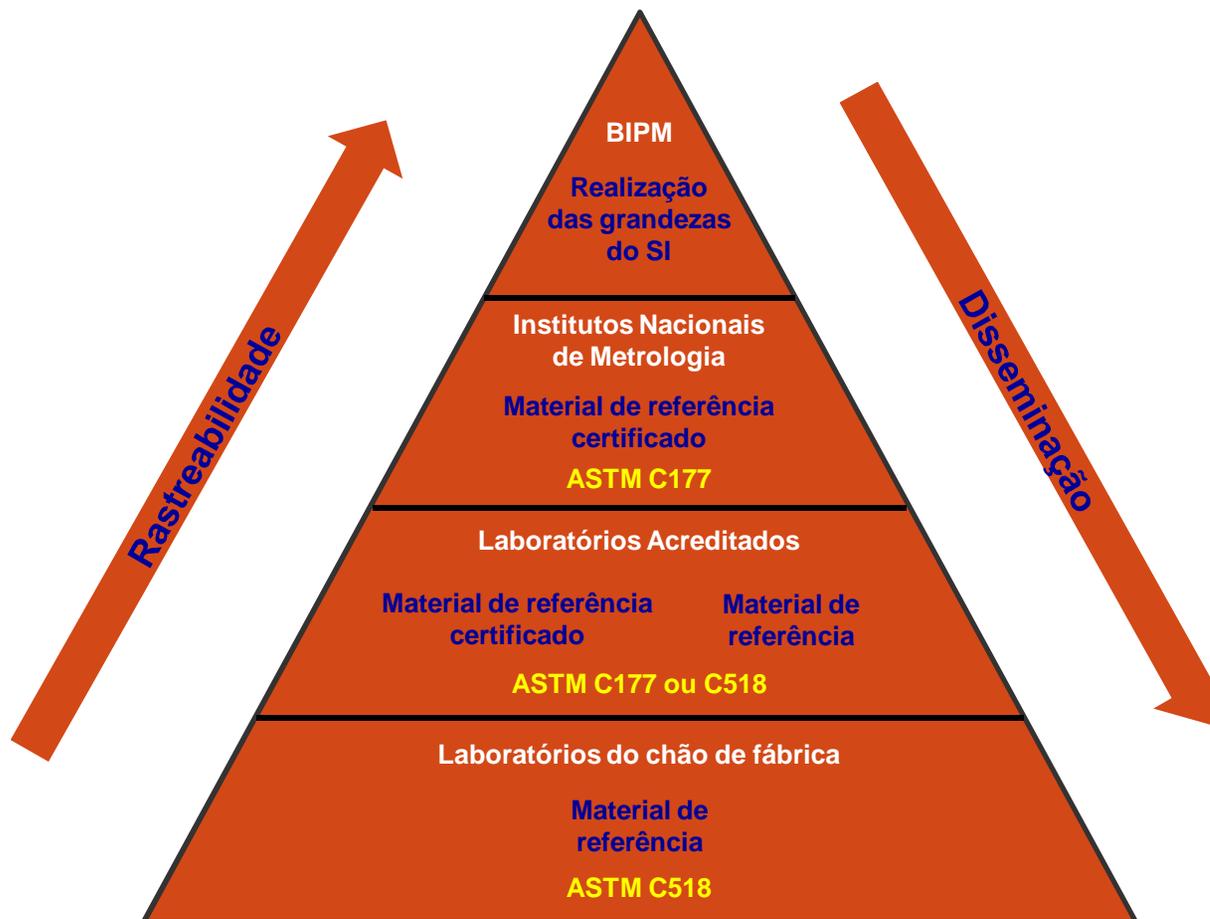
Material de referência

Definição (VIM 5.13): “Material, suficientemente homogêneo e estável em relação a propriedades específicas, preparado para se adequar a uma utilização pretendida numa medição ou num exame de propriedades qualitativas”.





Rastreabilidade metrológica





Ensaio de proficiência

- Definição: Ferramenta para evidenciar a qualidade dos ensaios realizados e resultados gerados por um laboratório através de uma comparação interlaboratorial.



Ensaio de proficiência

- Definição: Ferramenta para evidenciar a qualidade dos ensaios realizados e resultados gerados por um laboratório através de uma comparação interlaboratorial.

Estabelece o protocolo:

- Objetivo;
- Metodologia de ensaio;
- Amostra;
- Procedimento de preparo;
- Transporte da amostra;
- Cronograma;
- Análise de dados;
- Outras especificações técnicas.

Isolamento térmico para linha branca



Ensaio de proficiência

Abre-se inscrição para os laboratórios interessados

(...)



Ensaio de proficiência

Registro da comunicação;
Operacional;
Cuida da confidencialidade dos resultados

(...)

Isolamento térmico para linha branca

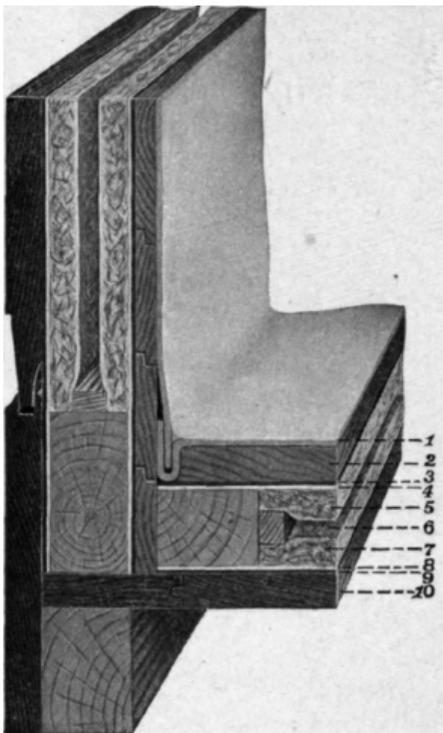


Atuação



Garantia de qualidade

- Entender as necessidades do setor:
 - Laboratório (na fábrica ou terceiro)
 - Rastreabilidade
 - Incerteza
 - Material de referência
 - Faixa de temperatura
 - Faixa de condutividade térmica



Courtesy of the White Enamel Refrigerator Co.

Capacidade de medição nacional

- Mapear a capacidade de medição instalada:
 - Quais são os laboratórios
 - Metodologias de ensaio
 - Ensaio de proficiência
 - Rastreabilidade
 - Outras Necessidades



Isolamento térmico para linha branca



Ministério do
Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior



Obrigado!

Carlos Eduardo Galhardo - cegalhardo@inmetro.gov.br