



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



***Título: “Metrologia e Qualidade nas  
Medições em Células a  
Combustível”***

**SÉRGIO PINHEIRO DE OLIVEIRA, D.Sc.**

***(Chefe Substituto do Laboratório de Força)***

***INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e  
Qualidade Industrial***

***MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e  
Comércio Exterior***

**Local: Auditório Central, UECE, Fortaleza, 15/03/2011**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Sumário**

- **Introdução**
- **Sinmetro, Conmetro, Inmetro**
- **Tecnologia Industrial Básica (TIB)**
- **Qualidade das Medições**
- **Confiabilidade Metrológica**
- **Incerteza de Medição**
- **Metrologia e Qualidade nas medições de Células a Combustível (ex. SOFC)**
- **Guias de incerteza**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Introdução**

- ▶ **A referência aqui é para as tecnologias em geral de uso do hidrogênio, incluindo os processos de conversão como motores de combustão interna e células a combustível**
- ▶ **A Metrologia e Qualidade abordadas terão dois enfoques, que, por sua vez, estão interrelacionados: o relacionado à TIB e o ligado à confiança nas medições**
  - ▶ **Também será apresentado caso de confiabilidade metrológica e qualidade nas medições aplicada às células a combustível**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Áreas de atuação do Inmetro**

Metrologia Científica, Industrial e Legal (SI, guarda patrimonial)

- Acreditação de Laboratórios de Calibração e Ensaios
  - Acreditação de Organismos de Certificação
- Avaliação da Conformidade (Qualidade) – acreditador oficial
  - Pesquisa, desenvolvimento e inovação
  - Prestação de serviços de calibração e ensaios
- Produção e desenvolvimento de materiais de referência
- Desenvolvimento de procedimentos experimentais de referência
  - Autoridade para emitir Regulamentos Técnicos obrigatórios
  - Ponto focal do comércio exterior (“TBT/WTO Enquiry Point”)
    - Ministrar cursos e treinamentos especializados
- Cursos “Mestrado Profissional em M&Q” e “Técnico em Metrologia”



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Definição de TIB**

**❖ A Tecnologia Industrial Básica – TIB reúne um conjunto de disciplinas técnicas de uso indiferenciado pelos diversos setores da economia (indústria, agricultura, comércio e serviços) e compreende, na sua essência, as áreas de metrologia, normalização, regulamentação técnica e avaliação da conformidade (acreditação, inspeção, ensaios, certificação e suas funções correlatas, bem como os procedimentos de autorização, aprovação, registro, licença e homologação, esses últimos a cargo dos agentes regulamentadores). A TIB possui também disciplinas técnicas de suporte às disciplinas essenciais: sistemas de gestão, propriedade intelectual e informação tecnológica.**

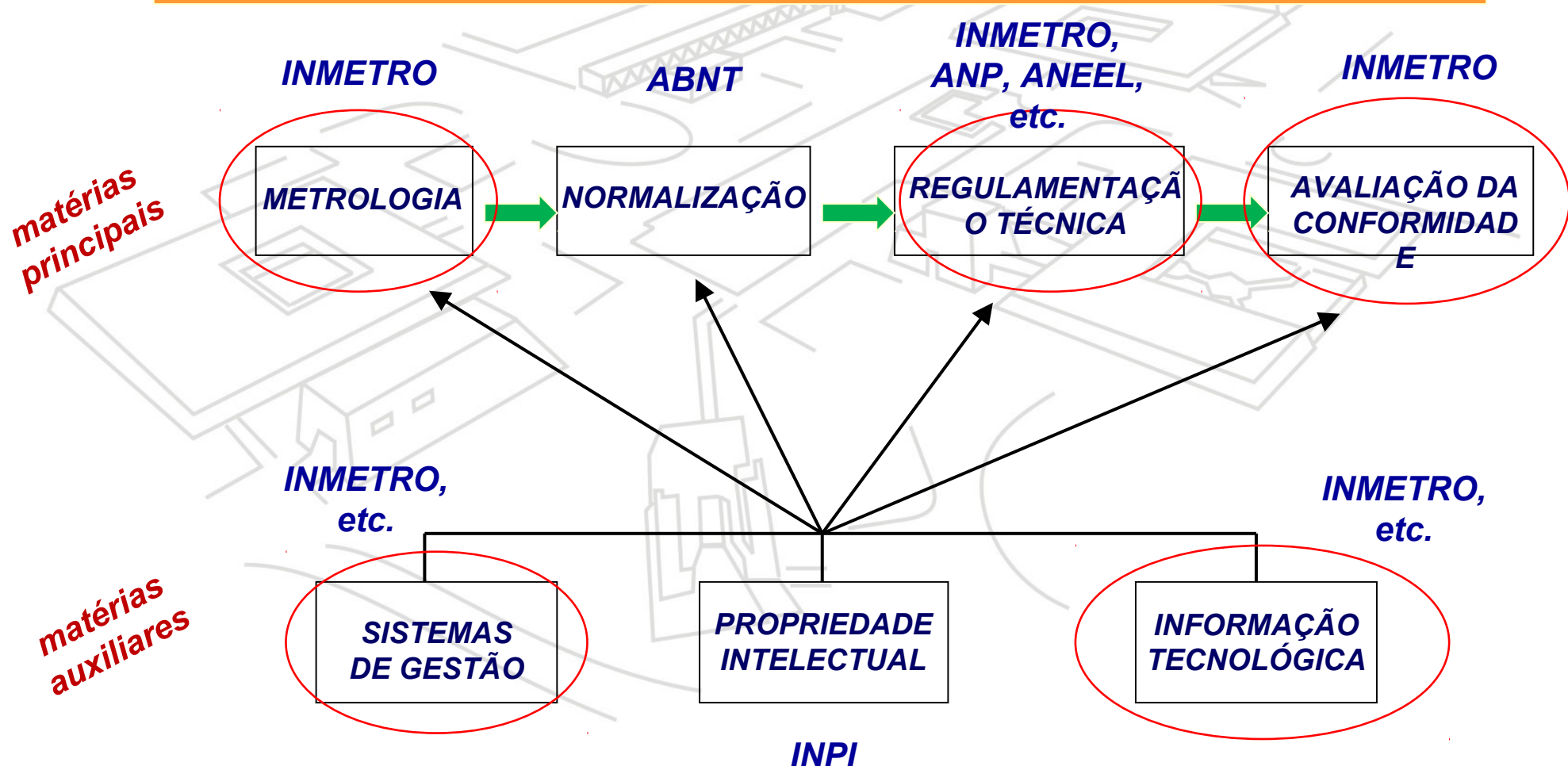
**❖ Em outros países a área central da TIB, metrologia, normalização e avaliação da conformidade, recebem designações especiais: MSTQ – Metrology, Standardization, Testing and Quality, de uso em países de língua inglesa; MNPQ – Messen, Normen, Prüfen, Qualität, na Alemanha; o termo Infrastructural Technologies é usado em alguns contextos mais técnicos.**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# Tecnologia Industrial Básica no Brasil





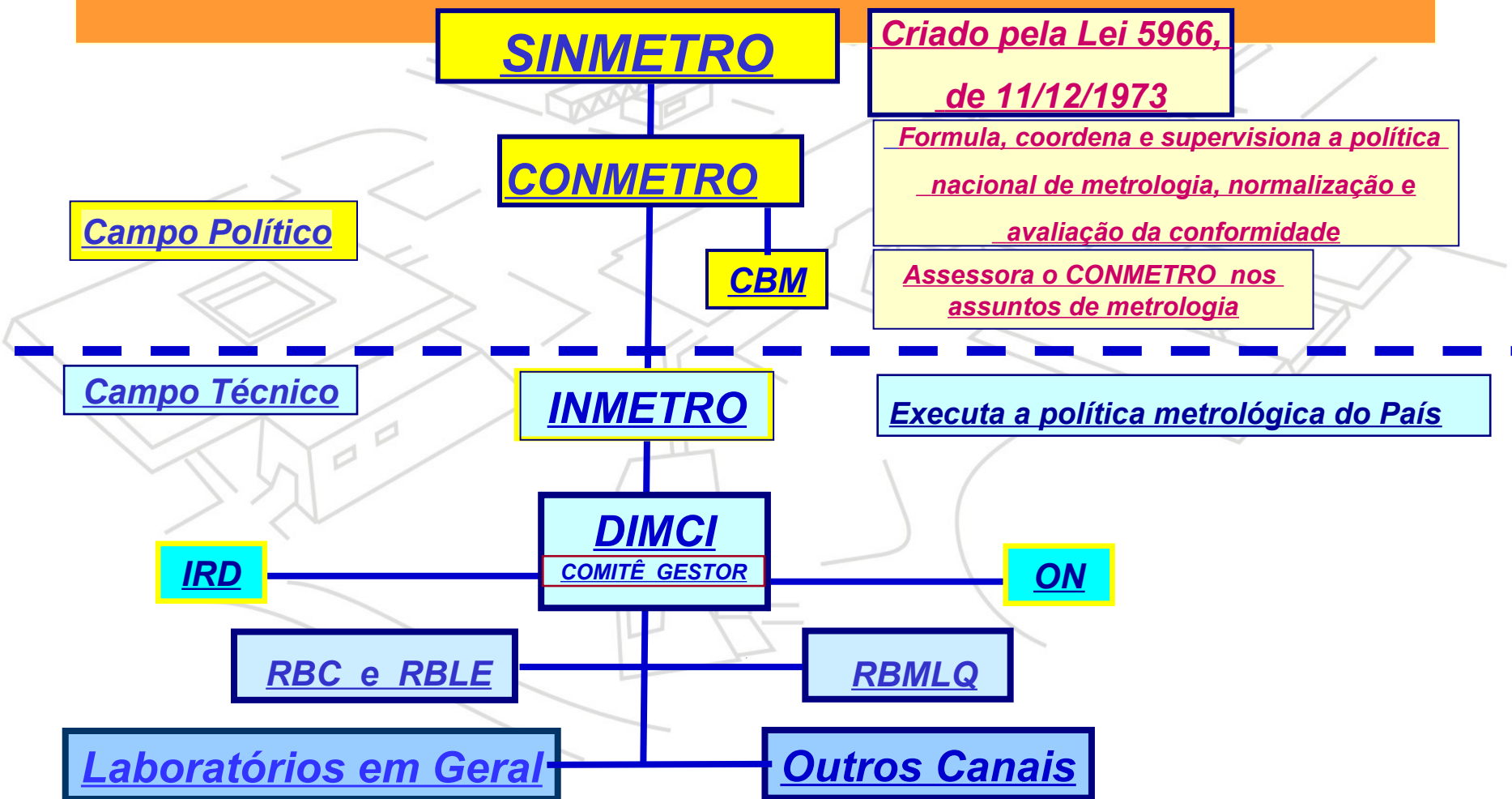
**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **História da Metrologia no Brasil**

- Em 26 de junho de 1862, treze anos antes da Convenção do Metro, a lei imperial 1.157 determinou oficialmente a adoção do sistema métrico decimal no Brasil. Autorizava a compra e aferição dos padrões na França, extinguia, no prazo de dez anos, o uso legal dos antigos padrões, e introduzia, nas escolas, textos explicando o sistema métrico decimal.
- A lei 5966 de 11/12/1973 criou o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro), cuja entidade de mais alto nível é o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial responsável por formular, coordenar e supervisionar a política nacional de metrologia.
- Também criou o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), órgão executivo central do Sistema, executor das políticas e diretrizes nacionais da metrologia, normalização e qualidade industrial.

# Hierarquia do sistema de Metrologia no Brasil







**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **SINMETRO ~~SINMETRO~~ não é Normativo do**

- **Reúne todos os atores no Brasil que lidam com metrologia, normalização, qualidade industrial e certificação da conformidade.**
- **Funções: metrologia científica e industrial, metrologia legal, normalização e regulamentação técnica, acreditação, certificação, ensaios e calibrações.**
- **Quem são: Conmetro e seus comitês técnicos, Inmetro, organismos de certificação acreditados, organismos de inspeção acreditados, organismos de treinamento acreditados, organismos provedores de ensaios de proficiência credenciados, laboratórios de calibração e ensaios acreditados (RBC/RBLE), ABNT, institutos estaduais de pesos e medidas (IPEMs), redes metrológicas estaduais (RMEs).\_**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **CONMETRO ~~SINMETRO~~ Normativo do**

**O Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial é um colegiado interministerial que exerce a função de órgão normativo do Sinmetro e que tem o Inmetro como sua secretaria executiva. Integram o Conmetro os ministros do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; da Ciência e Tecnologia; da Saúde; do Trabalho e Emprego; do Meio Ambiente; das Relações Exteriores; da Justiça; da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento; da Defesa; o Presidente do Inmetro e os Presidentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, da Confederação Nacional da Indústria - CNI, da Confederação Nacional do Comércio - CNC e do Instituto de Defesa do Consumidor – IDEC [Conselho de Ministros].**

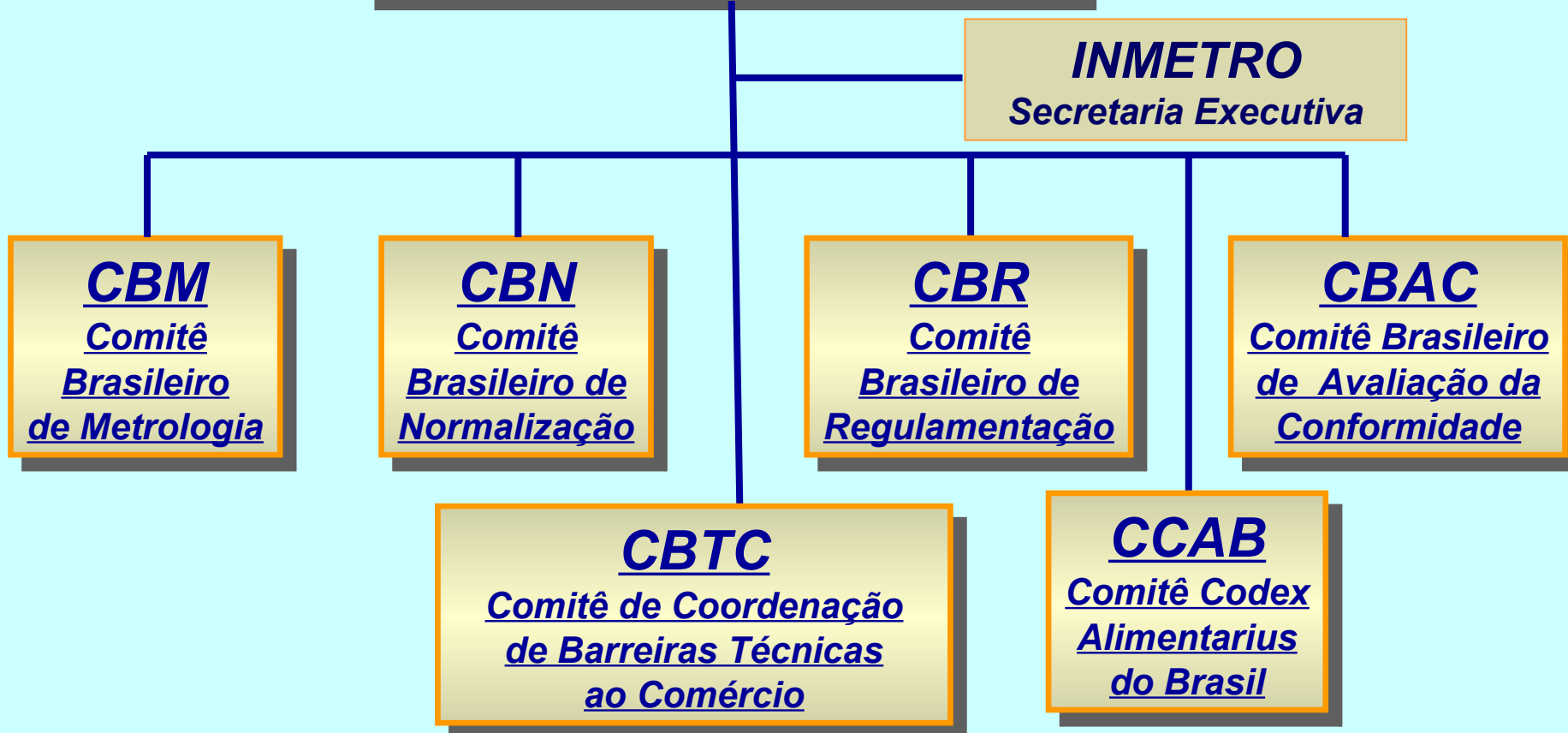


**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# Comitês Técnicos do CONMETRO

## Conselho de Ministros

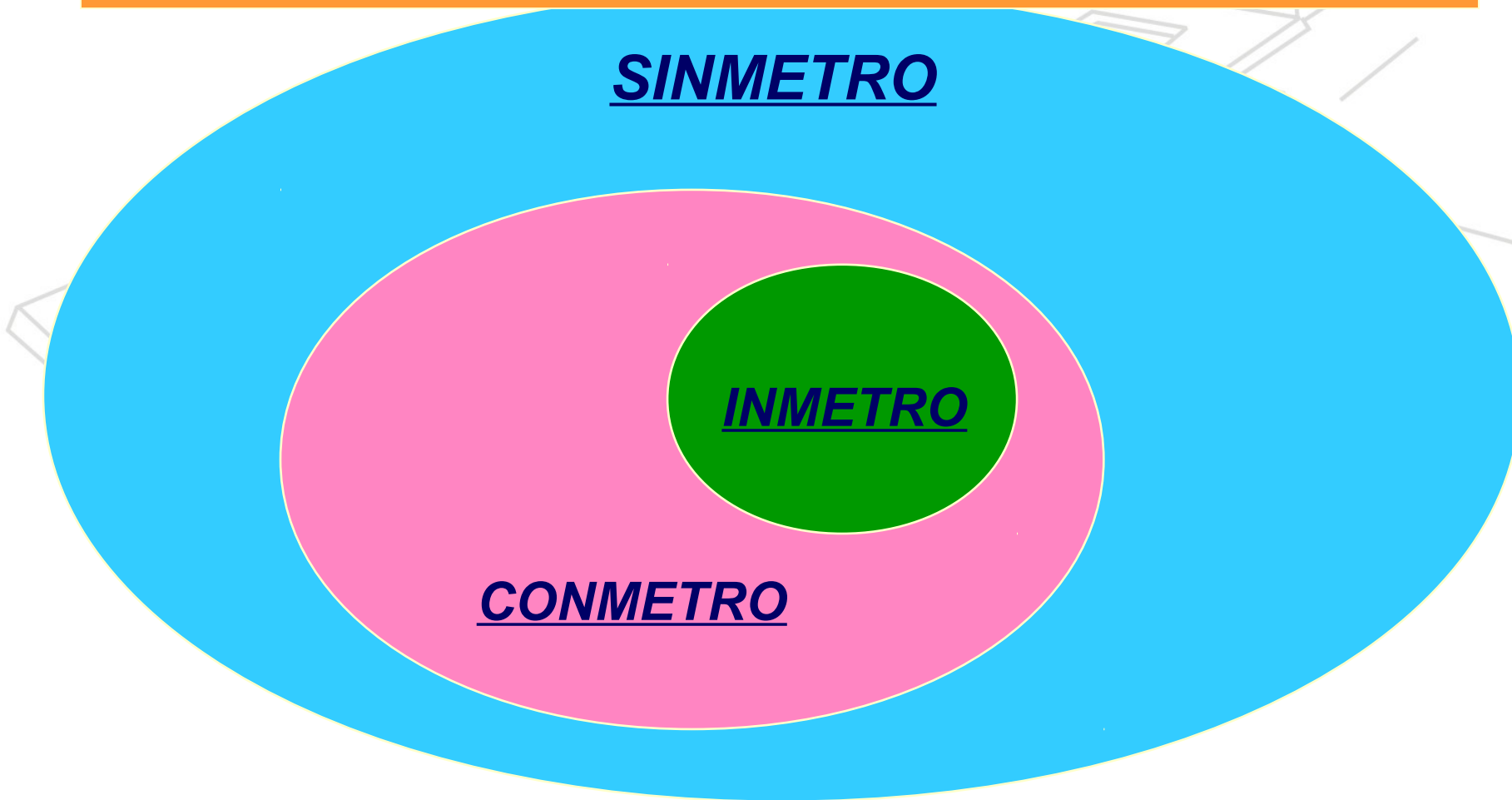




**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# **SINMETRO x CONMETRO x INMETRO**



# Hierarquia do Sistema Metrológico

Incerteza  
de medição



Unidades do SI

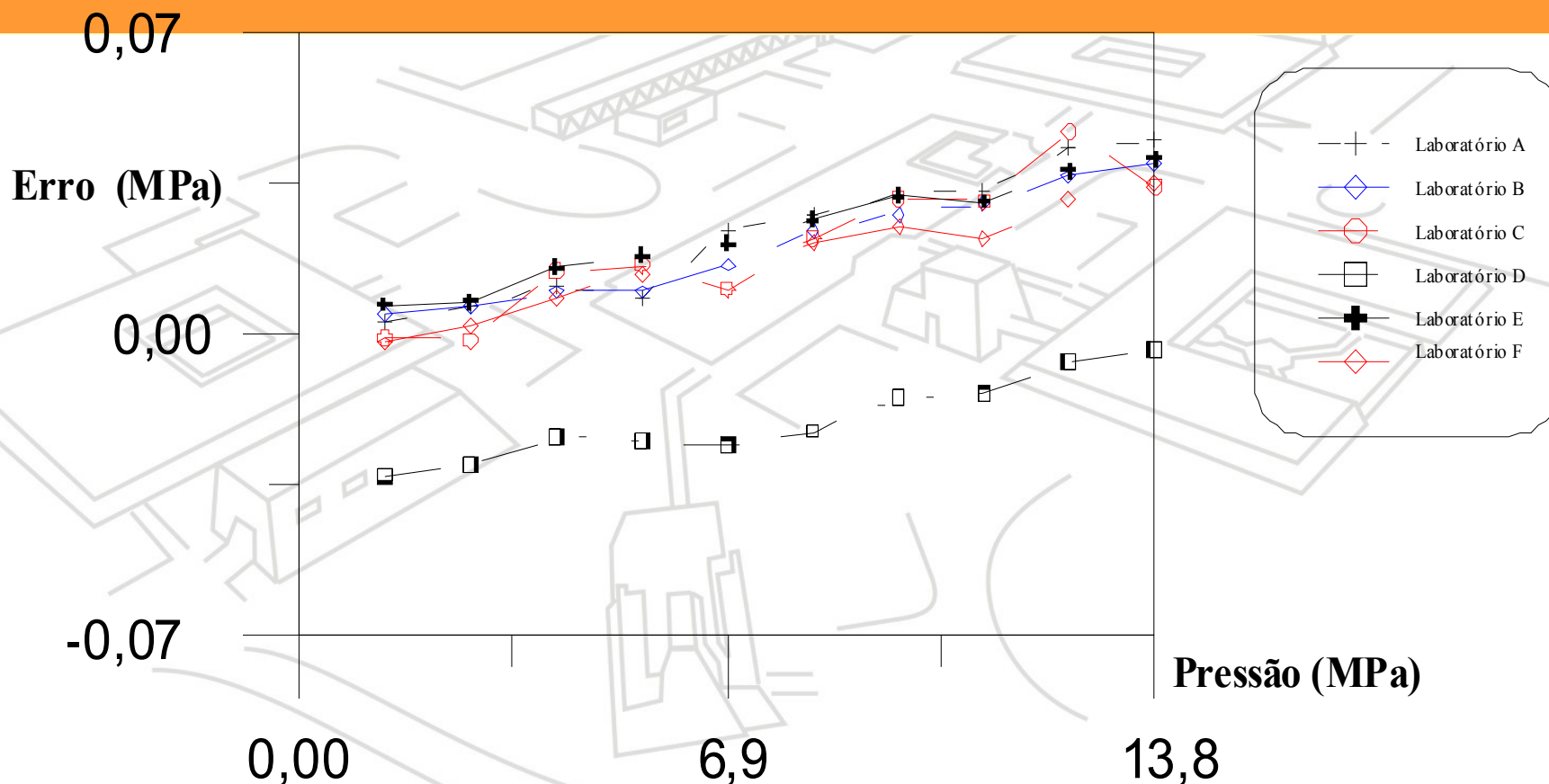




**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## Importância da Comparação Laboratorial

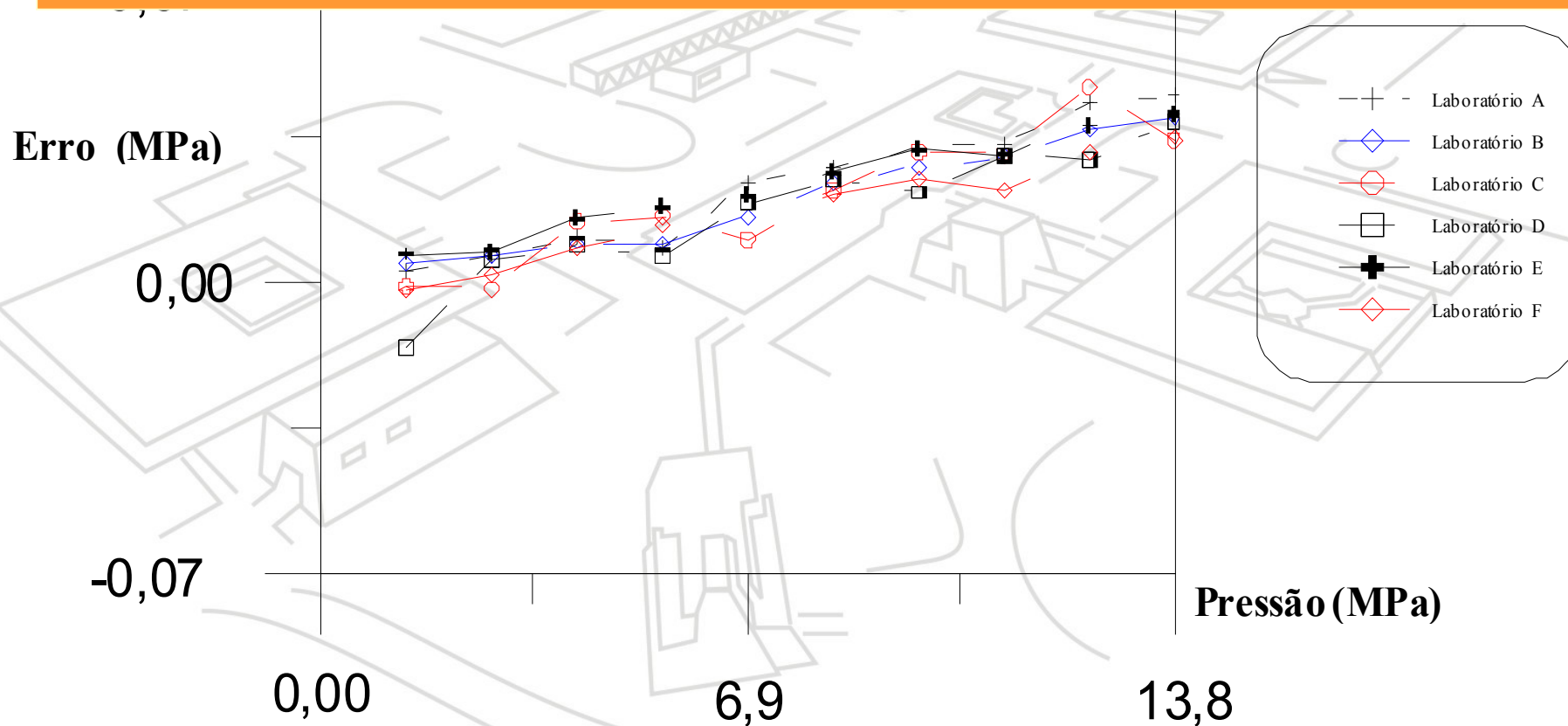




**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## Comparação Laboratorial após correção



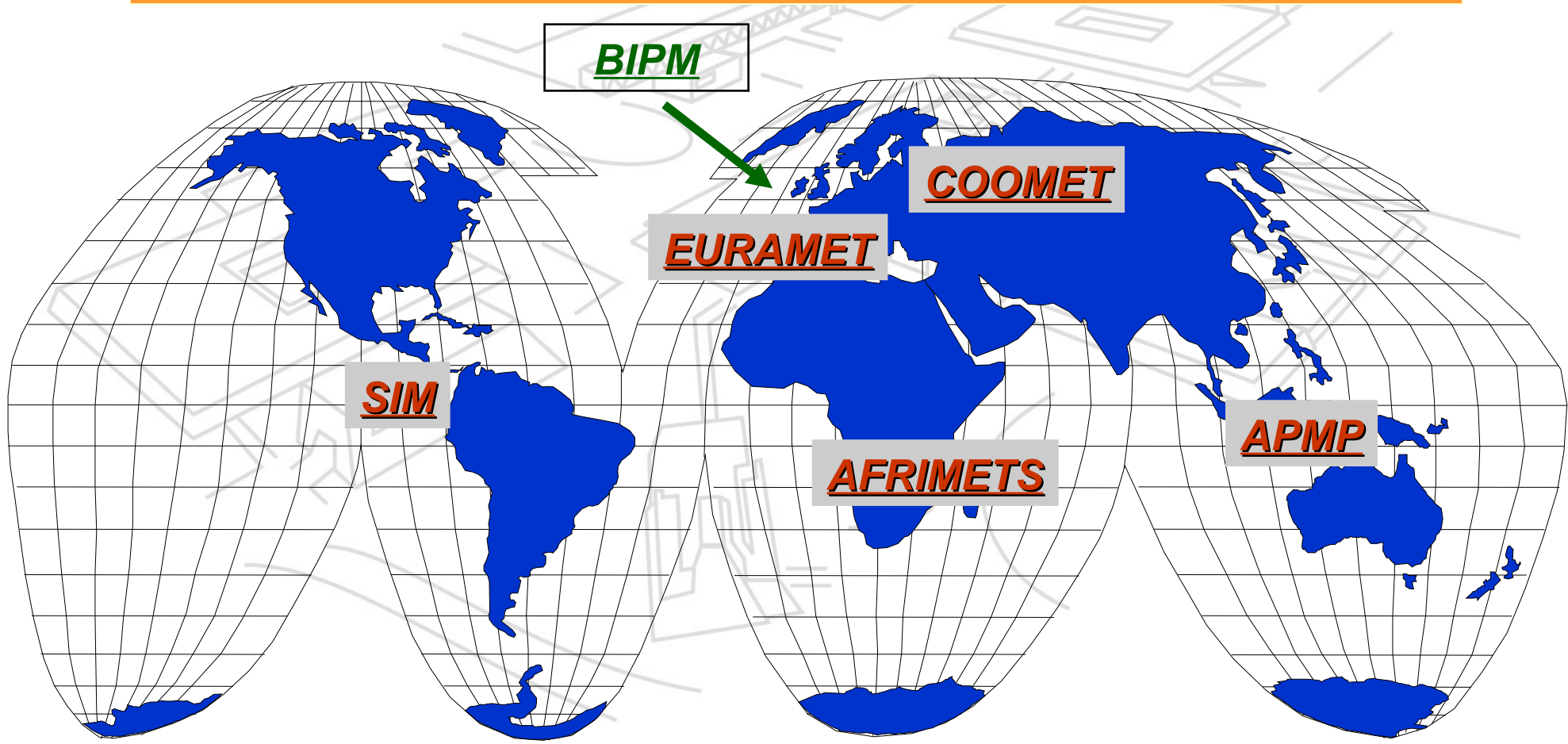
**Gráfico B : Erro x Pressão (MPa)**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# Sistemas Regionais de Metrologia





## **Banco de dados do BIPM**

❖ O banco de dados de comparações-chave do BIPM é definido no texto do **MRA** como “o banco de dados mantido pelo BIPM (Birô Internacional de Pesos e Medidas), o qual contém os Apêndices A, B, C e D do Acordo de Reconhecimento Mútuo”.

### **Apêndice A: signatários do MRA**

Lista de institutos nacionais de metrologia que são signatários do acordo.

### **Apêndice B: Comparações-chave e suplementares**

Informação de comparações-chave e suplementares no âmbito do CIPM (Comitê Internacional de Pesos e Medidas) e RMOs (Organizações Regionais de Metrologia), além dos resultados quando se tornam disponíveis.

### **Apêndice C: [Melhores] Capacidades de Calibração e Medição (CMCs)**

Grandezas para as quais os certificados de calibração e medição são reconhecidos pelos institutos participantes da parte dois do acordo.

### **Apêndice D: Lista de comparações-chave**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Acordos de Reconhecimento Mútuo - MIRAS**

### **IAF - International Accreditation Forum**

**Fórum de reconhecimento multilateral de organismos credenciadores em vários escopos, congregando, na atualidade, os 28 países mais industrializados do mundo. Nas Américas, somente os EUA, o Canadá e o Brasil atingiram tal reconhecimento.**

### **ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation**

**Fórum internacional que engloba os credenciadores de laboratórios de calibração e ensaios. O Brasil é o único país da América Latina a obter esse reconhecimento .**

### **BIPM -Agência Internacional de Pesos e Medidas**

**Fórum que congrega os organismos nacionais de metrologia científica e industrial. O Brasil é um dos 39 países da Convenção do Metro a ter as medições e calibrações da RBC reconhecida**

### **EA - European Accreditation**

**Fórum que reconheceu o Inmetro, a partir de 30 de janeiro de 2001, como instituição que credencia laboratórios dentro dos padrões internacionais. Automaticamente, certificados de calibração e aos relatórios de ensaios emitidos por todos os laboratórios de calibração já credenciados pelo Inmetro são reconhecidos.**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **SI – Sistema Internacional de Unidades**

“O SI é baseado nas sete grandezas de base do Sistema Internacional de Grandezas (ISQ), bem como nos nomes e os símbolos correspondentes às unidades de base contidas na tabela a seguir.”

Grandeza	Unidade SI	
	Nome	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente Elétrica	ampère	A
Temperatura Termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de Matéria	mol	mol
Intensidade Luminosa	candela	cd



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Normalização e Regulamentação Técnica**

- As normas por definição são voluntárias.
- ABNT é o órgão normalizador brasileiro.
- Órgãos normalizadores internacionais: ISO e IEC.
- Para acreditação de laboratórios de ensaios e de calibração a norma utilizada é a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, etc., etc..
- Os Regulamentos Técnicos têm força legal: o nome do documento regulamentar pode variar.
  - São emitidos por autoridades competentes, alguns dos quais são órgãos 100% regulamentadores (ANP, Anvisa, Anac, etc.), ao passo que há outros órgãos, que além de suas atribuições específicas, também têm funções regulamentadoras, mas somente em certas matérias (INMETRO, CNEN, MS, etc.).
- Os Regulamentos Técnicos podem ou não se basear em normas técnicas, embora seja desejável que sim.
- Os requisitos de uma Norma Técnica só se tornam obrigatórios quando a mesma é referenciada num Regulamento, e, mesmo assim, somente neste caso.



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Avaliação da Conformidade**

Processo cujo objetivo é fornecer garantia ou confiança que produtos, processos, sistemas ou pessoas atendem os requisitos especificados em normas ou regulamentos.

**Regulamento técnico de qualidade**

**ou**

**Instrução normativa**

**ou**

**Norma técnica**

**Regulamento de avaliação da  
conformidade**

**O quê?**

**Como?**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# **Avaliação da Conformidade; mecanismos usados**

- ❑ **Certificação**
- ❑ **Declaração de Fornecedor**
- ❑ **Etiquetagem**
- ❑ **Inspeção**
- ❑ **Ensaios**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Acreditação (credenciamento)**

“Procedimento através do qual um organismo autorizado reconhece formalmente que um organismo ou pessoa é competente para desenvolver tarefas específicas.”

### **Vantagens:**

□ **Evidência de competência técnica; Avaliação por um organismo imparcial e competente; Possibilidade de aceitação internacional; Eliminação das avaliações múltiplas.**

### **Tipos de acreditação:**

□ **Laboratórios; Organismos de Certificação; Organismos de Inspeção; Organismos de Treinamento; Organismos de Treinamento; Organismos de Verificação de Desempenho.**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Qualidade das Medições**

- Planejamento experimental**
  - Arranjo experimental**
  - Instrumentação adequada**
    - Rastreabilidade**
    - Calibração**
- Confiabilidade metrológica**
  - Incerteza de medição**
  - Relatório das medições**
- Procedimentos**
  - Normas**

**ANTES**

**DURANTE**

**DEPOIS**





**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Resultado com qualidade nas medições**

**Quando o resultado da medição possua as 8 características:**

- 1) exatidão**
- 2) precisão**
- 3) repetitividade**
- 4) reprodutibilidade**
- 5) rastreabilidade**
- 6) obtida com instrumentos calibrados**
- 7) confiabilidade metrológica**
- 8) for possível calcular a incerteza de medição**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Estabelecendo a confiabilidade metrologica**

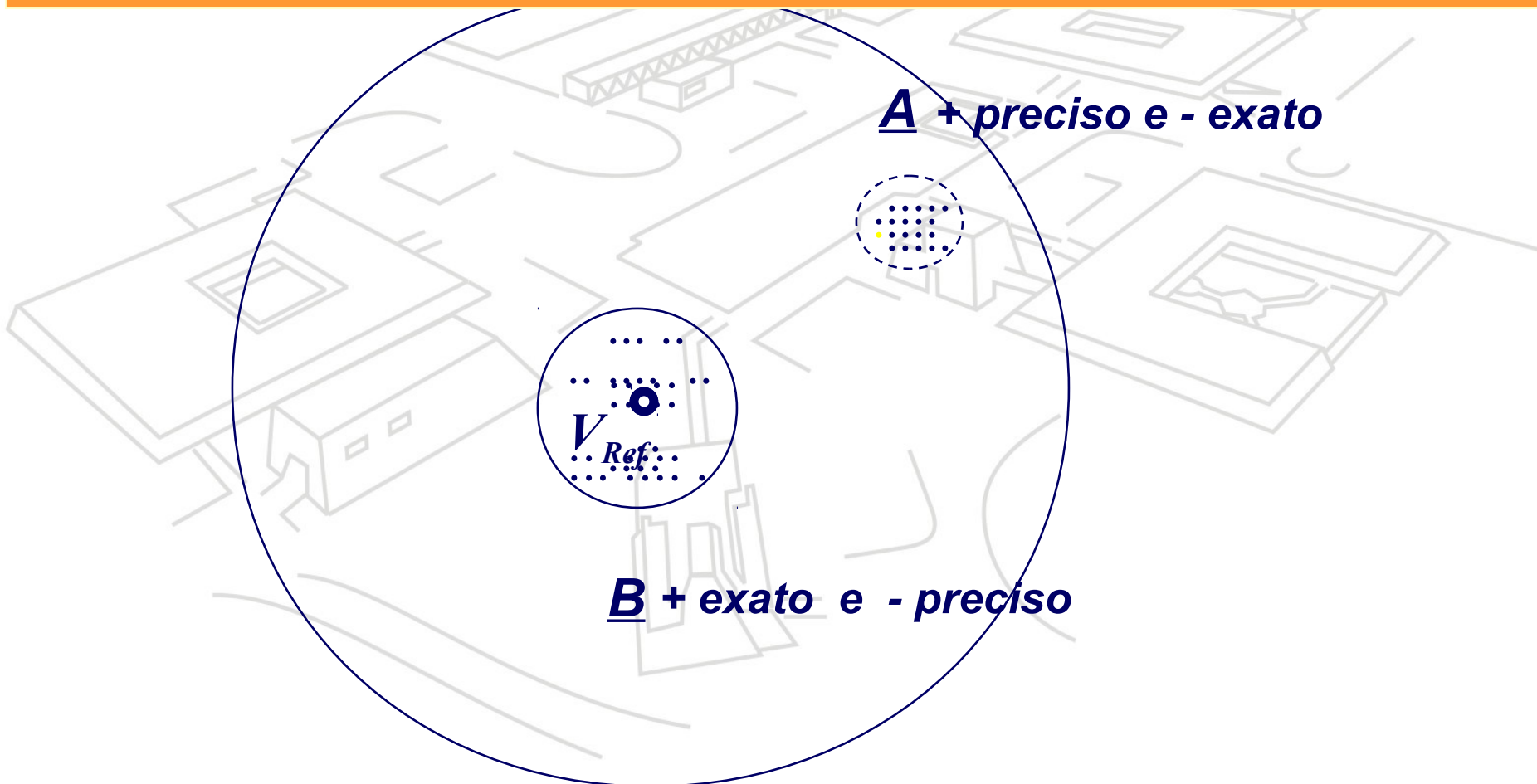
- Análise da homogeneidade entre as variâncias das amostras;
- Funções de distribuição: Normal, Retangular, Triangular e t-Student;
- Análise da distribuição dos conjuntos de medições;
- Análise de critérios de rejeição aos valores individuais de cada conjunto;
  - Comparações Interlaboratoriais;
- Acreditação de ensaios e calibração.



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Incerteza: Exatidão x Precisão**





**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**

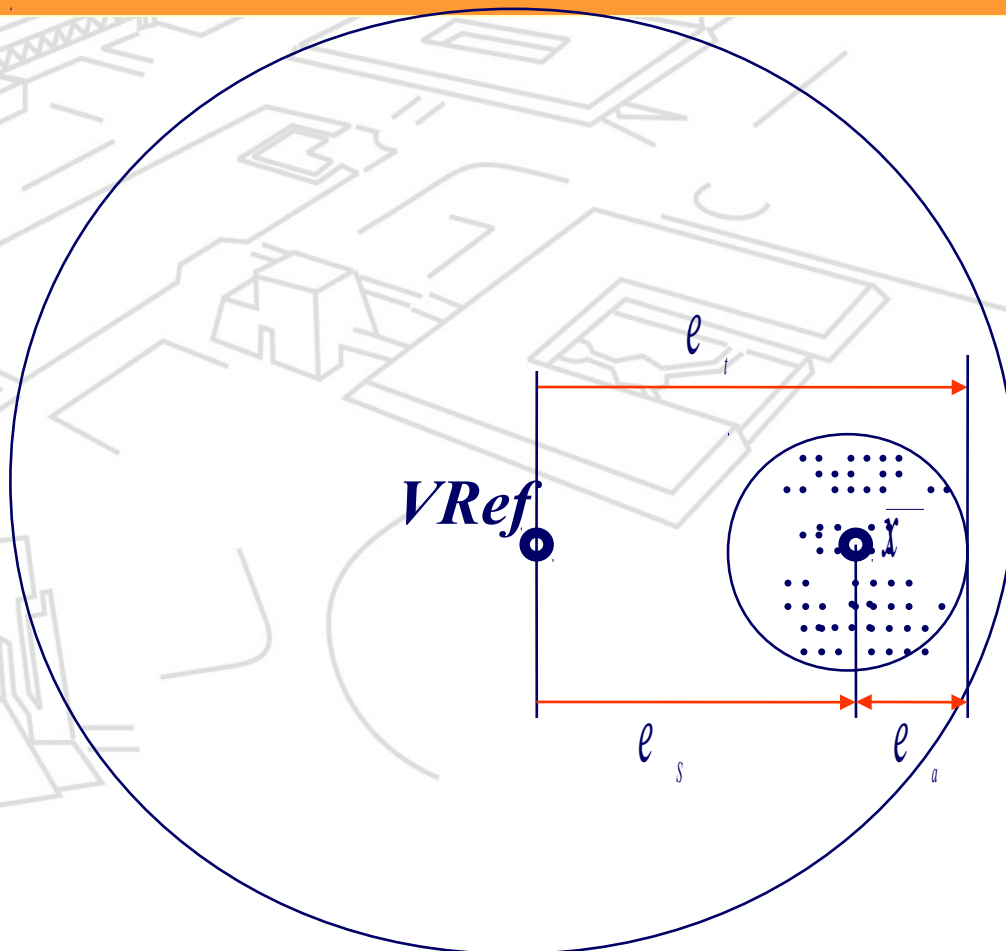


## **Incerteza: Erro de uma medição**

**$e_s$  = erro sistemático**

**$e_a$  = erro aleatório**

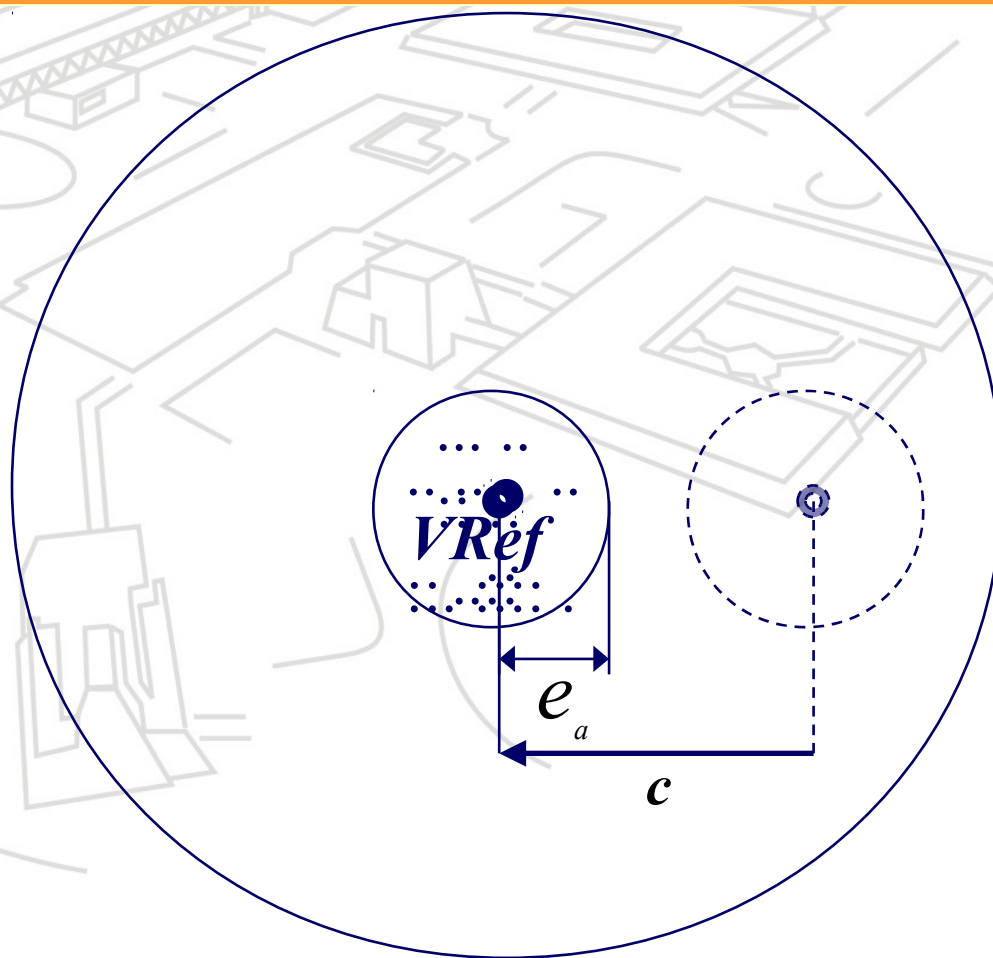
**$e_t$  = erro total**



## Correção do erro + incerteza de medição

➤  **$c$  = correção  
(do erro  
sistemático)**

➤  **$e_a$  = erro  
aleatório (abordada  
através da  
incerteza)**





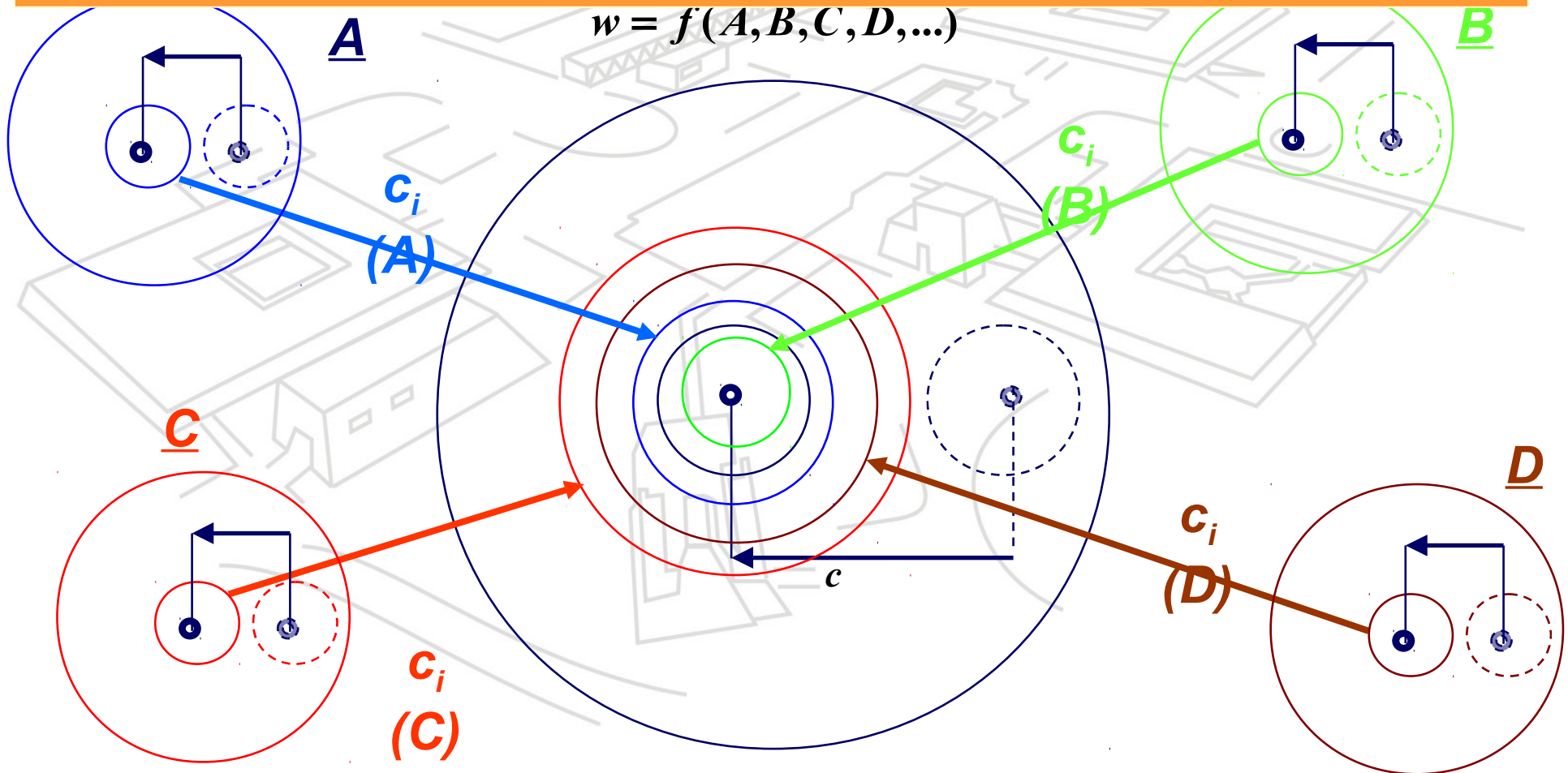
**INMETRO**  
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA  
**BRASIL**  
PAIS RICO E PAIS SEM POBREZA

**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



**Hidrogênio**  
E O FUTURO ENERGÉTICO  
SUSTENTÁVEL DO  
ESTADO DO CEARÁ

# Diagrama do conceito da Incerteza de Medição





**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Etapas para a estimativa de incerteza de**

- **Definir mensurando**
  - **Diagrama Causa Efeito**
    - **Incertezas das grandezas de entrada**
- **Coeficientes de Sensibilidade**
  - **Componentes de Incerteza**
    - **Incerteza padrão combinada**
- **Graus de liberdade efetivos**
  - **Fator de Abrangência**
    - **Incerteza expandida**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## Definindo o Mensurando

$$y = x \cdot z$$

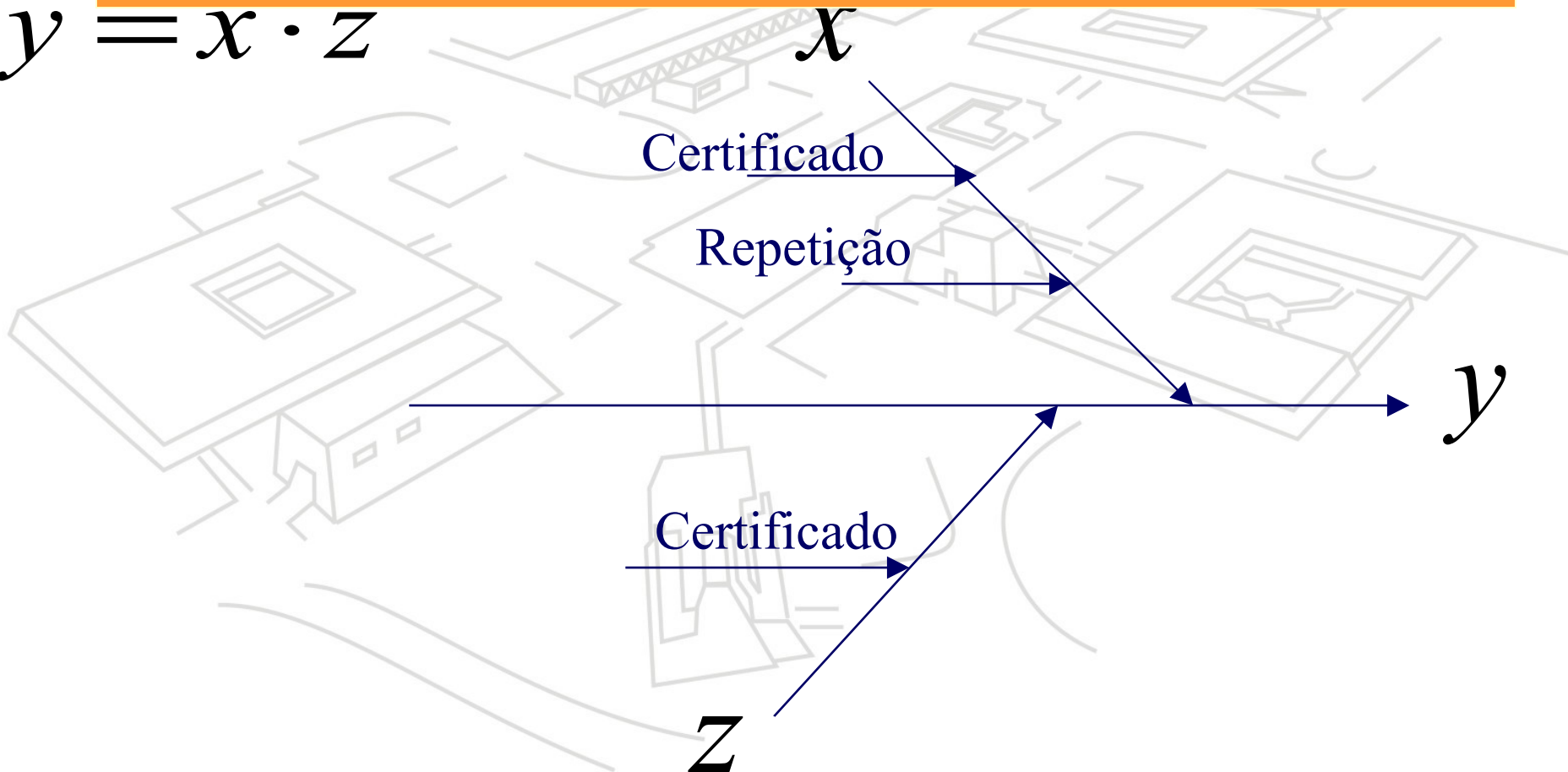
Certificado

Repetição

Certificado

$z$

$y$



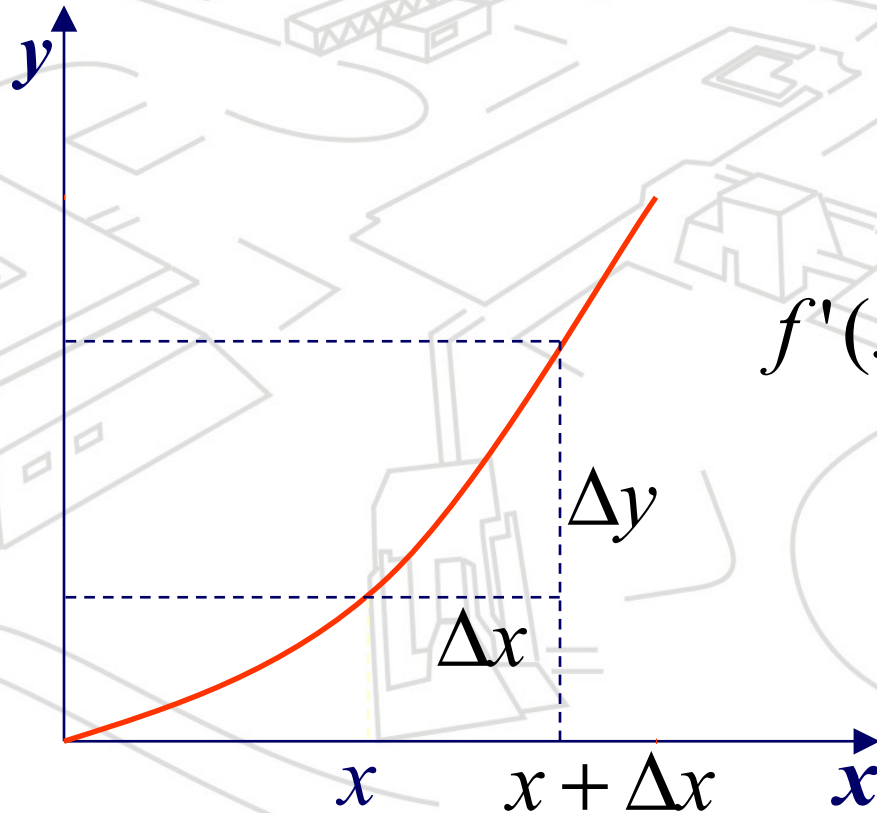




**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## Coeficiente de sensibilidade



$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}$$



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# Mensurando, Distribuições, Incertezas- padrão

**Mensurando:**  $y = f(x_i)$

- **Incertezas-padrão (grandezas de entrada)**

- **Avaliação Tipo A**

$$u(\bar{x}_i) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}}$$

- **Avaliação Tipo B**

$$u(x_i) = \frac{c}{\sqrt{3}} \text{ ou } \frac{c}{\sqrt{6}}$$

**onde c = estimativa**

$$u_{\text{certificado}} = \frac{U_{(\text{declarada})}}{k}$$



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Combinação de incertezas**

### **■ Incerteza-padrão combinada**

#### **➤ Incertezas não correlacionadas**

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i)$$

#### **➤ Incertezas correlacionadas**

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i c_j u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j)$$



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Coeficiente de correlação de Pearson**

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{\left[ n \sum x_i^2 - \left( \sum x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum y_i^2 - \left( \sum y_i \right)^2 \right]}}$$

**$r=1$  forte correlação entre as duas variáveis**

**$r=0$  independência completa entre as duas variáveis**

**Em geral:  $0,90 < r < 0,95$  correlação pobre**

**$0,95 < r < 0,99$  boa correlação**

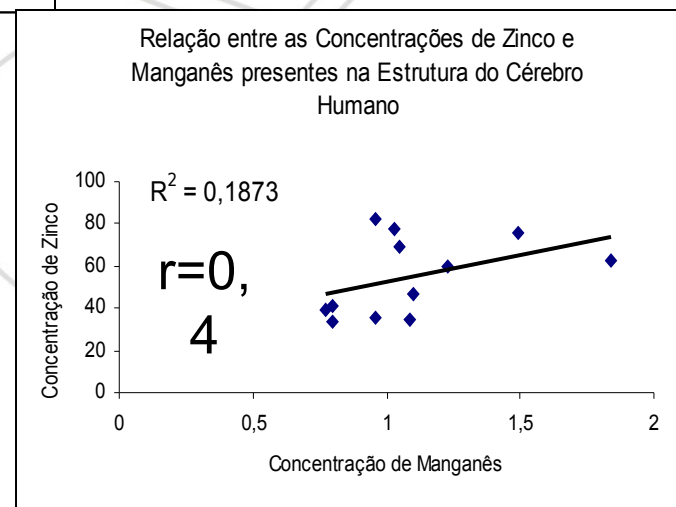
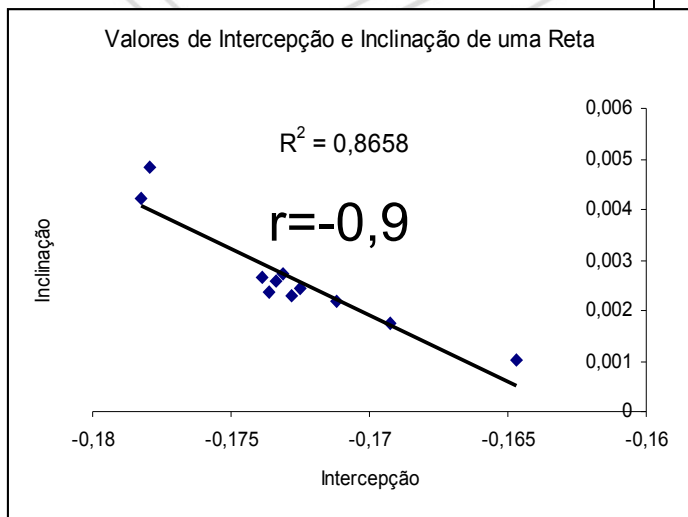
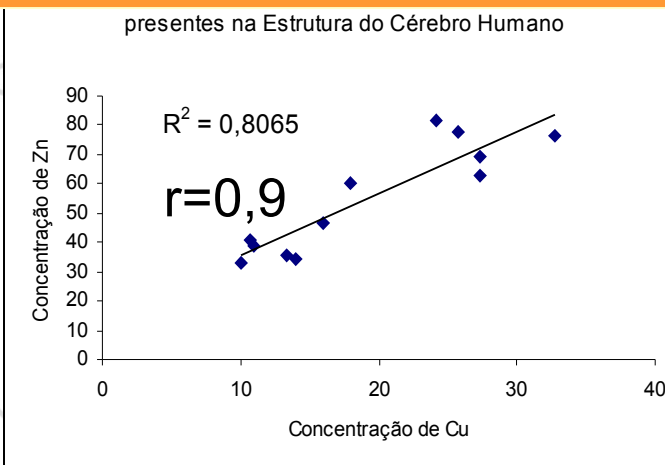
**$r > 0,99$  excelente correlação**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# Coeficiente de correlação de Pearson



## Graus de liberdade, Incerteza expandida

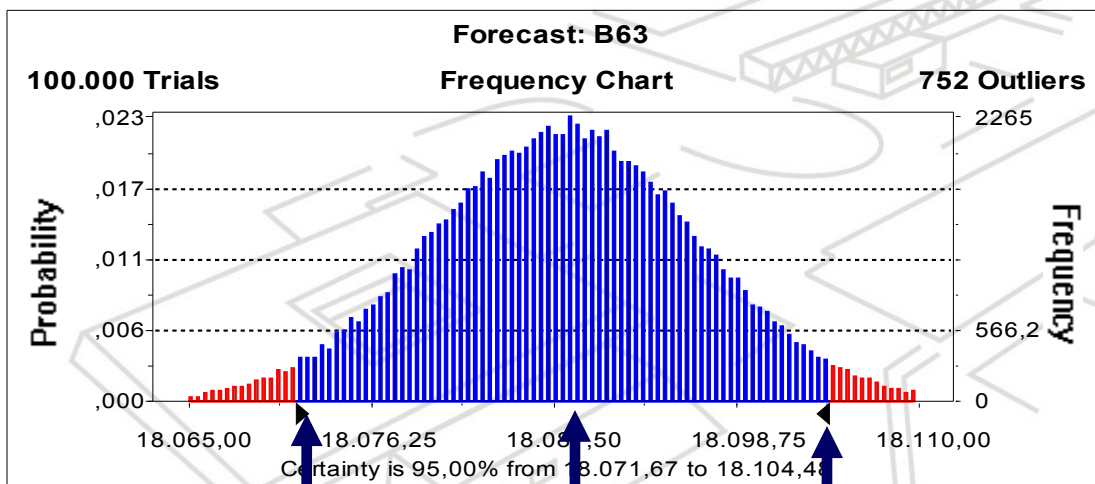
### ■ Graus de liberdade efetivos

$$v_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{v_i}} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{(c_i \cdot u(x_i))^4}{v_i}}$$

### ■ Incerteza expandida

$$U = k_{v,p} u_c$$

# Método de Monte Carlo



**LI**

**T**

**LS**

$$L S - L I = 4 \sigma$$

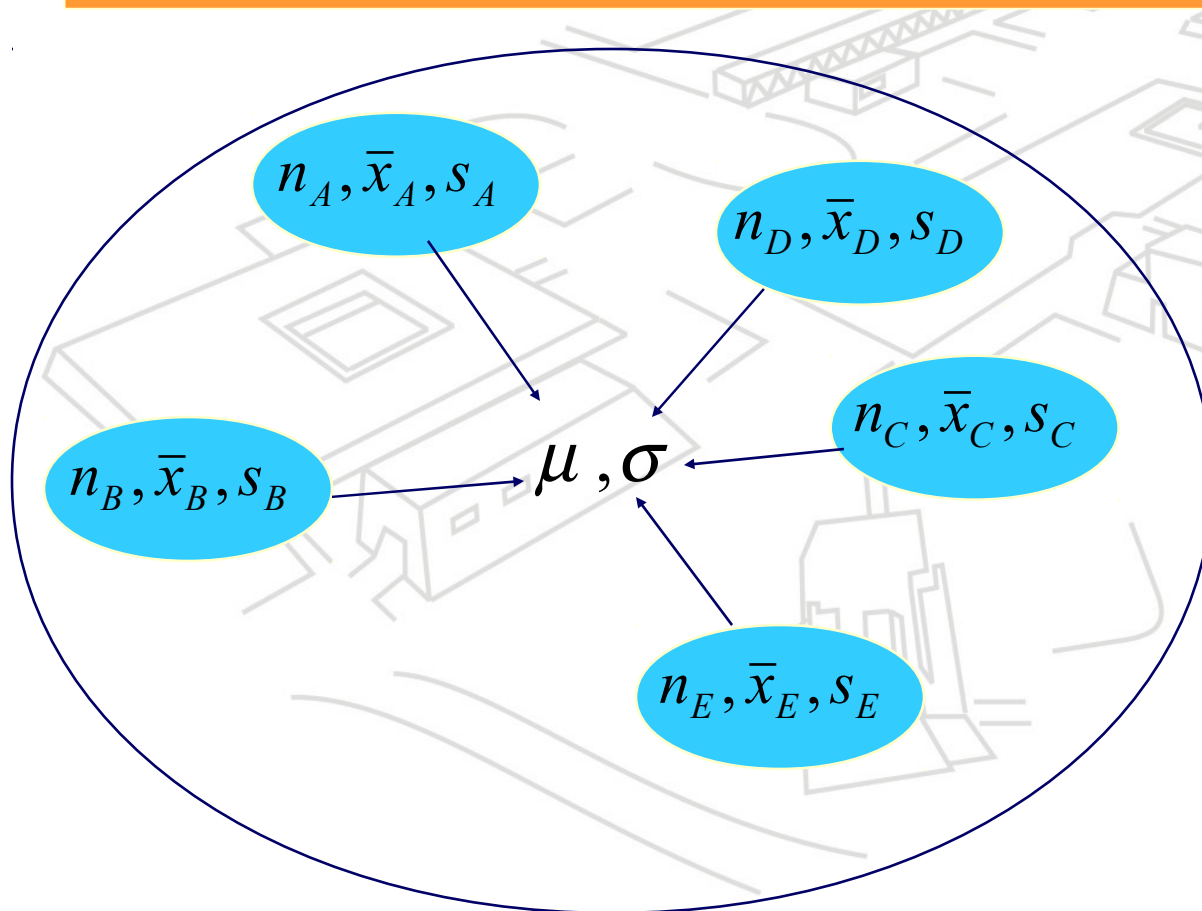
$$U ( p = 95,45 \% ) = \frac{L S - L I}{2}$$



“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”



## Resultado da medição e intervalo de confiança



$$IC = \bar{x}_i \pm t_{v_i p} \cdot \frac{s_i}{\sqrt{n_i}}$$





**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Metrologia e Qualidade nas células a combustível**

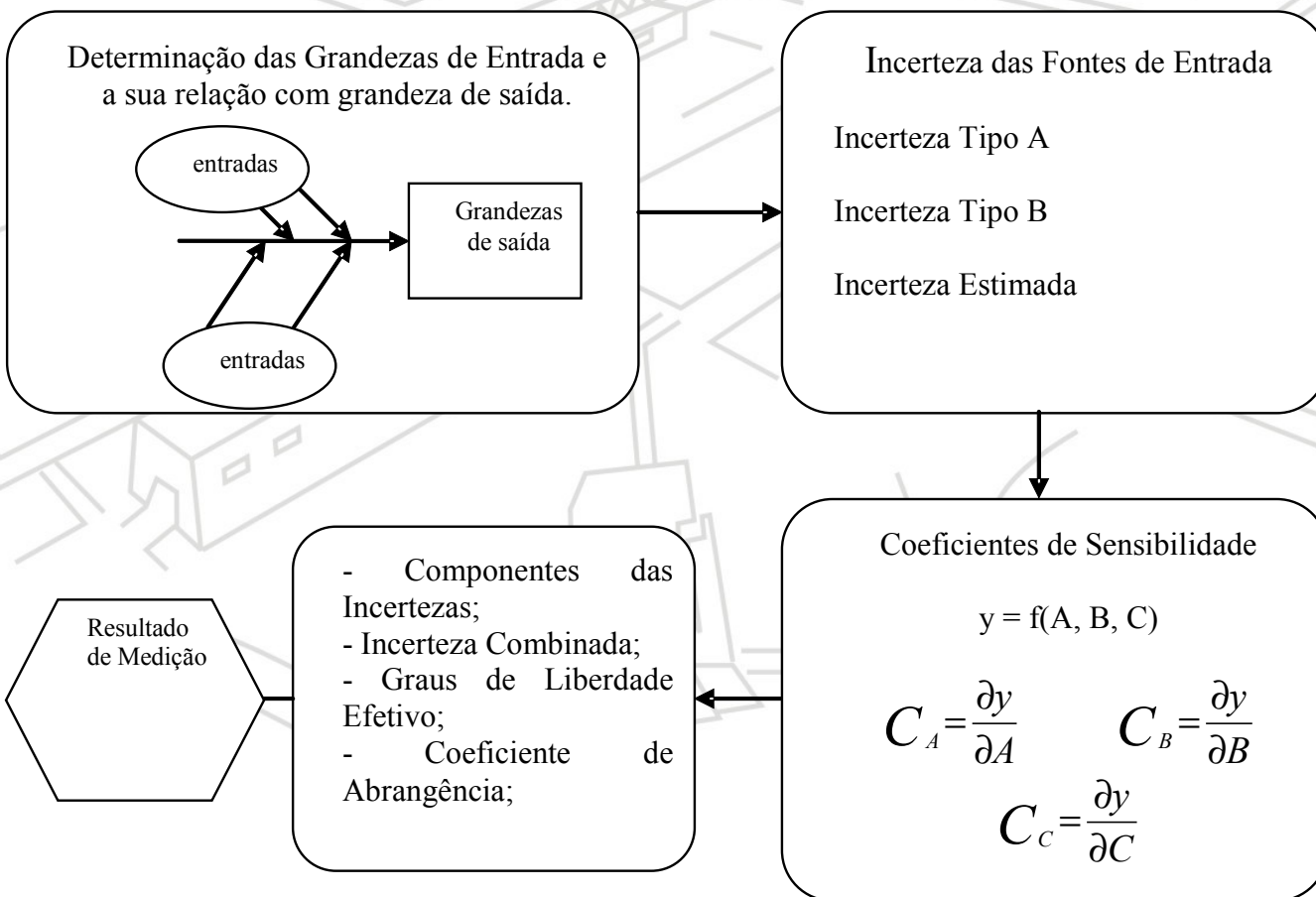
- ✓ **Várias tecnologias de hidrogênio energético e as CaCs já atingiram estágio demonstrativo.**
- ✓ **À medida que se passa da pesquisa e/ou desenvolvimento para a comercialização, aumenta a necessidade de seguir regulamentos, códigos, padrões e normas.**
- ✓ **A Metrologia impacta na confiabilidade dos experimentos, ou seja, das medições: Confiabilidade Metrológica.**
- ✓ **A Qualidade (avaliação da conformidade) se faz necessária quando um produto, processo ou sistema de CaCs é lançado no mercado ou é inovado.**



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# Célula a combustível SOFC – incerteza – modelamento





# SOFC – incerteza – modelamento 1

Equação Básica

$$\eta = \frac{\Delta G}{\Delta H}$$

## Fontes de Entrada

$$\Delta G = 237,1 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H = 285,8 \text{ kJ/mol}$$

## Incerteza das Fontes de Entrada

$$u_{\Delta G} = \frac{0,1}{\sqrt{3}} = 0,057735027 \text{ kJ/mol}$$

$$u_{\Delta H} = \frac{0,1}{\sqrt{3}} = 0,057735027 \text{ kJ/mol}$$



## **SOFC – incerteza – modelamento 2**

$$C_{i_{\Delta G}} = \frac{\partial \eta}{\partial \Delta G} = \frac{1}{\Delta H}$$

$$C_{i_{\Delta G}} = 0,00349895$$

$$C_{i_{\Delta H}} = \frac{\partial \eta}{\partial \Delta H} = -\frac{\Delta G}{\Delta H^2}$$

$$C_{i_{\Delta H}} = 0,002902733$$

**Componentes de Incerteza**

$$u_{\eta(\Delta G)} = C_{i_{\Delta G}} \cdot u_{\Delta G} = 0,000202012$$

$$u_{\eta(\Delta H)} = C_{i_{\Delta H}} \cdot u_{\Delta H} = 0,000167589$$



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **SOFC – incerteza – modelamento 3**

**Incerteza Combinada**

$$u_{\eta(\text{comb})} = \sqrt{u_{\eta(\Delta G)}^2 + u_{\eta(\Delta H)}^2} = 0,000262$$

**Graus de Liberdade Efetivo**

$$V_{\text{eff}} = 1000$$

**Coefficiente de Abrangência**

$$k = 1,962$$

**Incerteza Expandida**

$$u_{\eta(\text{exp})} = k \cdot u_{\eta(\text{comb})}$$

$$u_{\eta(\text{exp})} = 0,00052$$



**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **SOFC – incerteza – modelamento 4**

### **Resultado de Medição**

$$\eta = \frac{\Delta G}{\Delta H} \pm u_{\eta(\text{exp})}$$

$$\eta = \frac{237,1}{285,8} \pm 0,00052 = 0,82960112 \pm 0,00052$$

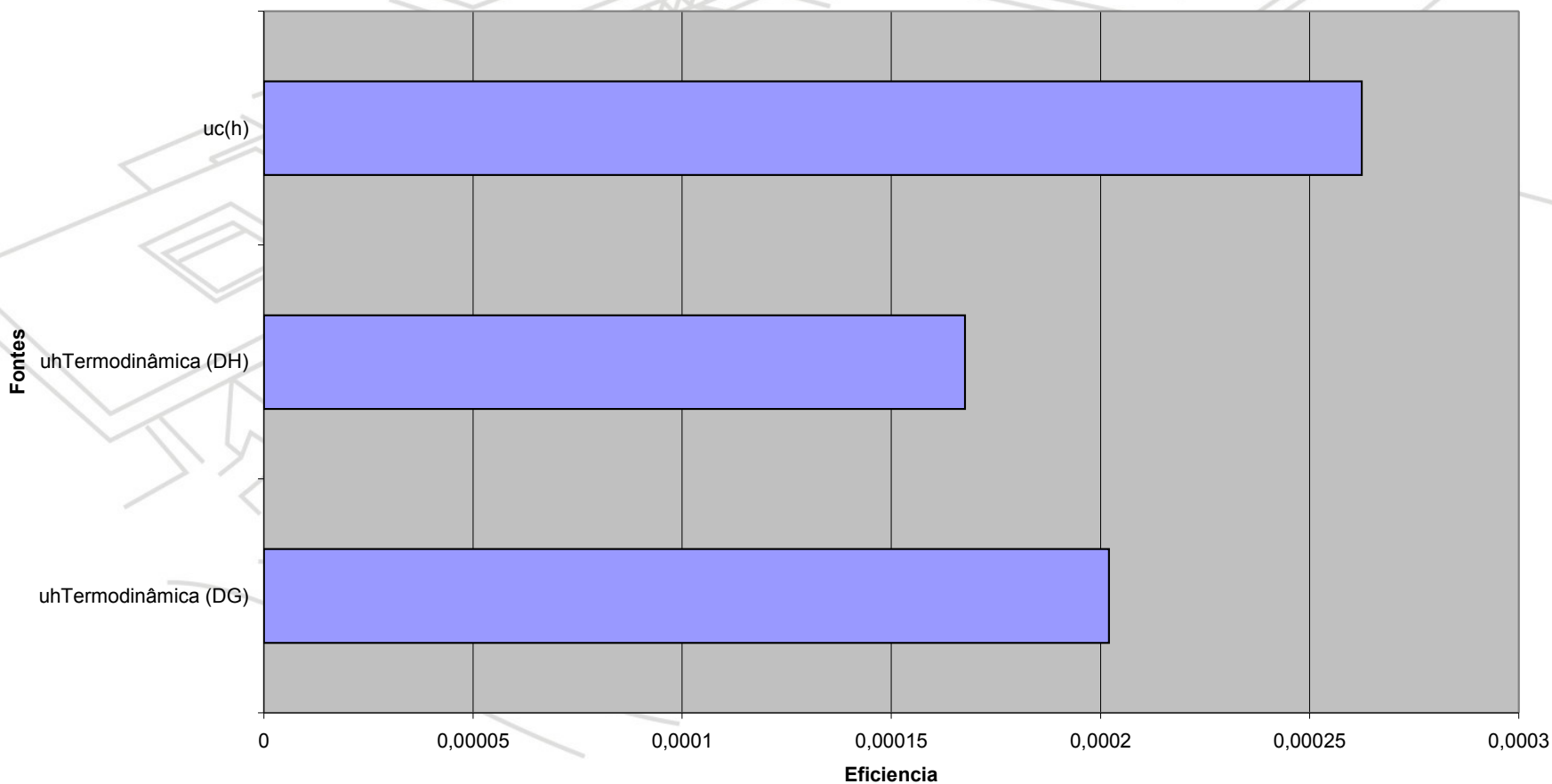


**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# SOFC – incerteza – modelamento 5

Banço das incertezas na Eficiência Termodinâmica





**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



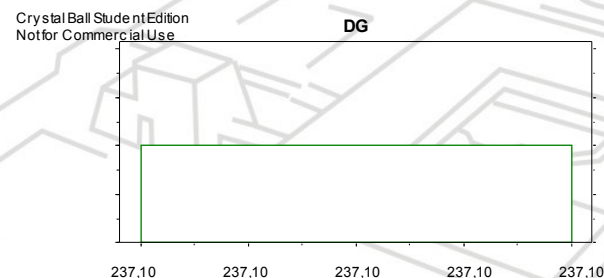
# SOFC – incerteza – modelamento 6

**Assumption: DG**

**Cell: B53**

Uniform distribution with parameters:

Minimum 237,10  
Maximum 237,10

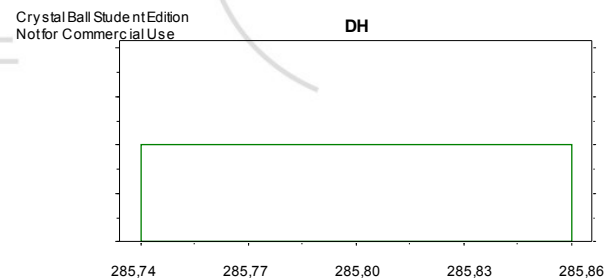


**Assumption: DH**

**Cell: B54**

Uniform distribution with parameters:

Minimum 285,74  
Maximum 285,86







**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# SOFC – incerteza – modelamento 7

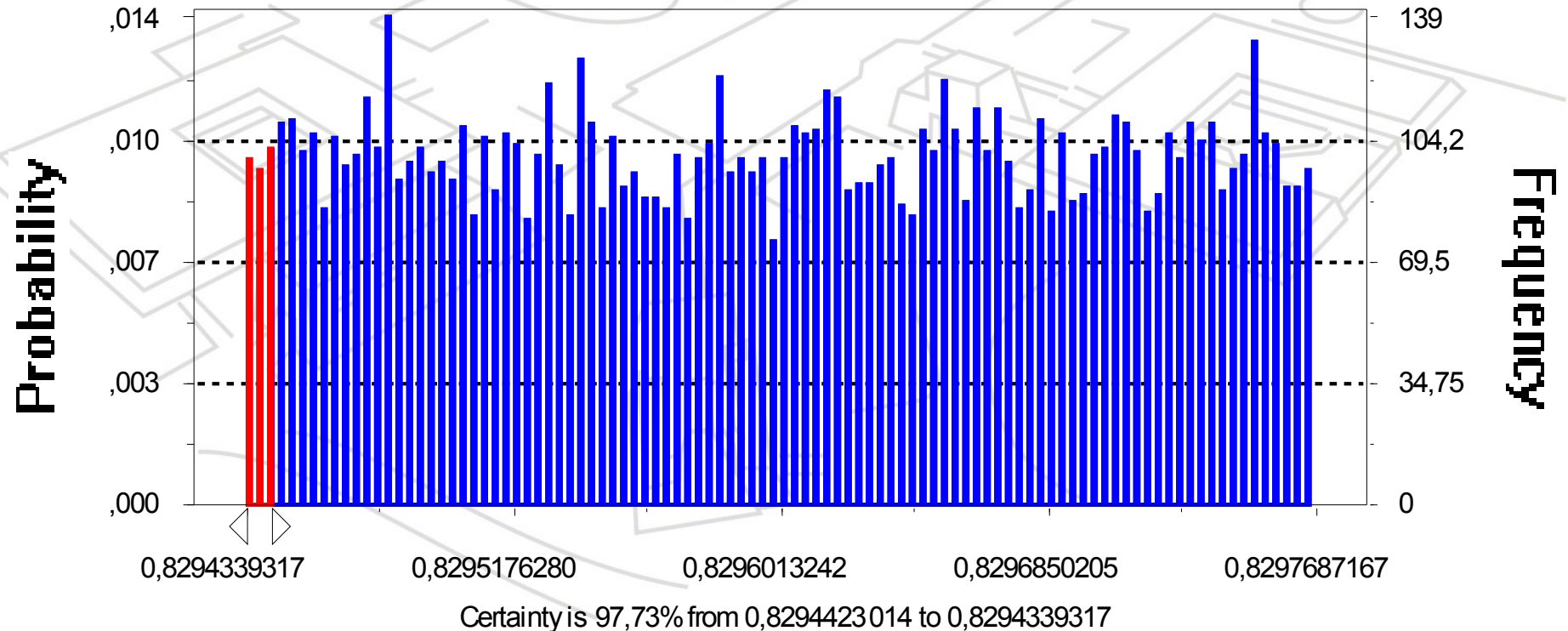
Crystal Ball Student Edition  
Not for Commercial Use

Forecast: hTermodinâmica

10.000 Trials

Frequency Chart

9.986 Displayed





**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# SOFC – incerteza – modelamento 8

mensurando (Eficiência Real)	$\eta_{real}$	0,599720533	
$\eta_{Termodinâmica}$	0,82960112		0,829863598
$E_{celula}$	0,7323 V		0,738073503
$E_{ideal}$	1,013 V		1,01357735
<b>fontes de entrada</b>			
$\eta_{Termodinâmica}$ Calculada	0,000262479		
<b>E celula</b> Estimativa	0,01 V		1,732050808
<b>E ideal</b> Calculada	0,001 V		1,732050808
<b>Resultado de medição</b>			
$\eta_{Real}$	0,599721	Li	Ls
		0,59039	0,60905

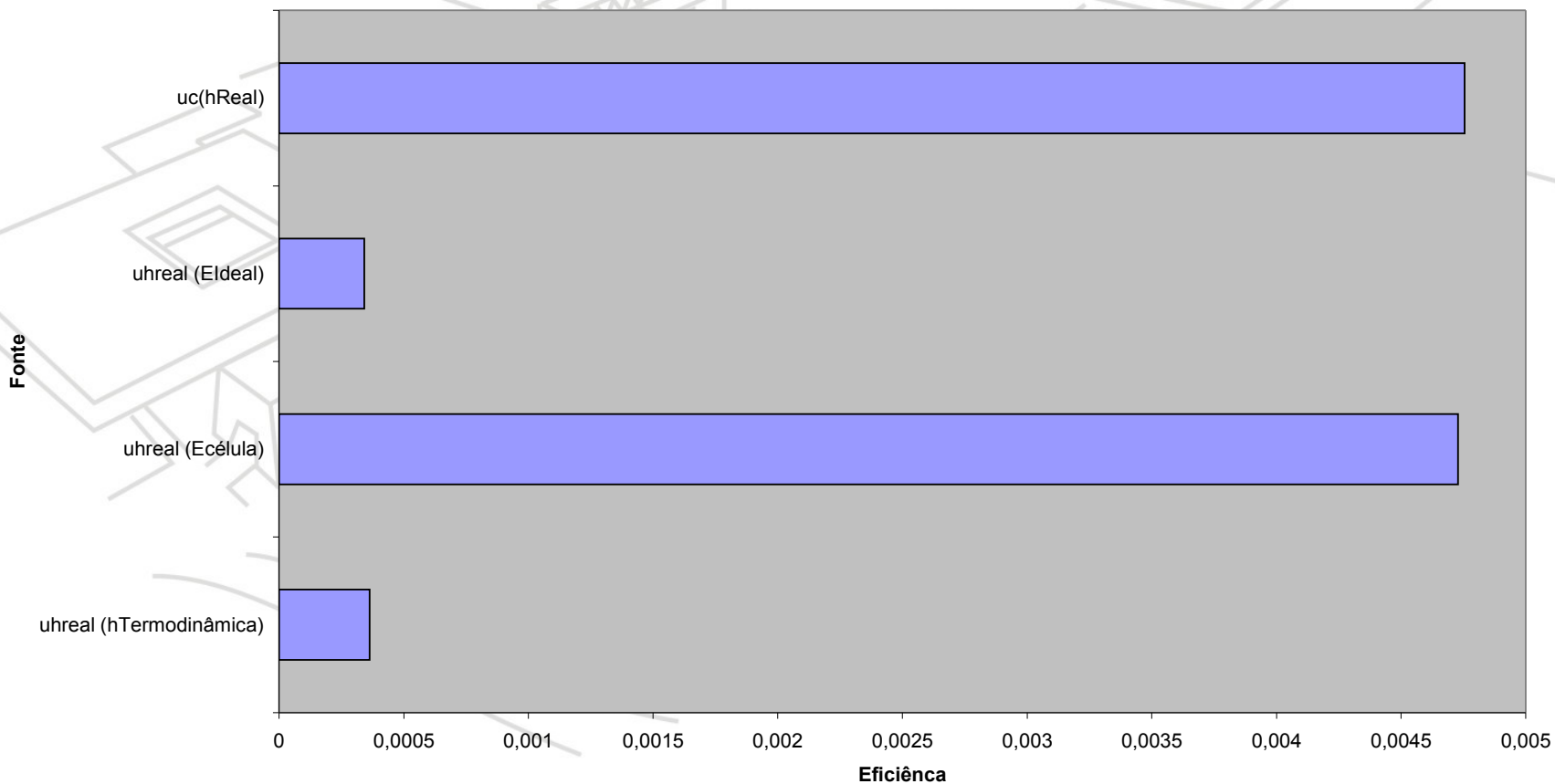


**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **SOFC – incerteza – modelamento 9**

Balanco das Incertezas da Eficiência Real

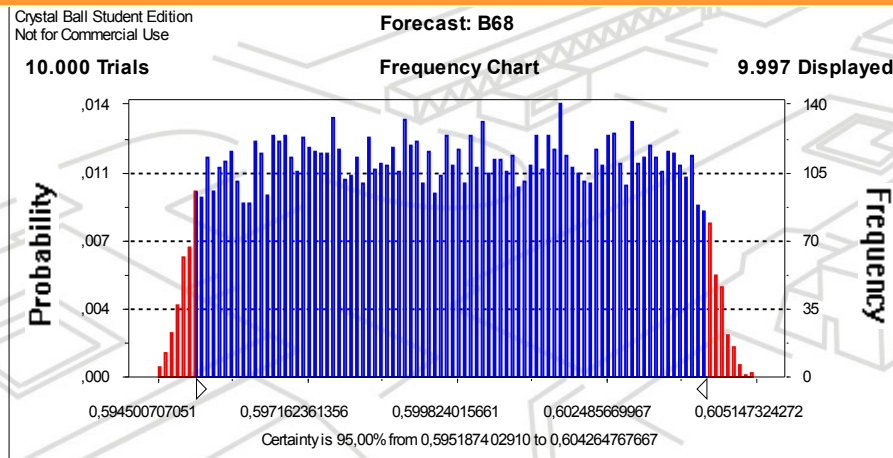




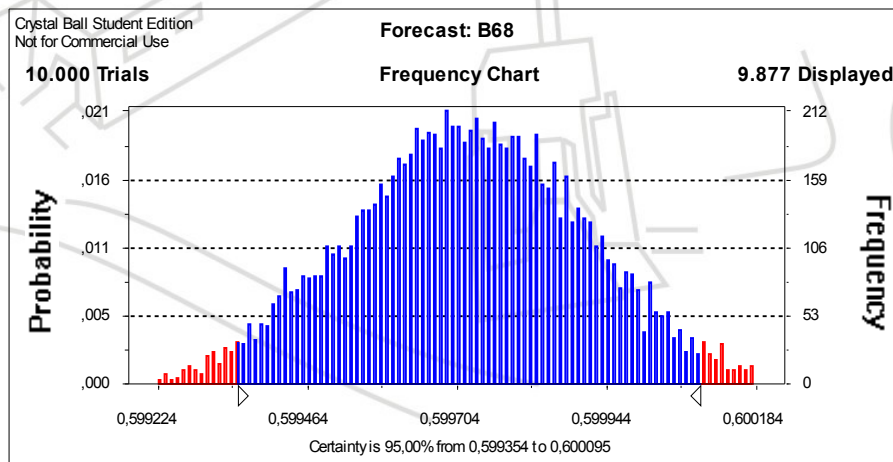
**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



# SOFC – incerteza – modelamento 10



**3 dígitos**



**7 dígitos**

# Guias de metrologia (BIPM),



© JCGM 2008

**“VIM”  
JCGM  
200:2008**

**“GUM  
Introdução”  
JCGM 104:2009**



First edition July 2009  
© JCGM 2009

**“GUM  
Avançado”  
JCGM 100:2008**



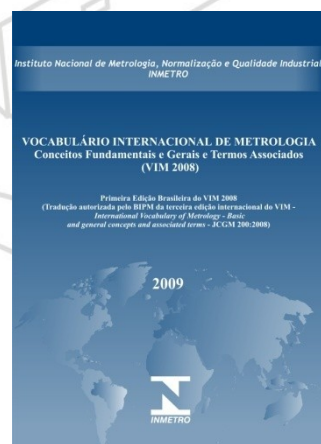
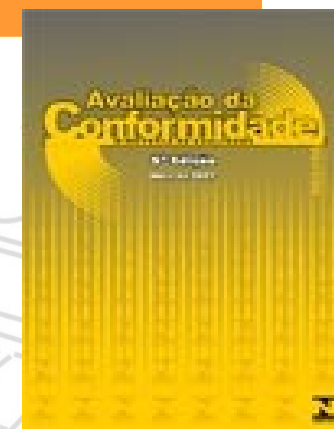
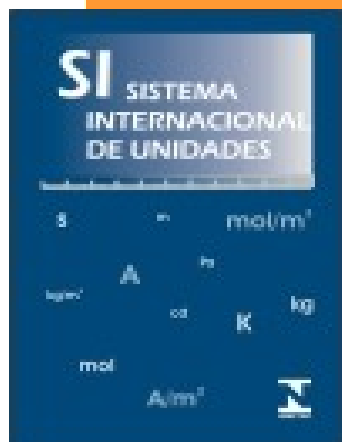
First edition September 2008  
© JCGM 2008

**“GUM  
Monte-Carlo”  
JCGM 101:2008**



First edition 2008  
© JCGM 2008

## Guias de M&Q do Inmetro:





**“Metrologia e  
Qualidade nas  
Medições de Células  
a Combustível”**



## **Parte do Campus do Inmetro (Dimci), em Xerém**

[www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br)  
[spoliveira@inmetro.gov.br](mailto:spoliveira@inmetro.gov.br)

