



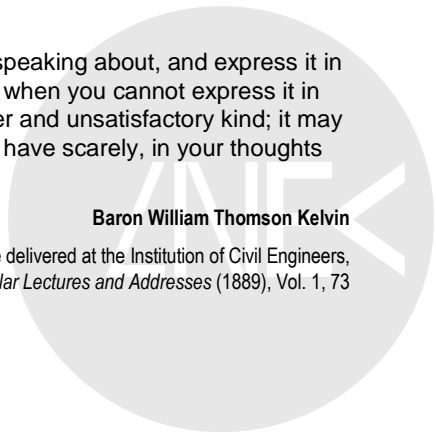






**Problemas de medição em Engenharia,
várias ciências ou a mesma ciência?
A perspectiva da Metrologia**

Autor:
A. Silva Ribeiro
Laboratório Nacional de Engenharia Civil,
Lisboa, Portugal

© LNEC 2006







Introdução

“When you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meager and unsatisfactory kind; it may be the beginning of knowledge, but you have scarcely, in your thoughts advanced to the stage of science.”

Baron William Thomson Kelvin

From 'Electrical Units of Measurement', a lecture delivered at the Institution of Civil Engineers, London (3 May 1883), *Popular Lectures and Addresses* (1889), Vol. 1, 73



© LNEC 2006



Dr. Terry Quinn
Director BIPM (1978-2003)

“ Na sociedade contemporânea existe uma vasta, frequentemente invisível, infraestrutura de serviços, fornecimentos, transportes e redes de comunicação. A sua existência é geralmente considerada como garantida mas a sua presença e operação discretas são essenciais na vida diária. Parte desta infraestrutura não visível é a metrologia, a ciência da medição”.

Dr. T. J. Quinn
Presidente do BIPM

(Conferência realizada em Tóquio, 14 de Outubro de 1993).



Medição & Metrologia

VIM – GUIA ISO/IEC 99:2007 – VERSÃO PORTUGUESA

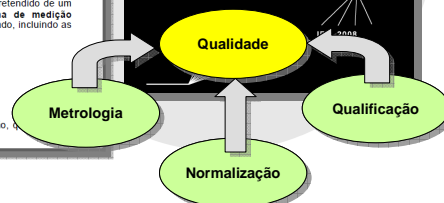
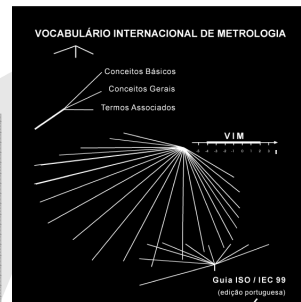
Capítulo 2: Medição

2.1 (2.1)
medição / measurement / mesurage ou mesure
processo experimental para obter um ou mais valores razoavelmente atribuíveis a uma grandeza

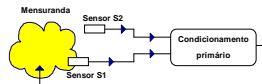
NOTA 1 A medição não se aplica a propriedades nominais.
NOTA 2 A medição implica a comparação de grandezas, incluindo a contagem de entidades.
NOTA 3 A medição pressupõe uma descrição da grandeza compatível com o uso pretendido de um resultado da medição, um procedimento de medição e um sistema de medição calibrado, a funcionar de acordo com o procedimento de medição especificado, incluindo as condições de medição.

2.2 (2.2)
metrologia / metrology / métrologie
ciência da medição e suas aplicações

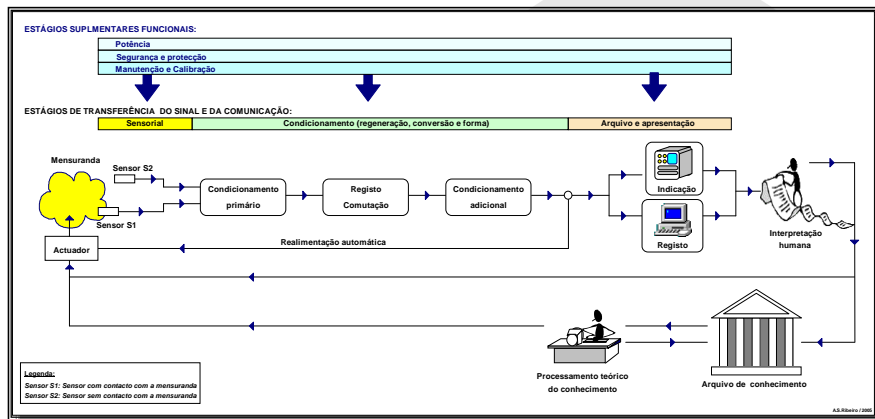
NOTA A metrologia compreende todos os aspectos teóricos e práticos da medição, seja a incerteza de medição e o domínio de aplicação.



Processo de medição



Processo de medição na investigação



Método científico

- a) Identificação e análise do problema ou situação.
- b) Formulação de uma hipótese explicativa.
- c) Experimentação – aquisição, processamento e controlo das variáveis no grupo em observação (experimental).
- d) Conclusão - confirmação da hipótese.

Experimentação

- Formulação de hipótese explicativa (modelos e métodos de medição)
 - Grandezas mensuráveis e conceito de escala de medição
- Conceção & Desenvolvimento de Instrumentação: (objetivo – qualidade da transdução)
 - Sensorização & Transdução
 - Atuação & Controlo
 - caracterização metrológica
- Observação experimental - (objetivo – confiança da informação primária)
 - Frequência de amostragem
 - Recolha e processamento de dados
 - Análise de séries temporais e espaciais
 - Avaliação de incertezas de medição associadas a modelos matemáticos
- Qualificação / Avaliação da exatidão: (objetivo – qualidade das observações)
 - Parametrização
 - calibração & rastreabilidade

Caracterização metrológica

A caracterização de um instrumento de medição pode ser efetuada de acordo com duas perspectivas: **físicas e características**

Segundo [Rabinovich] características que podem ser atribuídas ao instrumento para efetuar medições com exatidão conhecida, ou com incerteza conhecida.

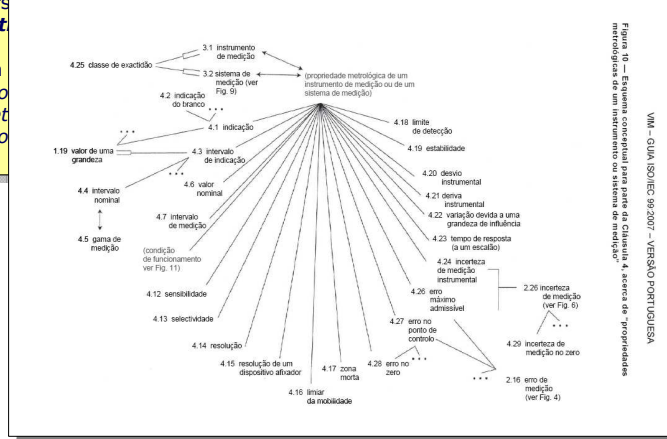


Figura 10 – Esquema hierárquico para parte 4, Capítulo 4, acerca de propriedades metrológicas de um instrumento ou sistema de medição

VIM – GUIA ISO/IEC 99:2007 – VERSÃO PORTUGUESA

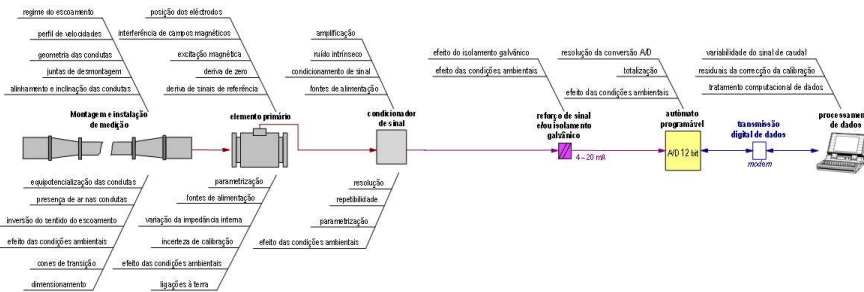
© LNEC 2006



Caracterização metrológica - exemplo

Medição de caudal de água para abastecimento em condutas sob pressão
Cliente: EPAL

Componente metrológica: Qualidade da Medição
caracterização metrológica do sistema usando caudalímetros eletromagnéticos



Estudo LNEC: J. Duarte Henriques (DHA), J. Palma (NSE/CIC), A. S. Ribeiro (NQM/CIC)

© LNEC 2006



Modelo funcional e incerteza de medição

Estimativa da incerteza





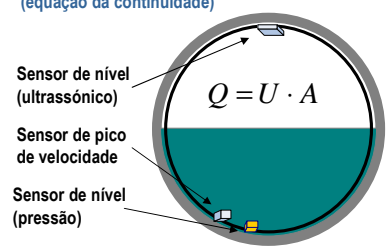
© LNEC 2006

recursos naturais e energia
LNEC - Lisboa 2019/6/19 20m/17p/2006

Modelo funcional e incerteza de medição - exemplo

Medição de caudal volumétrico (escoamentos em superfície livre)
Cliente: SANEST
Componente metrológica: Qualidade da Medição / Avaliação do SGQ

Método de Área-Velocidade
(equação da continuidade)

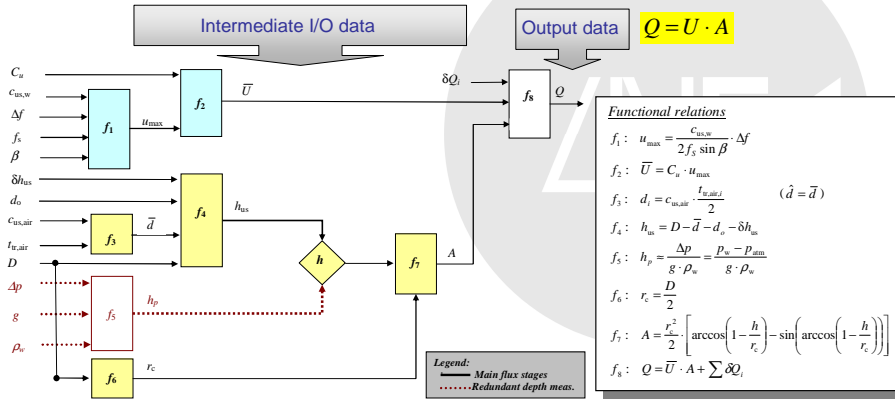


Estudo LNEC: M. Céu Almeida (DHA), J. Palma (NSE/CIC), A. S. Ribeiro (NQM/CIC)

Modelo funcional e incerteza de medição - exemplo

Medição de caudal volumétrico (escoamentos em superfície livre)

Análise funcional



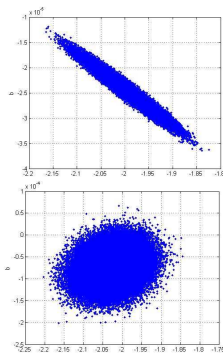
© LNEC 2006



Modelo funcional e incerteza de medição - exemplo

Medição de caudal volumétrico (escoamentos em superfície livre)

Aplicação do Método de Monte Carlo na avaliação de incertezas de medição



Correlação entre grandezas

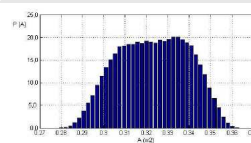


Figure 8. Output PDF for the cross-section "wet" area

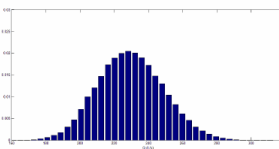


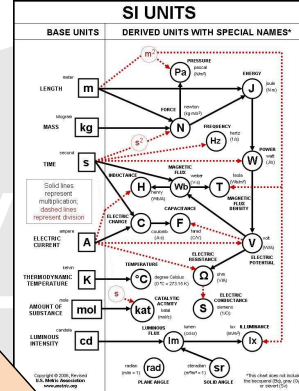
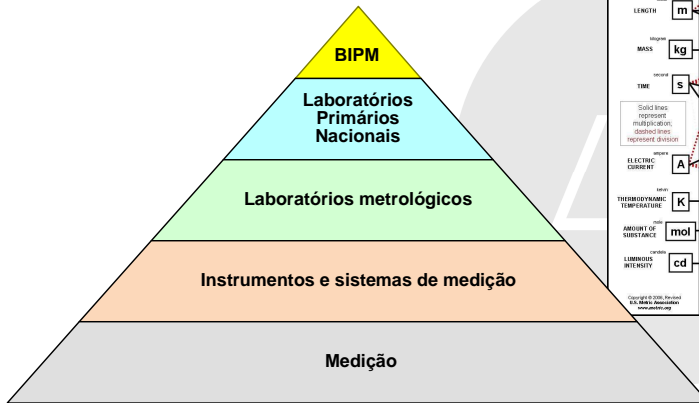
Figure 10. Flow rate output PDF for $u(\beta) \pm 5\%$

Avaliação de incertezas de medição

© LNEC 2006



Calibração & Rastreabilidade



© LNEC 2006

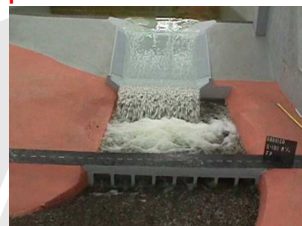
Calibração & Rastreabilidade - exemplo



Caudal, nível e velocidade



Estação (temperatura, humidade, barometria, pressão, ...)



Grandezas dimensionais e geométricas



Caudal (Parshall)



Parâmetros de qualidade



Caudalímetros eletromagnéticos



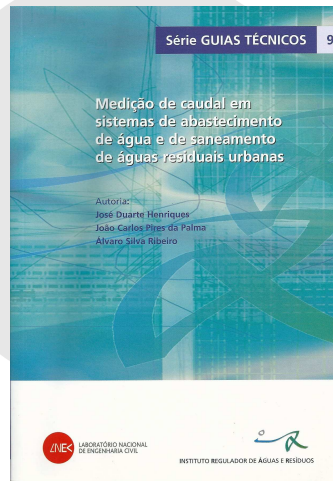
Precipitação (volume)



© LNEC 2006

Os desafios da Metrologia no contexto da Engenharia Civil

- **Qualidade da medição**
 - ✓ rastreabilidade
 - ✓ exatidão
 - ✓ validação (modelos e métodos)
- **Relação simbiótica multidisciplinar**
 - ✓ novas perspetivas de abordagem
 - ✓ novos processos de análise
- **Disseminação de conhecimento**
 - ✓ qualificação de recursos humanos
 - ✓ boas práticas de medição



© LNEC 2006

LNESC - Lisboa 2019/6/19 20m/17p/2019

Os desafios da Metrologia no contexto da Engenharia Civil

Competências:

- instalações especializadas para atividade metrológica aplicada em EC;
- padrões de referência para instrumentação aplicada em EC;
- consultoria especializada;
- caracterização metrológica (aplicada a instrumentação científica, a protótipos e a componentes físicas de instalações);
- apoio na validação de modelos e de métodos;
- exatidão, base da confiança (avaliação de incertezas);
- rastreabilidade das medições (laboratório e ensaios de campo).



© LNEC 2006

LNESC - Lisboa 2019/6/19 20m/17p/2019

jornadas engenharia para a sociedade
investigação e inovação

LNEC LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Os desafios da Metrologia no contexto da Engenharia Civil



Advanced Mathematical and Computational Tools
in Metrology and Testing
(AMCTM 2011)



EMRP
European Metrology Research Programme
Programme of EURAMET

The EMRP is jointly funded by the EMRP participating countries within EURAMET and the European Union



eurolab aisbl

International Measurement Confederation
IMEKO
Technical Committee 9
TC - 9



IMEKO
International Measurement Confederation
TC12
Temperature and Thermal Measurements



SPMet
Sociedade Portuguesa de Metrologia




International Measurement Confederation
IMEKO
Technical Committee 9
TC - 9
Flow Measurement



recursos naturais e energia
LNEC - Lisboa 2012/6/29/20ma/pt/2012

© LNEC 2006

Obrigado pela atenção.



LNEC LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

www.LNEC.pt

recursos naturais e energia
LNEC - Lisboa 2012/6/29/20ma/pt/2012

© LNEC 2006