

Revista
MEDIÇÕES E ENSAIOS

www.spmet.pt

SPMet

Sociedade Portuguesa
de Metrologia



SPMet

Sociedade Portuguesa
de Metrologia

Conselho Editorial:

Paulo Cabral
Elsa Batista
Florabela Dias
Olivier Pellegrino
Luís Ribeiro

Propriedade e Redação:
Sociedade Portuguesa de
Metrologia

Contactos:

Estrada do Paço do Lumiar
Campus do Lumiar - Edifício D,
1.º andar, 1649-038 Lisboa
Portugal
NIPC: 506 461 696
geral@spmet.pt
www.spmet.pt

Secretariado:
spmet.contabilidade@sapo.pt
TLM: +351 965 030 950

Distribuição

Eletrónica

ISSN 2182-5424

Os artigos assinados são da
responsabilidade dos seus
autores.

Imagem de Capa

Secção transversal de um
varão de *Glass Fibre
Reinforced Polymer*,
nervurado.

Índice

Editorial 1

— ARTIGOS —

Medição Óptica de Varões de GFRP para Estruturas de Betão Armado
L. L. Martins, R. Mendes, A. Pinheiro, A. S. Louro, S. Cabral-Fonseca ... [2](#)

Desafios na medição da tensão superficial em soluções artificiais e padrão de água do mar
M. Serra, S. Moura, R. Quendera, O. Pellegrino [13](#)

Metrologia como Apoio à Cirurgia Oftálmica a laser
T. Farinha, M. Inácio, C. Simões [18](#)

Contributos da Comissão Técnica de Normalização CT124 para a Sustentabilidade
V. Ramos [22](#)

As “Artes” do Museu - Da Paleografia e Arqueologia... à Inteligência Artificial
A. Neves [29](#)

— ATUALIDADE —

A Química das Medições
Ricardo Bettencourt da Silva [39](#)

Metrologia no Quotidiano
Luís Ribeiro [42](#)

Metrologia e Ciência
Elsa Batista [43](#)

Clicks Metrológicos
Luís Ribeiro [44](#)

Monografias [45](#)

— DIVULGAÇÃO —

Projeto europeu *PlasticTrace*
Raquel Quendera [46](#)

Próximos Eventos [47](#)

Caro leitor,

É com muita satisfação que trazemos até si o número 18 da Revista Medições e Ensaios, publicação periódica da Sociedade Portuguesa de Metrologia (SPMet) que reúne alguns dos melhores trabalhos que são produzidos pela comunidade metrológica portuguesa. Com o número 18 podemos dizer que a Revista atinge a sua maioridade, facto de que a SPMet muito se orgulha.

Aqui poderá encontrar alguns dos trabalhos que foram apresentados no 9.º Encontro Nacional da SPMet, que se realizou no Instituto Superior de Engenharia do Porto em 25 de outubro de 2024.

Encontrará também informações técnicas de grande interesse, nas rubricas habituais, para além de diversas notícias sobre os próximos acontecimentos mais relevantes para todos quantos se interessam pela ciência da medição.

O Conselho Diretivo da SPMet agradece aos autores que disponibilizaram os seus trabalhos para publicação neste número. Uma palavra de apreço igualmente para o Conselho Científico, que assegura o rigor e a qualidade de tudo o que a SPMet publica.

Esperamos que os conteúdos deste número sejam do seu agrado e que o estimulem a enviar-nos conteúdos para as próximas edições.

Boa leitura!

Paulo Cabral

Presidente do Conselho Diretivo da SPMet

SPMet

ISSN 2182-5424

| n.º 18 | Abril 2006 |

FAÇA-SE SÓCIO

A SPMet tem quatro categorias de associados:

- **ASSOCIADOS HONORÁRIOS** - pessoas singulares ou coletivas às quais, pela sua categoria científica, a SPMet entenda dever conferir este testemunho de consideração.
- **ASSOCIADOS EFETIVOS** - pessoas singulares cuja atividade se processe no domínio da Metrologia ou das Ciências.
- **ASSOCIADOS INSTITUCIONAIS** - as entidades com atividade no domínio do ensino, da investigação, da indústria ou outros de algum modo relacionados com a Metrologia
- **ASSOCIADOS ESTUDANTES** - as pessoas singulares que frequentam o ensino superior e se interessam pelo estudo da Metrologia ou das Ciências afins

O número de associados de qualquer das categorias mencionadas nos números anteriores não será limitado.

Estão disponíveis no seguinte endereço

http://www.spmet.pt/documentos/ficha_institucional.pdf

as respetivas fichas de inscrição que, depois de devidamente preenchidas e enviadas para o secretariado de direção, serão analisadas para validação.

Medição Óptica de Varões de GFRP para Estruturas de Betão Armado

(Optical measurement of GFRP rods for reinforced concrete structures)

L. L. Martins, R. Mendes, A. Pinheiro, A. S. Louro, S. Cabral-Fonseca

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa

lfmartins@lnec.pt

Resumo

Este artigo apresenta uma análise crítica da medição óptica de varões de GFRP (*Glass Fibre Reinforced Polymer*) nervurados, designadamente, das mensurandas diâmetros maior e menor, altura da nervura e distância entre nervuras, as quais caracterizam a geometria deste tipo de material de construção não metálico aplicado em estruturas de betão armado. Neste âmbito é descrita a abordagem de medição óptica aplicada, sendo apresentados e discutidos os resultados obtidos, nomeadamente, as estimativas e incertezas de medição e a influência dos parâmetros operacionais associados ao equipamento de medição utilizado.

Palavras-Chave: medição óptica; varão; GFRP; betão armado

Abstract

This paper presents a critical analysis of the optical measurement of GFRP – Glass Fibre Reinforced Polymer ribbed rods, namely, the measurands major and minor diameters, rib height and distance between ribs, which characterize the geometry of this type of non-metallic construction material applied in reinforced concrete structures. In this context, the applied optical measurement approach is described, and the obtained results are presented and discussed, including the measurement estimates and uncertainties, and the influence of operational parameters related to the used measurement equipment.

Keywords: optical measurement; rod; GFRP; reinforced concrete

1. Introdução

O betão armado é um material de construção, cuja origem remonta à segunda metade do século XIX, sendo atualmente utilizado, de forma corrente e dominante, na construção de inúmeros edifícios, pontes, viadutos, estruturas e outras obras com significativa relevância na nossa sociedade. Contudo, este tipo de material é frequentemente afetado pela corrosão do aço que o constitui, sobretudo em ambiente quimicamente agressivo

(marítimo e industrial, por exemplo), diminuindo a sua durabilidade e suscitando a necessidade de reabilitação precoce das construções [1].

Nos últimos anos, tem-se observado um interesse crescente na utilização de varões não metálicos para armaduras de betão, de onde se destacam os varões constituídos por uma matriz polimérica reforçada com fibras de vidro (GFRP, da sigla em língua inglesa *Glass Fibre Reinforced Polymer*), que aliam a sua excelente resistência à tração com uma elevada resistência à corrosão [2].

Nesta aplicação, a aderência entre o varão de GFRP e o betão é um dos aspetos mais relevantes, pelo impacto que tem no comportamento do elemento de betão armado, uma vez que é nesta interface que deverá ser garantida a transferência de tensões e a compatibilidade das deformações [1]. A componente mecânica da aderência é sobretudo condicionada pelo tipo de superfície do varão de GFRP, em particular no caso de varões nervurados. O conhecimento rigoroso da geometria deste tipo de varões é determinante para: (i) o projeto das nervuras dos varões que otimizem a sua aderência ao betão; (ii) o controlo de qualidade do processo de fabrico dos varões; (iii) a avaliação no âmbito de processos de certificação, enquanto material de construção.

O recurso a sistemas ópticos automatizados para a medição das características geométricas de varões, designadamente das nervuras, é uma prática corrente no caso de varões metálicos (*vide* figura 1). Contudo, a sua aplicação a varões de GFRP não é imediata, desconhecendo-se o seu desempenho metrológico na realização destas medições, que apresentam uma interação com a luz distinta da dos varões metálicos, acrescida do facto de existirem diferentes tipos de materiais constituintes (fibras, cargas e aditivos) e geometrias distintas de nervuras, conforme se mostra na figura 2.



Figura 1: Exemplo de varões metálicos de aço nervurados



Figura 2: Diversidade de varões de GFRP nervurados

Este artigo ilustra o contributo da Metrologia e da sua aplicação na melhoria da sustentabilidade das construções em betão armado, ao efetuar uma análise crítica da medição óptica de varões de GFRP nervurados. Nas secções seguintes é descrito o atual estado da arte na medição óptica de varões para armaduras de betão, sendo promovida a descrição da abordagem de medição óptica aplicada neste estudo, nomeadamente, no que se refere ao objeto medido, mensurandas, equipamento e procedimento de medição. Neste âmbito, são apresentados e discutidos os resultados das medições efetuadas em diversos varões de GFRP nervurados, nomeadamente, as estimativas e incertezas de medição e quantificada a influência dos parâmetros operacionais associados ao equipamento de medição utilizado.

2. Estado da arte

Atualmente a medição de varões metálicos para armaduras de betão é efetuada de forma automática com base no recurso a sistemas ópticos (*vide* figura 3), compostos por duas ou três câmaras (incluem sensores de imagem e lentes telecêntricas) com posições e orientações conhecidas relativamente ao objeto medido, o qual está sujeito a iluminação artificial.



Figura 3: Sistema de medição óptica de varão metálico

Em regra, este tipo de sistemas de medição permite a aquisição de imagens digitais do varão metálico, recorrendo a algoritmos computacionais para a deteção de arestas e a determinação das respetivas coordenadas espaciais bidimensionais para a medição de grandezas dimensionais e angulares. De forma complementar, podem igualmente dispor de um sistema adicional de triangulação laser para a medição específica da altura e largura de nervuras longitudinais.

Neste tipo de sistemas de medição, a rastreabilidade ao Sistema Internacional de Unidades (SI) no domínio do comprimento é, em regra, assegurada através de calibração com recurso a uma medida materializada (varão metálico com marcações de referência) a qual constitui um padrão de transferência. O quadro 1 ilustra as especificações típicas de um sistema óptico dedicado à medição de varões metálicos com diâmetro nominal compreendido entre 4 mm e 55 mm e comprimento entre 200 mm e 1000 mm [3].

Quadro 1: Especificações típicas de um sistema de medição óptica de varões metálicos

Mensuranda	Intervalo de medição	Exatidão instrumental
Altura da nervura	[0 mm; 10 mm]	0,01 mm
Distância entre nervuras	[2 mm; 420 mm]	0,10 mm
Distância entre linhas	[0 mm; 35 mm]	0,05 mm
Inclinação da nervura	[35°; 90°]	1°
Inclinação do flanco	[35°; 90°]	2°

Para além das medições totalmente automáticas, este tipo de sistema apresenta igualmente, como vantagem, o recurso a aplicação computacional dedicada a varões metálicos, desenvolvida de acordo com o enquadramento normativo em vigor a nível europeu e internacional [4].

Contudo, é atualmente desconhecido o seu desempenho metrológico na realização de medições em varões de GFRP nervurados constatando-se, igualmente, uma reduzida flexibilidade operacional para o ajustamento das condições de iluminação ótimas para a observação deste tipo de material compósito, caracterizado por uma elevada diversidade de acabamentos superficiais. Este facto pode potenciar uma degradação da eficácia do processamento automático das imagens na deteção de arestas (por exemplo em varões de GFRP com revestimento translúcido) e, conseqüentemente, da exatidão da medição efetuada.

3. Medição óptica de varões de GFRP

Neste estudo foi efetuada a medição óptica de quatro amostras de varões de GFRP nervurados (marca “The Light Rebar Company”, modelos LRC6mm, LRC8mm, LRC10mm e LRC12mm), com comprimento de 500 mm e diâmetros nominais compreendidos entre 6 mm e 12 mm, ilustrados nas figuras 4 e 5, constituídos por:

- núcleo formado por uma matriz polimérica reforçada com fibras de vidro, dispostas numa orientação unidirecional, ao longo do eixo do varão;
- encamisamento do núcleo, constituído por uma malha entrançada de filamentos poliméricos, sobre a qual se encontra um enrolamento helicoidal que forma as nervuras do varão, unidos por uma matriz polimérica.

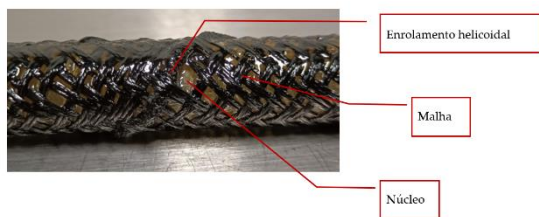


Figura 4: Elementos constituintes do varão de GFRP nervurado

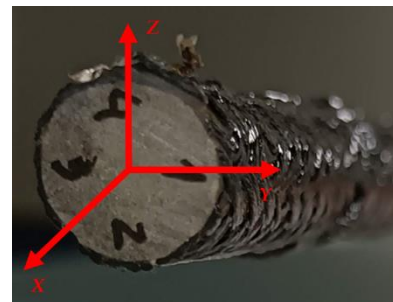


Figura 5: Secção transversal do varão de GFRP nervurado, com a id. dos perfis medidos

Para a realização das medições, foram definidas quatro mensurandas de interesse para o tipo de varão em estudo (*vide* representação esquemática na figura 6):

- o diâmetro maior, englobando as contribuições dimensionais do núcleo, malha de revestimento e enrolamento helicoidal;
- o diâmetro menor, no qual não se considera o enrolamento helicoidal, comparativamente com o diâmetro maior;
- a altura da nervura decorrente do entrelaçamento do enrolamento helicoidal na malha de revestimento;
- a distância entre nervuras consecutivas no varão.

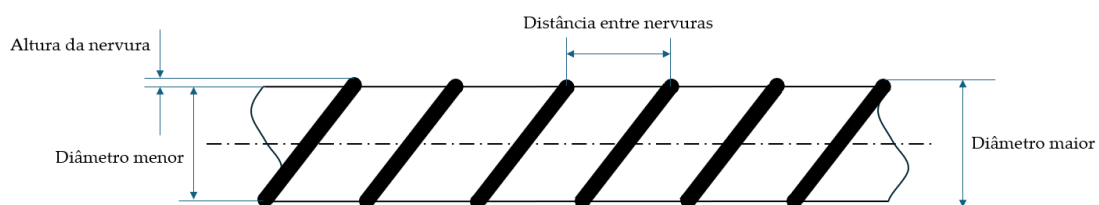


Figura 6: Representação esquemática das mensurandas

O sistema óptico utilizado neste estudo (marca Mitutoyo, modelo QV-X3002P1L-C) constitui um equipamento de referência laboratorial utilizado, de forma genérica, para a realização de medições dimensionais, geométricas e angulares em materiais de engenharia, componentes de maquinaria, estruturas e produtos, não sendo de uso específico em varões para armaduras de betão.

Este equipamento dispõe de capacidade de medição tridimensional (300 mm × 200 mm × 200 mm) recorrendo, para este efeito, a uma câmara e mesa de trabalho instaladas sobre três eixos ortogonais de medição linear, instrumentados com sensores de deslocamento com elevada exatidão instrumental (5 µm) e resolução (0,1 µm). O seu sistema de iluminação artificial permite a selecionar a incidência de luz no objeto medido a partir da mesa de trabalho (luz branca) ou a partir da câmara (luz coaxial vermelha, verde ou azul) e uma ampliação óptica compreendida entre 2,5× e 15×. A aplicação computacional associada a este sistema óptico permite efetuar a deteção de arestas em imagens digitais e a determinação das respetivas coordenadas espaciais tridimensionais com interesse no objeto visualizado, bem como desenvolver rotinas de medição automática. A sua rastreabilidade ao SI no domínio do comprimento é assegurada por calibração com recurso a régua óptica linear, blocos padrão e máscara de referência.

Comparativamente com os sistemas ópticos dedicados exclusivamente à medição de varões metálicos, o equipamento utilizado neste estudo apresenta como vantagem a sua capacidade de ajustamento da intensidade da iluminação artificial ao tipo de varão de GFRP sujeito a visualização, o qual pode apresentar diferentes tipos de elementos constituintes (núcleo, revestimento e enrolamento). Dispensa, igualmente, a necessidade de um sistema complementar de triangulação laser para a medição de nervuras longitudinais.

Em seguida são enumeradas, como desvantagens na sua utilização, os seguintes pontos:

- a necessidade de desenvolvimento de uma rotina computacional dedicada para a medição automática de dois perfis (diametralmente opostos) de pontos na superfície do varão;
- como o equipamento não possui dispositivo de rotação automática, a dimensão da amostra de perfis medidos é limitada pela necessidade de rotação manual do varão sujeito a medição;
- o alcance da medição linear do equipamento corresponde a 300 mm o que, em caso de um varão com comprimento superior, conduz à necessidade de realização de medições por segmentos.

O procedimento de medição desenvolvido para a determinação das mensurandas anteriormente mencionadas é composto pelas seguintes etapas:

1. Colocação do varão sobre a mesa do equipamento de medição, recorrendo a dois apoios nas suas extremidades e execução do alinhamento inicial entre o eixo longitudinal do varão e o eixo x do equipamento de medição (ver, na figura 5, o referencial de medição adotado);
2. Execução de ajustes, se necessário, do alinhamento referido no ponto anterior, recorrendo à visualização do varão com recurso às imagens adquiridas no equipamento de medição;
3. Configuração do equipamento de medição para:
 - a. uma ampliação óptica de 2,5×;

- b. iluminação incidente a partir da mesa de trabalho (luz branca), com uma intensidade de 20 %;
 - c. modo de focagem automática;
4. Obtenção de um conjunto de, pelo menos, seis valores preliminares do diâmetro menor do varão, com base na distância entre pontos diametralmente opostos no varão (em secções transversais onde não exista enrolamento helicoidal); determinação do valor médio preliminar do diâmetro menor do varão;
5. Determinação da coordenada vertical (z) do ponto (T) no topo do varão (em região onde não existe enrolamento helicoidal) e proceder à definição do plano médio de focagem automática, com base na coordenada vertical obtida e em metade do valor preliminar do diâmetro menor do varão (raio) – vide figuras 7 e 8;

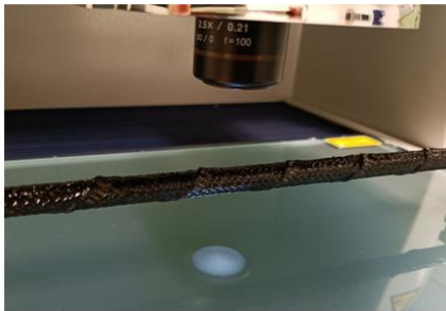


Figura 7: Varão de GFRP em medição no equipamento óptico

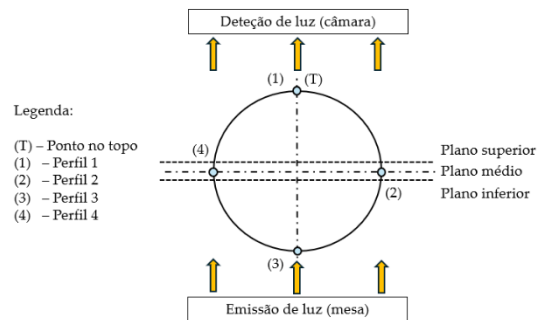


Figura 8: Representação esquemática da medição óptica do varão de GFRP

6. Obtenção das coordenadas dos pontos do perfil – (2) na figura 8 – mediante varrimento longitudinal do varão num segmento com dimensão de 250 mm e considerando uma distância de 0,5 mm entre pontos consecutivos (origina uma amostra com uma dimensão igual a 500 pontos por perfil).
7. Repetição do ponto anterior para o perfil diametralmente oposto – (4) na figura 8;
8. Rotação de, aproximadamente, 90° do varão em torno do seu eixo longitudinal de modo a ser possível visualizar os restantes perfis – (1) e (3) na figura 8; repetir os pontos 4 a 7.

O cálculo das mensuradas de interesse é efetuado com base nas coordenadas dos pontos obtidos em cada perfil medido, sendo composto pelas seguintes etapas:

1. Com base no valor preliminar do diâmetro menor do varão e nas coordenadas transversais (y) obtidas em cada ponto, determina-se o respetivo raio;
2. Mediante a visualização dos valores obtidos no ponto anterior, distribuem-se os pontos medidos por duas subamostras relativas a pontos com e sem enrolamento helicoidal;
3. Calcula-se o valor médio da subamostra de valores de raio associados a pontos sem enrolamento helicoidal; multiplicando por dois o valor obtido de modo a obter o diâmetro menor do varão;
4. Determina-se o valor máximo da subamostra de valores de raio associados a pontos com enrolamento helicoidal; multiplicando por dois o valor obtido de modo a obter o diâmetro maior do varão;

5. A altura da nervura obtém-se com base na diferença algébrica entre os raios maior e menor determinados nos pontos 3 e 4;
6. A distância entre nervuras é estimada com base na diferença algébrica entre as coordenadas longitudinais (x) dos pontos consecutivos que suportaram a determinação da amostra de valores do raio maior do varão.

Salienta-se que a execução deste procedimento de medição apresenta uma duração aproximada de 2,5 horas por cada varão medido.

4. Resultados

Nesta secção, são apresentados os resultados obtidos através da adoção da abordagem de medição óptica de varões de GFRP descrita anteriormente. Os quadros 2 a 5 apresentam os valores médios e os desvios padrão experimentais das amostras de valores medidos dos diâmetros menor e maior, altura da nervura e distância entre nervuras, respetivamente, para cada varão estudado.

Os resultados obtidos permitem constatar a existência de uma dispersão de valores medidos, entre perfis e em cada perfil, numa ordem de grandeza sub- milimétrica. A grandeza distância entre nervuras constitui uma exceção, notando-se uma dispersão de valores medidos em cada perfil mais próxima de uma magnitude milimétrica, que é justificada pela resolução longitudinal (0,5 mm) adotada na medição. Este parâmetro condiciona, por um lado, a duração total da medição e, por outro lado, a dimensão da amostra de pontos medidos na superfície. Conforme se mostra nas figuras 9 e 10, o valor considerado permitiu efetuar a medição numa duração considerada satisfatória (cerca de 2,5 horas) garantindo, igualmente, a obtenção de amostras de pontos representativas da superfície real do varão medido.

Em particular, na figura 10, é possível notar a obtenção de pontos distribuídos pelos diversos elementos constituintes do varão de GFRP, nomeadamente, no núcleo (mínimos locais na região inferior do perfil), na malha de revestimento do núcleo (máximos locais na região inferior do perfil) e no enrolamento helicoidal (valores de pico no perfil).

Quadro 2: Resultados das medições ópticas do varão com a id. VW1235

Identificação do perfil	Diâmetro menor, Dm / mm	Diâmetro maior, DM / mm	Altura da nervura, a / mm	Distância entre nervuras, d / mm
1	14,22 ± 0,11	16,33 ± 0,11	1,04 ± 0,13	38,50 ± 0,35
2	13,268 ± 0,034	15,063 ± 0,083	0,894 ± 0,078	38,20 ± 0,57
3	13,07 ± 0,12	14,44 ± 0,14	0,710 ± 0,085	38,33 ± 0,41
4	13,81 ± 0,12	15,10 ± 0,16	0,66 ± 0,15	38,2 ± 1,5

Quadro 3: Resultados das medições ópticas do varão com a id. VW1035

Identificação do perfil	Diâmetro menor, Dm / mm	Diâmetro maior, DM / mm	Altura da nervura, a / mm	Distância entre nervuras, d / mm
1	11,752 ± 0,063	13,05 ± 0,11	0,650 ± 0,057	40,4 ± 1,6
2	10,665 ± 0,020	12,615 ± 0,059	0,978 ± 0,052	41,10 ± 0,74
3	11,444 ± 0,075	12,673 ± 0,049	0,626 ± 0,053	40,90 ± 0,74
4	10,726 ± 0,068	12,67 ± 0,17	0,97 ± 0,20	41,00 ± 0,94

Quadro 4: Resultados das medições ópticas do varão com a id. VO0835

Identificação do perfil	Diâmetro menor, Dm / mm	Diâmetro maior, DM / mm	Altura da nervura, a / mm	Distância entre nervuras, d / mm
1	8,851 ± 0,047	10,75 ± 0,21	0,94 ± 0,19	28,13 ± 0,35
2	9,109 ± 0,084	10,337 ± 0,087	0,602 ± 0,061	27,75 ± 0,89
3	8,53 ± 0,11	9,72 ± 0,14	0,605 ± 0,076	28,19 ± 0,96
4	8,085 ± 0,092	9,43 ± 0,11	0,672 ± 0,083	27,8 ± 1,6

Quadro 5: Resultados das medições ópticas do varão com a id. VO0635

Identificação do perfil	Diâmetro menor, Dm / mm	Diâmetro maior, DM / mm	Altura da nervura, a / mm	Distância entre nervuras, d / mm
1	7,252 ± 0,062	8,708 ± 0,088	0,728 ± 0,088	28,00 ± 0,80
2	6,475 ± 0,073	8,24 ± 0,17	0,90 ± 0,17	28,1 ± 1,6
3	6,776 ± 0,039	8,148 ± 0,082	0,693 ± 0,059	28,06 ± 0,68
4	6,676 ± 0,061	8,09 ± 0,13	0,72 ± 0,10	27,94 ± 0,68

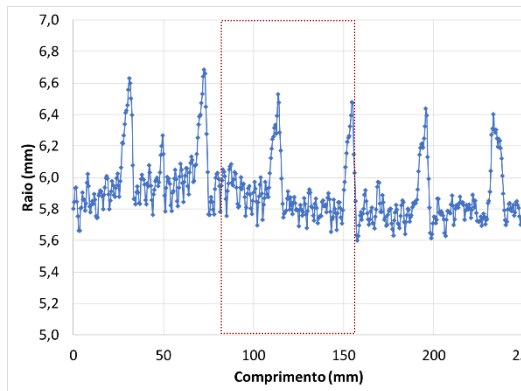


Figura 9: Exemplo de perfil completo de pontos medidos no varão de GFRP com id. VW1035

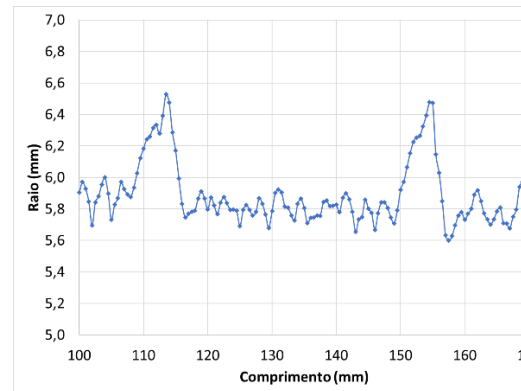


Figura 10: Pormenor de perfil de pontos medidos no varão de GFRP com id. VW1035

Em alguns dos perfis obtidos foi possível notar a existência de irregularidades geométricas decorrentes da presença de bolhas e filamentos soltos da malha de revestimento e do enrolamento helicoidal.

Neste estudo foi igualmente avaliado o impacto dos parâmetros operacionais – intensidade da luz e localização vertical do plano de focagem – nos resultados obtidos. Para este efeito, foi promovida a repetição da medição óptica do varão de GFRP (com a identificação VW1035), considerando: (i) uma variação de ± 5 % da intensidade da luz em torno do valor considerado inicialmente pelo operador (20 %); (ii) uma variação da posição do plano de focagem de ± 0,02 mm em torno do plano médio com o qual se obtiveram os resultados apresentados anteriormente. As figuras 11 e 12 apresentam as diferenças entre os valores máximos e mínimos obtidos, respetivamente, com a variação da intensidade da luz e da posição do plano de focagem.

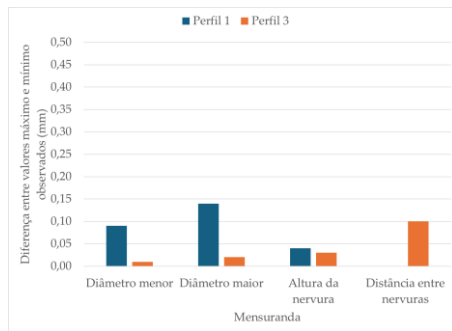


Figura 11: Influência da variação da intensidade da luz nos resultados obtidos

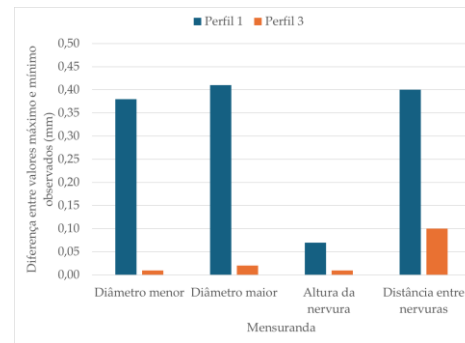


Figura 12: Influência da variação da posição do plano de focagem

Na figura 11, é possível observar que o impacto da variação da intensidade da luz se situa abaixo de 0,15 mm afetando, sobretudo, as grandezas diâmetro maior e menor e distância entre nervuras, não se notando diferenças significativas entre os perfis medidos.

Por sua vez, a figura 12 mostra duas situações distintas entre perfis medidos. No perfil 1, a diferença entre valores máximos e mínimos observados é mais acentuada ao nível da medição dos diâmetros maior e menor e distância entre nervuras, situando-se em torno de 0,4 mm. Pelo contrário, o perfil 3 apresenta diferenças entre valores máximos e mínimos observados com uma magnitude mais reduzida (atinge, no máximo, um valor de 0,1 mm na medição da distância entre nervuras). Este resultado ilustra a vulnerabilidade da medição óptica no que respeita à posição do plano de focagem no tipo de varão de GFRP medido.

Como se verificou, a repetição da medição do varão com os mesmos valores de parametrização inicial (intensidade da luz de 20 % e plano médio de focagem), foi possível avaliar, de uma forma preliminar, a repetibilidade da medição, apesar da reduzida dimensão da amostra de valores. No estudo da influência da variação da intensidade da luz, foram obtidos valores idênticos considerando um arredondamento das estimativas à centésima de milímetro. Por sua vez, no caso do estudo da influência da variação da posição do plano de focagem, foi obtida uma diferença absoluta máxima entre valores original e repetido igual a 0,03 mm.

No balanço de incertezas de medição [5] dos varões de GFRP, é possível identificar várias fontes de incerteza que se distribuem por três tipos de componentes de incerteza: instrumental, método de medição e objeto medido.

Na vertente instrumental, de acordo com os resultados do processo de confirmação metrológica [6] associado ao equipamento de medição óptica utilizado neste estudo, a respetiva incerteza de medição padrão alvo (que reúne as subcomponentes da calibração e dos respetivos desvios sistemáticos) apresenta uma dispersão de valores com uma magnitude igual a 2,5 μm .

Por sua vez, no método de medição, é possível identificar as seguintes fontes de incerteza:

- a expansão / contração do varão de GFRP – tendo em conta o conhecimento disponível sobre o coeficiente térmico linear longitudinal e transversal ($23 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, respetivamente) deste tipo de material [7], as dimensões em questão e a variação da temperatura da sala laboratorial ($\pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$), a adoção de uma distribuição de probabilidade uniforme permite constatar que a incerteza de medição máxima corresponde a 0,22 μm ;

- a seleção da intensidade de iluminação – de acordo com os resultados obtidos no estudo da influência deste parâmetro operacional, é possível representar esta componente de incerteza através de uma distribuição de probabilidade triangular com uma semi-amplitude igual a 0,15 mm, o que resulta numa incerteza de medição padrão igual a 0,061 mm;
- a definição do plano de focagem – o estudo efetuado permite que esta componente de incerteza seja representada por uma distribuição de probabilidade triangular com semi-amplitude igual a 0,40 mm, o que corresponde a uma incerteza de medição padrão igual a 0,16 mm;
- a repetibilidade da medição – as medições repetidas efetuadas neste estudo permitem quantificar esta componente de incerteza com base na adoção de uma distribuição de probabilidade uniforme com semi-amplitude igual a 0,03 mm, donde resulta uma incerteza de medição padrão igual a 0,017 mm.

Os desvios padrão experimentais das amostras (*vide* quadros 2 a 5) mostram que a dispersão de valores obtidos em diferentes posições longitudinais dos varões constituem uma significativa componente de incerteza associada à própria variabilidade espacial geométrica do objeto medido, que é composto por um núcleo com malha de revestimento e enrolamento helicoidal. O quadro 6 apresenta os valores máximos, médios e mínimos das dispersões obtidas para cada uma das amostras de valores medidos (com dimensão igual a 16) das mensurandas estudadas.

Quadro 6: Dispersões de valores medidos nos quatro varões estudados

Dispersão de valores	Diâmetro menor, Dm / mm	Diâmetro maior, DM / mm	Altura da nervura, a / mm	Distância entre nervuras, d / mm
Máxima	0,12	0,21	0,20	1,6
Média	0,074	0,12	0,10	0,90
Mínima	0,020	0,049	0,052	0,35

Como se pode verificar, a variabilidade longitudinal dos valores medidos das mensurandas diâmetros menor e maior e altura da nervura está compreendida entre 0,02 mm e 0,21 mm, enquanto a dispersão observada na mensuranda distância entre nervuras é superior, variando entre 0,35 mm e 1,6 mm.

5. Conclusões

O estudo efetuado permitiu, por via da medição óptica, caracterizar a dispersão de valores de diâmetro (maior e menor), altura de nervura e distância entre nervuras em varões de GFRP com enrolamento helicoidal. O conhecimento adquirido contribui para a melhoria da compreensão do fenómeno de aderência deste tipo de varões, quando usados como armadura de betão armado.

Como seria expectável, por motivo da complexidade da geometria de alguns dos elementos constituintes dos varões de GFRP, a fonte de incerteza de medição dominante correspondeu à variabilidade espacial das grandezas medidas. Em termos médios, a sua magnitude está próxima de 0,1 mm no caso das grandezas diâmetros maior e menor e altura da nervura, e de 1 mm para a distância entre nervuras. Neste último caso, a redução da distância entre pontos de medição consecutivos (abaixo de 0,5 mm) irá reduzir a magnitude desta componente de incerteza, contudo, com reflexo negativo no que respeita à duração da medição do perfil de pontos na superfície do varão.

O estudo desenvolvido quantificou o eventual impacto que parâmetros operacionais como a iluminação e a focagem podem ter na exatidão deste tipo de medição sem contacto. É assim relevante dispor de procedimentos de medição que evitem a subjetividade associada à seleção destes parâmetros por parte do operador e, por outro lado, adaptados e otimizados ao tipo de varão de GFRP sujeito a medição óptica. O recurso a sistemas de medição óptica otimizados para a visualização de varões metálicos, sem possibilidade de ajuste de parâmetros operacionais, deve ser realizado de forma prudente, dependendo do nível de exatidão requerido.

Salienta-se que o estudo efetuado não abrangeu a medição do diâmetro do núcleo do varão de GFRP, fazendo-se notar que os valores de diâmetro menor apresentados incluem as contribuições da malha de revestimento e do enrolamento helicoidal. Devido ao seu impacto na avaliação da resistência mecânica ao esforço de tração, é recomendável a sua medição previamente à produção de varões de GFRP nervurados. Tratando-se de uma superfície lisa com geometria simples, é esperada uma reduzida variabilidade espacial das medições do diâmetro do núcleo.

A complexidade da geometria dos varões e do procedimento adotado permite efetuar a caracterização de um varão de GFRP numa duração considerada satisfatória para um estudo de investigação, mas ainda carece de otimização para que possa ser implementado de forma sistemática. Salienta-se também que a caracterização da geometria de varões GFRP só será viável se vier a ser possível correlacionar as grandezas medidas com as tensões de aderência dos varões de GFRP ao betão, pelo que são necessários estudos de investigação neste âmbito.

Agradecimento

O LNEC agradece à The Light Rebar Company o material que permitiu a realização do presente estudo.

Referências

- [1] S. Cabral-Fonseca, J. R. Correia, J. Custódio, H. Silva, A. Machado “Durability of FRP – concrete bonded joints in structural rehabilitation: a review”, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, Elsevier, (2018);
- [2] L. C. Bank “Composites for Construction: Structural Design with FRP Materials” Wiley, New Jersey, (2006);
- [3] “Rib measuring system – Technical features”, ECM Datensysteme GmbH (2023);
- [4] ISO 15630-1 “Steel for the reinforcement and prestressing of concrete – Test methods. Part 1: Reinforcing bars, rods and wire”, 3rd edition, ISO – International Organization for Standardization (2019);
- [5] JCGM 100 “Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement”, JCGM – Joint Committee for Guides in Metrology (2008);
- [6] JCGM 200 “International Vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms”, JCGM – Joint Committee for Guides in Metrology (2012);
- [7] “Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with FRP bars”, ACI – American Concrete Institute (2006).

Desafios na medição da tensão superficial em soluções artificiais e padrão de água do mar

(Challenges in surface tension measurements of artificial and standard seawater solutions)

M. Serra, S. Moura, R. Quendera, O. Pellegrino

Instituto Português da Qualidade (IPQ), Rua António Gião 2, 2829-513 Caparica

marta.giza@ipq.pt

Resumo

Foi realizado um estudo sobre a relação entre tensão superficial e salinidade absoluta em soluções de cloreto de sódio e soluções artificiais e padrão de água do mar a diferentes temperaturas. Este estudo apresentou diversos desafios técnicos, contribuindo assim para o desenvolvimento e melhoria dos procedimentos de medição da tensão superficial deste tipo de soluções.

Palavras-Chave: tensão superficial, salinidade absoluta

Abstract

A study was conducted to investigate the relationship between surface tension and absolute salinity in buffered artificial seawater, standard seawater solution and sodium chloride solutions at different temperatures. This study faced several technical challenges, thereby contributing to the development and improvement of surface tension measurement procedure on these solutions.

Keywords: surface tension, absolute salinity

1. Introdução

A água do mar apresenta elevados gradientes de temperatura, pressão e composição orgânica dissolvida, fatores que influenciam a circulação oceânica e os processos climáticos globais. No entanto, a sua composição inorgânica é relativamente constante, o que permite a criação de padrões artificiais rastreáveis [1]. O cloreto de sódio (NaCl) é o principal componente iónico da água do mar, sendo responsável por grande parte da sua salinidade absoluta e influenciando diretamente algumas propriedades físico-químicas, como a massa volúmica e a tensão superficial. Foi, por isso, selecionado para a produção de soluções salinas utilizadas neste estudo.

As soluções de água do mar artificial tamponadas com TRIS (tris(hidroximetil)aminometano) e ácido clorídrico (HCl) são consideradas padrões de nível primário, rastreáveis à célula de Harned. Pois reproduzem a composição da água do mar natural, de acordo com as recomendações de 2008 da Associação Internacional das Ciências Físicas dos Oceanos (IAPSO). Estas soluções tampão de referência são utilizadas para calibrar instrumentos de medição de pH em estudos oceanográficos [2],[3],[4].

A salinidade absoluta (SA) é um parâmetro essencial na oceanografia, fundamental para a criação de modelos climáticos e para a gestão sustentável dos recursos hídricos. A

sua medição permite modelar e prever fenómenos como o aquecimento global, a acidificação dos oceanos e a subida do nível médio das águas.

A tensão superficial é uma força que atua na interface entre dois fluidos (geralmente líquido e gás), e é consequência das forças intermoleculares aí presentes. É uma unidade derivada do SI, definida como força por unidade de comprimento e expressa em N/m. Num tensiómetro, a tensão superficial de uma amostra é determinada por recurso a uma sonda de medição, fixa no equipamento, que estabelece contacto com a superfície do líquido a caracterizar. No instante em que a força interfacial é máxima ($F_{m\acute{a}x}$), é adquirido um valor em força pelo equipamento [5]. Este valor é então convertido em tensão superficial através da expressão

$$\sigma = \frac{F_{m\acute{a}x}}{L},$$

onde σ é a tensão superficial e L é o comprimento molhado da sonda de medição, tendo uma expressão matemática dependente da geometria da sonda utilizada.

Sabendo que o aumento da salinidade absoluta de soluções salinas origina um aumento dos valores de tensão superficial [6] das mesmas, este comportamento é esperado ser observado para estes ensaios. De uma forma geral, este acréscimo em tensão superficial é representado pela diferença entre o valor medido e um valor de referência, que é o da água ultrapura, i.e. água de tipo I, e igual a 72,75 mN/m[5].

Do mesmo modo, com o aumento da temperatura, espera-se que a tensão superficial das soluções diminua [6]. sendo o acréscimo em tensão superficial quantificado pela diferença em relação ao mesmo valor de referência.

Este trabalho apresenta e relaciona dois momentos diferentes na caracterização destas soluções através da respetiva tensão superficial.

2. Materiais

Para este estudo, foram produzidas gravimetricamente no Laboratório de pH do Instituto Português da Qualidade (IPQ) soluções de água do mar artificial tamponada (*artificial seawater*, ASW) e adquirida água do mar padrão (*standard seawater*, SSW, OSIL), ambas com uma S_A nominal igual a 35 g/kg. As soluções de NaCl com salinidades absolutas nominais entre 35 g/kg e 100 g/kg foram produzidas gravimetricamente pelo Laboratório de Propriedades de Líquidos do IPQ. Como branco, correspondendo a $S_A \approx 0$ g/kg, foi utilizada água ultrapura produzida num sistema de purificação de água de tipo I, do IPQ (Millipore, Merck).

3. Metodologia e desafios

3.1 Tensão superficial

Para os ensaios de tensão superficial, utilizou-se um tensiómetro K100 MK2 (Krüss, Alemanha) pelo método da placa de Wilhelmy. Neste método, a sonda é uma placa de platina fina e retangular, cujo ângulo de contato com o líquido é zero.

Foram realizadas, no mínimo, cinco determinações de tensão superficial com cerca de 50 mL de solução a três temperaturas (20 °C, 25 °C e 30 °C). A placa de Wilhelmy foi limpa com água ultrapura e levada ao rubro antes de cada ensaio. Entre cada série de

ensaios, a tina de vidro de borossilicato foi lavada abundantemente com água ultrapura e submetida a secagem.

3.2 Primeiros resultados

Nos ensaios iniciais de determinação da tensão superficial de soluções de água do mar, observou-se que o comportamento esperado foi contrário ao efetivamente produzido (figura 1).

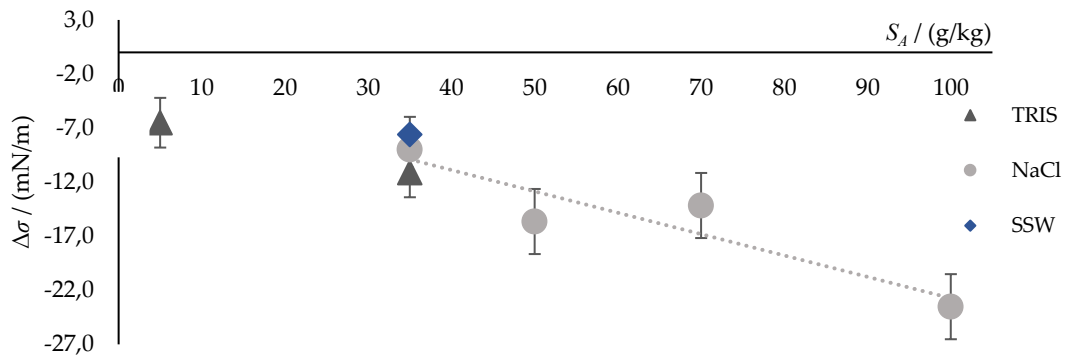


Figura 1: Primeiros resultados da relação entre tensão superficial, σ , com salinidade absoluta, S_A , a 20 °C. Legenda: TRIS=ASW; $\Delta\sigma = \sigma_{\text{solução}} - \sigma_{\text{água ultrapura}}$.

Contrariamente ao expectável, observou-se uma diminuição da tensão superficial das soluções de NaCl com o aumento da salinidade absoluta, em vez do aumento previsto da tensão superficial. Embora se observe que as três soluções com salinidade absoluta de 35 g/kg (NaCl, ASW e SSW) apresentaram valores comparáveis, estes ensaios parecem demonstrar a existência de uma variável que influenciou negativamente a resposta em tensão superficial das soluções.

Procedeu-se a uma revisão bibliográfica, tendo sido encontrado como potencial responsável pelos resultados observados, o facto de a tensão superficial da água e das soluções aquosas ser muito sensível a contaminantes ambientais e/ou decorrentes do material manuseado. Esta característica pode ser, por isto mesmo, utilizada como controlo de processos.

3.3 Resultados

Com este novo conhecimento, começou-se por repetir a produção de soluções aquosas de NaCl, garantindo que as garrafas onde eram armazenadas para ensaios, após lavagem ficavam cerca de 12 horas com água ultrapura.

Para verificar a ausência de contaminantes nos recipientes de ensaio, estes foram enxaguados abundantemente com água ultrapura, e introduziu-se na prática o controlo da tensão superficial da água ultrapura no início de cada série de ensaios para verificação da contaminação dos mesmos.

Foram repetidos todos os ensaios de determinação de tensão superficial às temperaturas definidas anteriormente para as novas soluções de NaCl e repetiu-se também os ensaios para as soluções tamponizadas ASW e SSW (figura 2).

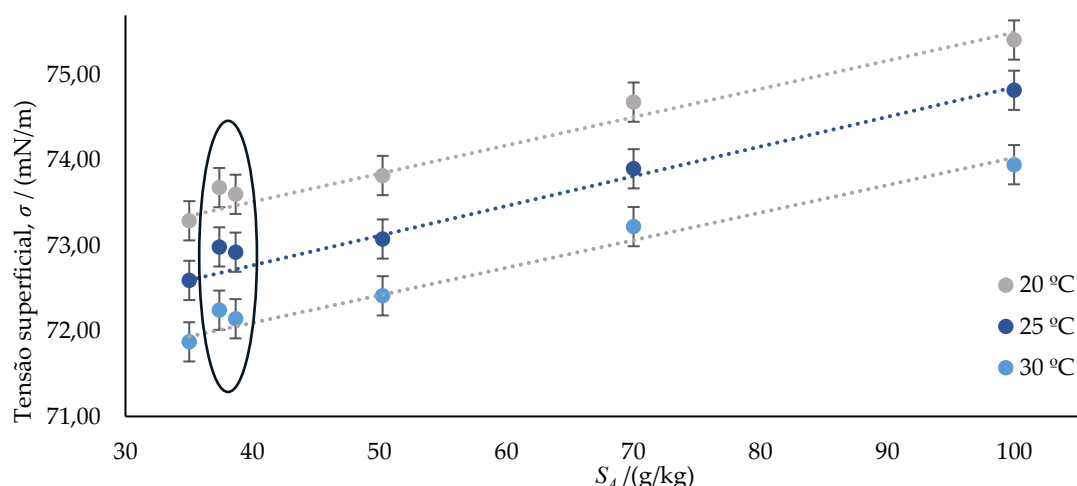


Figura 2: Resultados dos ensaios de determinação de tensão superficial a diferentes temperaturas para as novas soluções de NaCl e para as soluções ASW e SSW. Os pontos assinalados com um círculo representam os resultados obtidos para as soluções ASW e SSW.

Observa-se, na figura 2, o comportamento esperado do aumento do valor de tensão superficial com o aumento da salinidade absoluta, assim como o respetivo decréscimo com o aumento da temperatura.

Para a primeira S_A de 35 g/kg, todas as soluções salinas originaram valores de tensão de superficial equiparáveis às diferentes temperaturas. Com efeito, a sua variação encontra-se dentro da incerteza expandida estimada, para $k = 2$.

Estes resultados permitiram comprovar a eficiência das ações implementadas, confirmando que os resultados anteriormente obtidos se deveram a contaminação do material utilizado no procedimento experimental.

4. Conclusão

Observou-se que a presença de contaminantes nos recipientes com as soluções salinas foi sinónimo de um comportamento erróneo e imprevisto em tensão superficial, o que contraria a tendência descrita nas referências bibliográficas e também observada experimentalmente, após correção das mesmas. Para tal, foi necessário proceder a uma lavagem e secagem rigorosa dos recipientes antes de cada série de ensaios, de forma a garantir o menor grau de contaminação.

Esta situação levou à implementação, como controlo de qualidade, da determinação do valor de tensão superficial para água ultrapura. No início de cada dia de ensaio, é realizada uma média de, pelo menos, três valores obtidos para a água ultrapura fresca. Compara-se depois o valor obtido com o valor de referência de 72,75 mN/m [5].

A análise dos resultados obtidos permitiu identificar ações de melhoria que, após implementação, corrigiu os desafios técnicos observados.

Este estudo demonstrou que, depois de superados os mesmos, foi possível obter resultados metrologicamente compatíveis de tensão superficial de soluções salinas [7] com exceção na comparação com [8] do quadro 1, em que, para a S_A das soluções de NaCl a 35 g/kg e 50 g/kg a 20 °C e a 25 °C, apresentam um erro normalizado, E_n superior a 1. Isso abre caminho para estudos mais aprofundados.

Quadro 1: Comparação dos resultados obtidos com as referências apresentadas através da avaliação do Erro normalizado (E_n).

$t / ^\circ\text{C}$	$S_A / (\text{g/kg})$	E_n	E_n	E_n
		[8]	[9]	[6]
20	NaCl $S = 0$	0,43	0,41	---
	NaCl $S = 35$	-1,15	-0,68	-0,53
	NaCl $S = 50$	-1,03	-0,59	---
	NaCl $S = 70$	-0,47	-0,22	---
	NaCl $S = 100$	-0,91	-0,61	---
	SSW	---	---	-0,02
	ASW	---	---	0,41
25	NaCl $S = 0$	0,28	0,24	---
	NaCl $S = 35$	-1,07	-0,60	---
	NaCl $S = 50$	-1,03	-0,54	---
	NaCl $S = 70$	-0,57	-0,22	---
	NaCl $S = 100$	-0,61	-0,32	---
	SSW	---	---	---
	ASW	---	---	---
30	NaCl $S = 0$	0,04	0,02	---
	NaCl $S = 35$	-0,96	-0,50	-1,24
	NaCl $S = 50$	-0,82	-0,35	---
	NaCl $S = 70$	-0,43	-0,05	---
	NaCl $S = 100$	-0,95	-0,44	---
	SSW	---	---	-0,35
	ASW	---	---	-0,45

Referências

- [1] R. Pawłowicz “Key Physical Variables in the Ocean: Temperature, Salinity, and Density” *Nature Education Knowledge* 4(4):13 (2013);
- [2] T. A. DelValls, *et al.* “The pH of buffers based on 2-amino-2-hydroxymethyl-1, 3-propanediol (‘tris’) in synthetic sea water” *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 45(9), 1541-1554 (1998);
- [3] G. M. Marion, *et al.* “pH of seawater” *Marine Chemistry*, 126(1-4), 89-96 (2011);
- [4] A. G. Dickson, *et al.* “Metrological challenges for measurements of key climatological observables” Part 3: seawater pH. *Metrologia*, 53(1), R26 (2015);
- [5] Krüss, “Instruction Manual Tensiometer K100 MK2/SF/C”, V2-05;
- [6] K. G. Nayar, D. Panchanathan, G. H. McKinley, J. H. Lienhard V “Surface Tension of Seawater”, *J. Phys. Chem. Ref.* 43, 043 103 (2014);
- [7] M. Serra, S. Moura, R. Quendera, O. Pellegrino, “Estudo metrológico sobre tensão superficial e salinidade absoluta”, Atas do 9.º Encontro Nacional da SPMet, Metrologia para a Sustentabilidade, 25 outubro de 2024, Porto, Portugal;
- [8] International Association for the Properties of Water and Steam, IAPWS G14-19, Guideline on the Surface Tension of Seawater (2019);
- [9] Extended AIM Aerosol Thermodynamics Model (<https://www.aim.env.uea.ac.uk/aim/aim.php>), baseado em “C. S. Dutcher, A. S. Wexler, S. L. Clegg “Surface tensions of inorganic multicomponent aqueous electrolyte solutions and melts” *J. Phys. Chem. A*, 114, 12216-12230 (2010)” e “N. B. Vargaftik, B. N. Volkov, L. D. Voljak “International Tables of the Surface Tension of Water” *J. Phys. Chem.*, 12, 817-820 (1983)”.

Metrologia como Apoio à Cirurgia Oftálmica a laser

(Metrology as a Support for laser Ophthalmic Therapy)

T. Farinha, M. Inácio, C. Simões

Trescal Portugal, Parque Oriente -Av. Dom Nuno Álvares Pereira, 4A, B-7, 2695-167 Bobadela

carlos.simoese@trescal.com

Resumo

Atualmente a cirurgia oftálmica a laser é um procedimento simples bastante seguro e de alta precisão, que permite corrigir algumas condições oculares. O laser de fluoreto de argônio emite um comprimento de onda de 193 nm e é utilizado na cirurgia refrativa por laser de alta tecnologia, nomeadamente a LASIK. Com cerca de 30 anos, "é provavelmente das cirurgias mais bem-sucedidas na história da ciência médica, sendo utilizada para corrigir a miopia, astigmatismo e hipermetropia" [1]. Os lasers utilizados em medicina devem ser periodicamente controlados com vista à avaliação da sua potência e/ou energia de saída, para serem considerados seguros na utilização em pacientes. A Trescal Portugal desenvolveu recentemente um método que permite a calibração dos sensores de potência e energia que permitem controlar os parâmetros de saída destes lasers, sendo assim possível obter resultados confiáveis, seguros e rastreáveis.

Palavras-Chave: cirurgia oftálmica, fototerapia, laser, LASIK

Abstract

Currently, laser eye surgery is a simple, very safe, and highly accurate procedure that can correct certain eye conditions. The argon fluoride laser emits a wavelength of 193 nm and is used in high-tech laser refractive surgery - LASIK. Having been used for about 30 years, it "is probably one of the most successful surgeries in the history of medical science. It is used to correct myopia, astigmatism, and hyperopia" [1]. Lasers used in medicine must be periodically checked to assess their power and/or emitted energy to ensure they are safe for use on patients. Trescal Portugal has recently developed a method that allows the calibration of power and energy sensors that enable the output parameters of these lasers to be controlled, thus making it possible to obtain reliable, safe, and traceable results.

Keywords: ophthalmic surgery, phototherapy, laser, LASIK

1. Introdução

A palavra laser é o acrónimo formado a partir da expressão Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, que significa "amplificação da luz por emissão estimulada de radiação", correspondendo a um feixe de luz, caracterizado por um comprimento de onda específico ou por um intervalo restrito de comprimentos de onda, situados nas regiões do espectro eletromagnético correspondentes ao visível, ultravioleta ou infravermelho.

O comprimento de onda ou a gama de radiação emitida por cada tipo de laser é essencial para avaliar corretamente os riscos associados à sua utilização, dado que

diferentes comprimentos de onda interagem de forma distinta com os tecidos biológicos e com os materiais.

Em termos simplificados, o processo consiste na emissão de partículas de luz, ou fótons, através de uma fonte de energia (por exemplo, corrente elétrica ou radiação). Estes fótons, ao interagirem com átomos excitados, desencadeiam a emissão de novos fótons idênticos em fase, direção e frequência. Como resultado, forma-se um feixe de luz, denominado de raio laser com propriedades que não se encontravam nas outras radiações luminosas produzidas até então.

2. LASER e o seu impacto na medicina

Os efeitos terapêuticos da luz foram observados ainda no século VI a.c., no entanto foi apenas em 1903 que a fototerapia foi reconhecida como ciência após Niels Finsen, médico fisiologista dinamarquês, receber o Prêmio Nobel de Medicina, devido à sua contribuição no tratamento de doenças, principalmente lúpus vulgar, com radiação luminosa concentrada, abrindo um novo caminho para a ciência médica [2].

Atualmente a terapia por laser é amplamente utilizada em especialidades de medicina como: ginecologia, oncologia, dermatologia, oftalmologia, cardiologia, urologia, ortopedia e neurologia.

A fototerapia não é apenas uma inovação no tratamento médico, mas apresenta também inúmeros benefícios em termos económicos e ambientais, uma vez que reduz o custo dos tratamentos e a utilização de produtos químicos agressivos, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

O avanço da tecnologia laser constituiu um marco decisivo para a medicina, ao introduzir uma ferramenta capaz de revolucionar a forma como muitos procedimentos clínicos são realizados. A utilização dos lasers possibilitou a realização de intervenções minimamente invasivas, caracterizadas pela elevada precisão, fiabilidade e reduzido risco de complicações quando comparadas às técnicas tradicionais. Estas características traduzem-se não apenas em melhores resultados clínicos, mas também em benefícios adicionais para os pacientes, como tempos de recuperação mais curtos, redução da dor pós-operatória e cicatrizes reduzidas. A versatilidade dos laser permitiu a sua integração em diferentes áreas médicas, abrangendo diversas especialidades como a dermatologia, onde são usados no tratamento de lesões cutâneas e rejuvenescimento; a oncologia, com aplicação na destruição seletiva de tecidos tumorais; a cardiologia, no tratamento de obstruções vasculares; a urologia e a ortopedia, em procedimentos de elevada complexidade; e a oftalmologia, onde desempenham um papel principal nas cirurgias refrativas e terapias de correção visual, representando uma evolução significativa e definitiva no tratamento de doenças oculares. [3]

Na cirurgia oftálmica, os lasers têm sido fundamentais no tratamento de erros refrativos como miopia, hipermetropia e astigmatismo e assim proporcionar independência da utilização de óculos ou lentes de contacto. O laser de excímero que emite radiação ultravioleta com comprimento de onda bem definido a 193 nm, é o mais utilizado neste contexto, pois possibilita a remodelação da córnea com elevada exatidão, corrigindo a focalização da luz na retina. [4]

Entre as técnicas refrativas, o LASIK (Laser-Assisted in Situ Keratomileusis) tornou-se o procedimento mais realizado nas últimas três décadas. Este processo oferece recuperação visual rápida, elevada fiabilidade e baixos índices de efeitos secundários. [3]

Assim, a cirurgia a laser considera-se como uma alternativa eficaz às correções ópticas tradicionais, embora seja indispensável a avaliação rigorosa dos pacientes, a calibração periódica dos equipamentos e o seguimento pós-operatório, garantindo a rastreabilidade e segurança dos resultados [3-7].

3. Metodologia

O Laboratório de Óptica da Trescal Portugal desenvolveu uma metodologia que permite a calibração dos sensores de controlo e verificação dos lasers oftálmicos e outros utilizados na medicina. Esta metodologia recorre a lasers monocromáticos, coerentes e direcionados instalados no laboratório em ambiente controlado. O laboratório realizou um estudo de avaliação da estabilidade de dois lasers distintos, um laser sólido azul que emite um comprimento de onda de 473 nm e um laser sólido que emite no infravermelho próximo a 1064 nm.

Os dois lasers foram regulados para uma potência de saída 3 mW e foram realizadas medições, permitindo avaliar os seus resultados em condições de repetibilidade e reprodutibilidade.

Os resultados foram avaliados pela determinação do Coeficiente de Variação (CV), o que nos permite determinar a dispersão de valores e a estabilidade da potência emitida de cada laser.



Figura 1 esquerda: laser sólido azul de 473 nm, centro: laser de 1064 nm e direita: sensor de medição de potência, do Laboratório de Óptica da Trescal Portugal

4. Resultados e Discussão

Os resultados do estudo de estabilidade da potência emitida pelos lasers do Laboratório estão apresentados nas figuras 2 e 3.

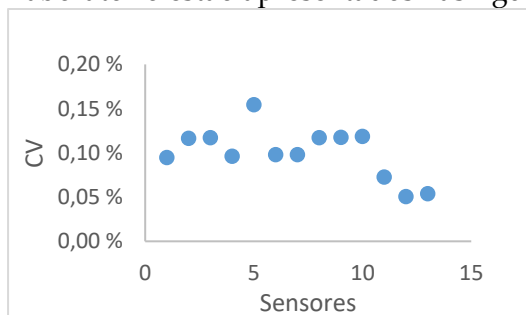


Figura 2 - Estabilidade da potência do laser sólido de 473 nm a 3 mW

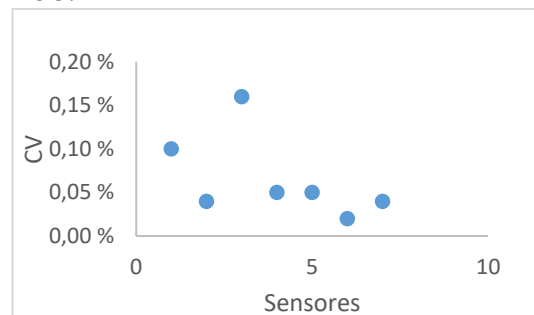


Figura 3- Estabilidade da potência do laser sólido de 1064 nm a 3 mW

Os resultados obtidos pelo laser com emissão a 473 nm foi um Coeficiente de Variação (CV) máximo de 0,15 % e valor médio foi de 0,10 %. Os resultados obtidos pelo laser com comprimento de onda 1064 nm, foi um Coeficiente de Variação (CV) máximo obtido foi de 0,16 % e valor médio de 0,07 %.

Os resultados acima descritos garantem a boa adequação dos lasers em apreço do Laboratório para efetuar as atividades de calibração e de verificação dos lasers dos clientes.

5. Conclusões

O estudo efetuado permitiu-nos concluir que este sistema reúne as condições de estabilidade necessárias para ser utilizada como fonte para a realização da calibração de sensores de medição de potência de saída laser, uma vez que, para os sensores avaliados, até ao momento, a especificação para a repetibilidade da potência emitida varia entre 3 % e 7 %, valores mais elevados face à estabilidade máxima obtida para ambos os lasers, nomeadamente de 0,16 %.

Concluimos assim que esta metodologia é adequada para a calibração dos sensores de energia e potência, sendo este um passo essencial para garantir a segurança, rastreabilidade e confiança na utilização dos sistemas de laser oftálmicos.

6. Referências

- [1] https://spoftalmologia.pt/perguntas_frequentes/cirurgia-refrativa-LASER-lasik-e-prk/
- [2] <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1903/summary/>
- [3] A. J. Shortt, B. D. Allan, J. R. Evans “LASER-assisted in-situ keratomileusis (LASIK) for myopia and myopic astigmatism” *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1), CD001993 (2013).
- [4] J. L. Alió, O. Muftuoglu, D. Ortiz, J. J. Pérez-Santonja “Ten-year follow-up of LASER in situ keratomileusis for myopia of up to -10 diopters” *American Journal of Ophthalmology*, 145(1), 46–54 (2008).
- [5] I. G. Pallikaris, G. D. Kymionis “LASER in situ keratomileusis (LASIK) techniques” in *Ophthalmology* (4th ed.) Elsevier, (2012), pp. 789–796.
- [6] K. D. Solomon, L. E. Fernández de Castro, H. P. Sandoval, J. M. Biber, B. Groat, K. D. Neff, Joint LASIK Study Task Force, “LASIK world literature review: quality of life and patient satisfaction” *Ophthalmology*, 116(4), 691–701 (2009).
- [7] J. B. Randleman, R. D. Stulting, “Ectasia after LASER in situ keratomileusis (LASIK): mechanisms and prevention” *Survey of Ophthalmology*, 51(4), 339–348 (2006).

Contributos da Comissão Técnica de Normalização CT124 para a Sustentabilidade

*(Contribution of the Standardization Technical Committee CT124 to the
Sustainability)*

V. Ramos

ONS ITG – Instituto Tecnológico do Gás, Avenida Almirante Gago Coutinho, Ed. 15, 2710 418
Sintra

vitor.s.ramos@outlook.pt

Resumo

A comissão técnica de normalização “CT 124 - Medição do caudal de fluidos em condutas fechadas” é coordenada pelo ITG - Instituto Tecnológico do Gás, como Organismo de Normalização Setorial. À escala internacional, a CT 124 acompanha os documentos da ISO /TC 30 – “Measurement of fluid flow in closed conduits”, do âmbito da SC 2 – “Pressure differential Devices” e SC 5 – “Velocity and mass methods”. Compete-lhe a produção de documentos para o acervo normativo nacional do âmbito de todos os contadores de fluidos, exceto de água e de gases do petróleo liquefeitos. Participam na CT 124 sete entidades e onze vogais, adiante identificados.

Este artigo apresenta os aspetos mais relevantes dos documentos nacionais normativos produzidos e a perspetiva da CT 124 sobre os respetivos impactos para as empresas e sociedade em geral, dando algum realce ao tema da sustentabilidade. Termina com uma breve reflexão sobre a experiência da CT 124 de mais de 30 anos ao serviço da normalização e algumas propostas suscitadas pelo momento atual de grandes mudanças.

Palavras-Chave: metrologia; normalização; CT 124; medição de caudal de fluidos

Abstract

The National Technical Standardization Committee “CT 124 - Medição do caudal de fluidos em condutas fechadas” is coordinated by ITG - Instituto Tecnológico do Gás, as the Sectoral Standardization Body. At the International level, CT 124 monitors the activity of ISO/TC 30 – “Measurement of fluid flow in closed conduits”, in the SC 2 – “Pressure differential Devices” and SC 5 – “Velocity and mass methods” scopes. It is responsible for the production of national standardization documents concerning all fluid meters, except for water and liquefied petroleum gases. Seven entities and eleven members, as identified below, participate in CT 124.

This article presents the most relevant aspects of the standardization documents produced in Portuguese and the perspective of CT 124 about their impacts on companies and society in general, giving some emphasis to the theme of sustainability. It concludes with a brief reflection on CT 124 experience of over 30 years in the service of standardization and some proposals raised by the current moment of significant changes.

Palavras-Chave: metrology; standardization; CT 124; fluid flow measurement

1. Constituição da CT 124

Antes de 1986, os assuntos de normalização na área da medição de combustíveis líquidos eram tratados na Comissão Setorial da Comissão Técnica de Normalização CT 62 Metrologia / SC 3/ Contadores de outros líquidos que não água, integrada na Direção Geral da Qualidade.

Com a criação do Instituto Português da Qualidade (IPQ), em 1986, esta CT ficou integrada no Subsistema nacional de Normalização que progressivamente foi estruturado em conformidade com o modelo da Comunidade Europeia a que Portugal aderiu em 1985. Uma relevante modificação nesta área das CT de normalização foi a sua integração em organismos técnicos de normalização sectorial, que já existiam, ou foram, entretanto, criados fora da estrutura orgânica da administração pública.

Assim, em 1988-06-24, o IPQ reconheceu a RINAVE - Qualidade e Segurança, SA, como Organismo de Normalização Setorial (ONS), que integrou a CT Metrologia, entre outras. Recorde-se que este ONS era presidido pelo Eng.º Carlos Ganopa, o Secretariado e elemento de ligação ao IPQ – Organismo Nacional de Normalização (ONN) era o especialista de construção naval do Arsenal do Alfeite, o Sr. Mário Aleixo, tendo a Direção Regional da Economia, continuado a representação nesta CT Metrologia através do Eng.º Vítor Ramos, Chefe da Divisão de Metrologia do Serviço da Qualidade, em que também estava integrado o Laboratório Regional de Metrologia, de Lisboa e Vale do Tejo.

Em 1994-02-24, o IPQ subdividiu a CT Metrologia, do âmbito deste ONS, tendo criado a CT 124 - Medição de Caudal de Fluidos em Conduitas Fechadas. Entretanto o representante da DRL foi eleito presidente da CT 124 por votação dos vogais e entraram novos vogais: Engenheiros Teixeira Borges (IST DM Hidro), Pedro Figueiredo (DANFOSS), José Abreu (SOFEMA), por indicação do Pedro Figueiredo, Daniel Rodrigues (PETROASSIST) e Domingos Duarte (PETROTEC).

A CT 124 passou a participar, em representação do IPQ, nos trabalhos das comissões homólogas do CT 244 do *European Committee for Standardization* (CEN), que entretanto veio a ficar adormecida no quadro do protocolo estabelecido com a *International Organization for Standardization* (ISO) relativamente à adoção das suas normas na Comunidade Europeia (CE), e nas reuniões da TC30 – Subcomissão 09 – “*Measurement of fluid flow in closed conduits*”, da qual chegou a coordenar o *GT4 General documents* onde se trabalhou durante 2 anos no *Guide for selection of flowmeters*, proposto pela presidente da SC9, representante do *National Engineering Laboratory* (NEL), do Reino Unido.

Creio que será justo salientar a intensa formação no âmbito do Sistema Nacional de Gestão da Qualidade, nos anos 80 até meados dos anos 90, sobre Certificação, Acreditação de laboratórios e Organismos de inspeção, Metrologia e Normalização, que envolveu muitas centenas de pessoas em todo o país, incluindo quadros técnicos dos ministérios da Indústria/Economia, a que pertencia, a par de dirigentes e técnicos de empresas, laboratórios e organismos sectoriais, nomeadamente os futuros membros desta CT.

Desta forma, foi mais fácil envolver neste desígnio de desenvolvimento económico e social, as partes interessadas em cooperação, na implementação da nova estrutura de

normalização¹. Sendo as decisões obtidas pelo consenso dos membros da CT e sendo os assuntos basicamente de índole técnico-científica, explícitos, criou-se um ambiente de trabalho agradável e profícuo, que perdurou até hoje.

Significativa foi também a valorização pessoal e reconhecimento que todos sentíamos, cada um a seu modo, do IPQ e das suas entidades.

Em janeiro de 2019, a CT 124 passou a estar integrada no ONS ITG – Instituto Tecnológico do Gás, sendo atualmente constituída pelos membros apresentados no quadro 1.

Quadro 1: Constituição atual da CT 124

Vítor Ramos (Presidente)	Perito a título individual. Ex. DRELVT, DGE, IAPMEI.
Egídio Calado (Secretário)	ITG
Ana Almeida	IPQ / DMET
Teixeira Borges	Instituto Superior Técnico / Dpto. Eng. Mecânica
Álvaro Ribeiro	LNEC
Catarina Simões	LNEC / Unidade de Hidráulica Metrológica
José Meira	MECAPOR
Pedro Figueiredo	Perito a título individual. Ex Danfoss.
José Colarejo	Perito a título individual. Ex Janz-CGF
Manuel Silva	PETROTEC
Duarte Lopo	SOFEMA

2. Principais documentos produzidos pela CT 124

Os principais documentos produzidos pela CT 124 são resumidos a seguir.

Quadro 2: Documentos normativos produzidos pela CT 124

Documento	Ano	Título	N.º pág.	Características
NP EN 24185 [1]	2000	Medição do Caudal de Fluidos em Condutas Fechadas, método de pesagem	35	Método primário. Incerteza expandida da ordem de 0,1 %
NP EN 24006 [2]	2002	Medição do Caudal de Fluidos em Condutas Fechadas. Vocabulário e Símbolos.	63	Especifica todas as grandezas, para todos os sistemas de medição e respetivos símbolos
NP EN 13352 [3]	2009 / 2017	Especificação de funcionamento de medidores automáticos de nível de reservatórios	43	Tanques fixos, enterrados ou aéreos, de altura menores que

¹ São tempos de fortalecer a cooperação entre as empresas portuguesas e de todos vós se inserirem nesse espírito. Eng.º Mira Amaral, Ministro da Indústria, em reunião com funcionários públicos na Feira Internacional de Lisboa, em 1988

				5 m
DNP TS 4518 [4]	2013	Guia prático para a verificação de sistemas de recuperação de vapores em distribuidores de gasolina. Verificação periódica	23	Para postos de abastecimento de caudais efetivos ou previstos menores que 100 m ³ por ano
DNP TS 4529 [5]	2014 / 2025 ainda em revisão	Sistema de medição dinâmica para líquidos exceto água. Parte 1. Requisitos metroológicos e técnicos	25	Para quantidade de líquidos, em volume ou massa, sujeitos ao controlo metroológico legal.
NP ISO 20456 [6]	2019	Medição do caudal de fluidos em condutas fechadas. Orientações para a utilização de caudalímetros eletromagnéticos em líquidos condutores	36	Para a medição do caudal de um líquido condutivo numa conduta fechada e totalmente cheia
NP ISO 10790 [7]	2021	Medição do caudal de fluidos em condutas fechadas - Guia para a seleção, instalação e utilização de caudalímetros de Coriolis (medição de caudal mássico, massa volúmica e caudal volúmico)	46	Para líquidos, gases e misturas., podendo admitir sólidos. Erros de medição menores que 0,1 %

3. Próximo documento normativo

No plano de trabalho da CT 124 para 2025 consta a produção de um novo documento normativo em língua portuguesa baseado na Recomendação da OIML R 139-1: 2022- Compressed gaseous fuel measuring systems for vehicles. Part 1 – Metrological and technical requirements.

Neste âmbito, estão planeadas uma visita de estudo a empresas que já trabalham em Portugal na distribuição e abastecimento de hidrogénio.

4. Contributos da CT 124 para a sustentabilidade

Com a elaboração em língua portuguesa dos documentos atrás referidos, a CT 124 contribuí para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU seguintes:

- ODS7 – Energias renováveis e acessíveis;
- ODS9 – Indústria, inovação e infraestruturas.

As motivações das entidades e seus representantes na CT 124 estão expressas nos respetivos textos reproduzidos abaixo.

1. Alinhado com o IPQ e Aliança ODS Portugal, para a concretização dos objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU, o Organismo de Normalização Setorial/Instituto Tecnológico do Gás (ONS/ITG) promove normas que:

- incentivem o uso de tecnologias e práticas que reduzam o consumo de recursos naturais;

- desenvolvam diretrizes para o abate adequado de Sistemas de medição antigos ou obsoletos;
 - incluam critérios para medir e certificar a eficiência energética de novos instrumentos de medição;
 - garantam que as práticas metrológicas sigam as metas de sustentabilidade globais, como as definidas pelos ODS.
2. Enquanto fabricante, é importante para a PETROTEC participar no processo de normalização com foco na sustentabilidade, pelos seguintes motivos:
- promoção do desenvolvimento de normas sustentáveis;
 - incentivo da economia circular e redução de resíduos;
 - soluções tecnológicas, como a digitalização e automação dos processos de medição e calibração;
 - redução de emissões através do desenvolvimento de novas tecnologias (ex.: sistemas de recuperação de vapores);
 - responsabilidade social e inovação sustentável.
3. No Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Técnico (IST), Lisboa, um contributo importante para a sustentabilidade consiste no incremento de utilização de energias renováveis, necessitando, em muitos casos, turbinas e outras turbomáquinas, com um bom desempenho. Assim, o trabalho normativo permite uma atualização do conhecimento dos equipamentos que caracterizam este desempenho.
4. Para o fabricante Danfoss, o conhecimento dos sistemas de medição de caudais para efeitos de controlo em sistemas e para faturação é importante e tem ficado muito melhorado pela colaboração na CT 124.
5. Para o industrial SOFEMA, o trabalho na CT 124 tem sido produtivo:
- tecnicamente, pela partilha de conhecimentos entre peritos;
 - socialmente, pelo fortalecimento da cultura das empresas permitirem criarem mais-valia em retorno à sociedade.
6. As mesmas observações emanam do industrial MECAPOR que adiciona a facilidade do cumprimento da aplicação das normas, trazendo melhor publicidade e menos riscos para o mesmo.

5. Impactos para a sociedade, economia e ambiente

Constituindo as medições uma das bases transversais a toda a atividade humana, é condição *sine qua non* que a Metrologia, no domínio dos padrões, dos Sistemas de medição e do controlo metrológico, se respalde por leis e normas praticamente idênticas em todos os países da CE e de todos os que interagem comercial e industrialmente neste âmbito.

Contudo, o reconhecimento da atividade de normalização no âmbito da metrologia, na economia e ambiente, poderá muito depender da sua divulgação, na medida em que contribua para:

- a confiança das medições, feitas numa base técnica reconhecida, transparente e fundamentada cientificamente, e nas instruções fornecidas pelos fabricantes dos respetivos sistemas de medição;
- a ausência de acidentes, malefícios e reclamações, com origem na utilização dos sistemas de medição.
- em suma, uma economia de progresso e bem-estar das populações.

Os desafios ambientais mais recentes e abrangentes cabem *ab initio* aos fabricantes aplicá-los e defendê-los no mercado, não obstante as normas a que temos acesso, algumas destas preocupações estarem expressas no tipo de materiais utilizados no fabrico dos sistemas de medição e na sua colocação em serviço, no que respeita à segurança dos utilizadores e das instalações, à preservação das qualidades físicas, químicas e biológicas dos produtos medidos, (combustíveis, alimentares e outros), e na forma de tratar os equipamentos em fim de vida.

Ora, em relação aos atributos acima referidos, não temos dados que nos permitam avaliar o seu reconhecimento pela sociedade, sequer que nos atribua algum mérito por iniciativas que tomemos nesse sentido.

Atualmente, a Qualidade aparenta estar a perder protagonismo e com isso os peritos nestas matérias sentem que as bases técnicas sólidas estão progressivamente a diluir-se em novos processos intangíveis muito apelativos economicamente, mas de sustentabilidade ainda por comprovar. Por exemplo, nos anos 90, pertencer a uma CT era interessante para as empresas desse âmbito, uma vez que poderiam acompanhar ou influenciar o início de novas normas, debater os assuntos inter pares sem perda da sua identidade, e, quando a norma saísse e fosse integrada numa lei, ou de alguma modo considerada de seguimento obrigatório, não só já estavam prontos como dominavam já todos as possíveis dificuldades da sua implementação. Isto era evidentemente uma vantagem competitiva que se refletia no sucesso e prestígio das empresas e dos peritos envolvidos. Esta política de estímulo era também, por sua vez e na medida adequada, posta em prática pelo IPQ em muitas iniciativas que desenvolveu.

Estas palavras não invalidam o nosso reconhecimento pelas inovações informáticas introduzidas, nomeadamente a aplicação ISOLUTION e a prometida pré-tradução dos documentos para trabalharmos. Todavia, não houve qualquer participação da CT no processo, que facilite a implementação dessa aplicação, resultando, ao fim ao cabo, a imagem de mais trabalho de casa para quem já está sobrecarregado.

6. Evolução / Inovação / Visão

A todo o momento evoluem as tecnologias, os materiais, as exigências ambientais e, em particular, os meios informáticos e suas aplicações!

A linguagem e os termos técnicos também mudam, não só empurrados pela normal evolução das línguas vivas como pela inovação tecnológica e sua integração nos instrumentos à disposição da sociedade, cada vez mais alargada.

Assim a evolução uniforme da sociedade torna-se impossível sem que estruturas transversais descentralizadas façam chegar às pessoas, com eficácia comprovada, informação e referências confiáveis e atualizadas.

7. Desafios e propostas

Toda a gestão moderna trabalha para obter resultados razoavelmente seguros com base em dados objetivos fidedignos.

No que diz respeito à CT 124, propomos um simples conjunto de indicadores que valorizariam a sua atividade se, de alguma forma, estivessem disponíveis:

1. Impacto dos documentos produzidos na sociedade (associações, empresas... representativas);
2. Posição em relação às outras CT congêneres sobre:
 - a. Representatividade;
 - b. Interesse para as partes representadas;
 - c. Participação;
 - d. Iniciativas;
 - e. Produtividade;
 - f. Procedimentos;
 - g. Incentivos recebidos;
 - h. Aspectos de sustentabilidade aplicáveis.

Assim, o envolvimento de todas as partes interessadas na identificação das suas expectativas e experiência, e na resenha das respostas recebidas, e na designação de ações de melhoria, conduziria não só a um trabalho mais consciente, como a uma auto motivação para a implementação dessas ações de melhoria. Com efeito, como dizia um físico célebre do século passado, *o verdadeiro conhecimento está na experiência.*

Referências

- [1] NP EN 24185: 2000 “Medição do Caudal de Fluidos em Conduitas Fechadas, método de pesagem”
- [2] NP EN 24006: 2002 “Medição do Caudal de Fluidos em Conduitas Fechadas. Vocabulário e Símbolos”
- [3] NP EN 13552: 2009/2017 “Especificação de funcionamento de medidores automáticos de nível de reservatórios”
- [4] DNP TS 4518: 2013 “Guia prático para a verificação de sistemas de recuperação de vapores em distribuidores de gasolina - Verificação periódica”
- [5] DNP TS 4529: 2014/2025 (ainda em revisão) “Sistema de medição dinâmica para líquidos exceto água: Parte 1. Requisitos metrológicos e técnicos”
- [6] NP ISO 20456: 2019 “Medição do caudal de fluidos em conduitas fechadas. Orientações para a utilização de caudalímetros eletromagnéticos em líquidos condutores”
- [7] NP ISO 10790: 2021 “Medição do caudal de fluidos em conduitas fechadas - Guia para a seleção, instalação e utilização de caudalímetros de Coriolis (medição de caudal mássico, massa volúmica e caudal volúmico)”

As “Artes” do Museu - Da Paleografia e Arqueologia... à Inteligência Artificial

*(The “Arts” of the Museum - From Paleography and Archaeology... to
Artificial Intelligence)*

A. Neves

IPQ - Instituto Português da Qualidade, Rua António Gião, 2, 2829-513, Caparica

aneves@ipq.pt

Resumo

O Museu de Metrologia do IPQ encontra-se num processo de transição digital, no que respeita às formas de divulgação da informação e apoio aos visitantes. Na Exposição Permanente “Pesos e Medidas em Portugal” desde o Dia Mundial da Metrologia de 2023 era já possível aceder a informação sobre o contexto histórico da criação/utilização das peças expostas, utilizando um smartphone, através de códigos QRCode, que remetiam para vídeos explicativos em português, construídos com tecnologias emergentes, incluindo inteligência artificial. Neste momento, essa informação poderá também ser acedida em inglês e francês. Contudo, o conhecimento assim transmitido continua a depender de ferramentas de investigação tradicionais, nomeadamente, para os documentos escritos, a paleografia, e para os vestígios materiais não escritos, a arqueologia. Apresentam-se dois casos concretos da utilização destas “ciências”, os quais contribuíram para produzir a narrativa histórica transmitida sobre a maior reforma metroológica anterior à adoção do Sistema Métrico Decimal.

Palavras-Chave: metrologia; paleografia; arqueologia; história; inteligência artificial; transição digital

Abstract

The IPQ Metrology Museum is undergoing a digital transition in terms of how it disseminates information and supports visitors. In the Permanent Exhibition “Weights and Measures in Portugal”, since World Metrology Day 2023, it has been possible to access information about the historical context of the creation/use of the exhibits using a smartphone, via QR codes, which link to explanatory videos in Portuguese, built with emerging technologies, including artificial intelligence. This information is now also available in English and French. However, the knowledge thus conveyed continues to depend on traditional research tools, namely palaeography for written documents and archaeology for non-written material remains. Two specific cases of the use of these ‘sciences’ are presented, which contributed to producing the historical narrative conveyed about the major metrological reform prior to the adoption of the Decimal Metric System.

Keywords: metrology; paleography; archaeology; history; artificial intelligence; digital transition

1. Introdução

O Museu de Metrologia do Instituto Português da Qualidade, tem a missão de promover a recolha, preservação, estudo e divulgação do espólio metrológico com interesse histórico.

O espólio do Museu é composto por cerca de 3000 peças, na sua maior parte, instrumentos de medição e padrões de medida, que cobrem praticamente toda a História de Portugal, com destaque para as maiores reformas metrológicas ocorridas no nosso país, nomeadamente as da época moderna, com D. Manuel I, D. Sebastião, Filipe I, e a tentativa de reforma do príncipe regente D. João (futuro D. João VI).

O modo privilegiado de divulgação deste património baseia-se na realização de visitas guiadas à Exposição Permanente “Pesos e Medidas em Portugal”.

A mudança de instalações do Museu, para um espaço mais nobre, e de melhor acessibilidade, ocorrida em 2016, permitiu a possibilidade de realização de visitas por pessoas individuais, não inseridas nas visitas guiadas previamente programadas.

Esta abertura colocou um novo desafio: enquanto nas visitas guiadas, o guia fornece um enquadramento contextual/histórico que “dá vida” às peças expostas, tornando-as protagonistas de “histórias da nossa História”, quem visita isoladamente a exposição, vê as peças, pode identificá-las pelas legendas expostas, apreciar a beleza de algumas, mas dificilmente terá um vislumbre do seu significado ou do papel que desempenharam na História da Metrologia Portuguesa.

O primeiro passo para ajudar os visitantes a melhor compreender a exposição e entender o interesse/relevância das peças que lhe são exibidas foi a edição de um catálogo/guia da Exposição Permanente, primeiro em português, em 2018, e logo no ano seguinte em inglês, disponibilizado gratuitamente.

2. Transição Digital

Vivemos hoje um mundo digital. O conhecimento, que ao longo de séculos foi obtido, preferencialmente, através da leitura, chega-nos de formas diversas, cada vez mais através de um écran.

O telemóvel transformou-se num smartphone, um pequeno computador, com possibilidade de aceder a redes de informação infinitas, ou seja, basicamente tudo o que esteja disponível na internet. O impacto do smartphone nas nossas vidas foi tal, que se trata, provavelmente, de um dos instrumentos mais característicos e definidores da nossa sociedade, do qual nos tornámos praticamente dependentes.

A nossa missão continua basicamente a mesma, nomeadamente no que respeita ao estudo e divulgação do espólio metrológico com interesse histórico, mas a tecnologia hoje disponível permite-nos fazê-lo de formas que, há anos, seriam impensáveis.

Assim, entendemos que seria interessante disponibilizar aos visitantes informação relativa às peças expostas, ao contexto da sua utilização ou às reformas metrológicas a que estão associadas, no instrumento que, habitualmente, todos trazem consigo: o telemóvel.

Seriam criados conteúdos relativos a cada unidade expositiva (uma vitrine, um plinto, um painel) e, ao apontar o telemóvel para um QRCode situado em cada uma dessas

unidades, o utilizador acederia a conteúdos relativos às peças aí expostas e ao contexto da sua criação/utilização.

A primeira versão deste projeto baseava-se em conteúdos disponibilizados exclusivamente em texto e imagem estática (no fundo, como o guia impresso).

Contudo, a crescente disponibilização de novas tecnologias, logo sugeriu uma alteração. Nos últimos anos temos assistido a um crescente desenvolvimento e divulgação de ferramentas de Inteligência Artificial, nas mais diversas áreas: realidade aumentada, manipulação/criação de imagem estática e em vídeo, tradução, reconhecimento de voz e texto, conversão de texto em som e/ou imagem, avatares, etc.

Assim, na sequência de meses de testes e experiências, foi finalmente possível, no Dia Mundial da Metrologia de 2023, inaugurar um serviço de acesso a informação vídeo, acessível por QRCode, na Exposição “Pesos e Medidas em Portugal”.

Ao apontar os telemóveis para o QRCode, os visitantes acedem a um pequeno vídeo, em que uma pessoa virtual, um avatar, faz o papel de guia da visita, fornecendo a informação contextual/histórica associada à unidade expositiva a que se refere o vídeo.

Este serviço disponibilizava 26 vídeos com informação exclusivamente em português. Contudo, foi desde o início pensado para um futuro desenvolvimento, no sentido de poder vir a funcionar com versões em diversas línguas.

Durante o último ano, foi desenvolvido o projeto de disponibilizar a informação acedida por QRCode em 3 línguas, ou seja, além do português, passar a incluir conteúdos em inglês e francês.

Apesar de muitos contratemplos, a primeira versão trilingue está já funcional. Hoje, ao apontar para o mesmo QRCode, já não somos remetidos automaticamente para o vídeo em português, mas para um menu onde, com um simples clique, escolhemos a língua que dá acesso ao vídeo pretendido, como pode ser visto na figura 1.

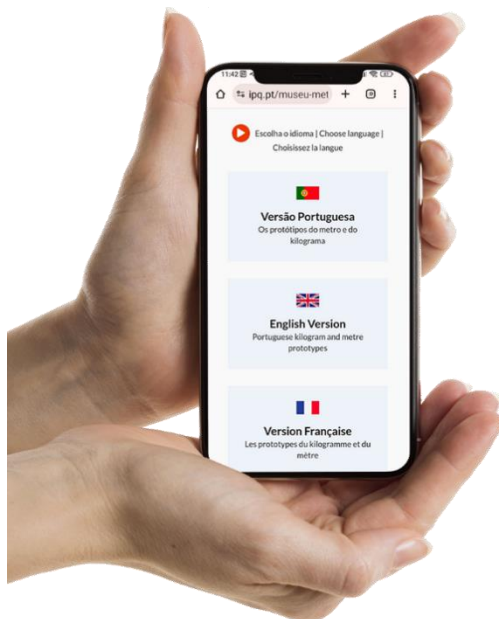


Figura 1: Página com menu para escolher a língua

O sistema está montado para permitir a inclusão de vídeos noutras línguas, se assim o pretendermos, ou evoluir para outro tipo de conteúdos.

Além da produção dos vídeos em inglês e francês, (26 em cada língua), foi necessário proceder à criação (em alguns casos, alteração) de 104 páginas web: 26 para os menus e 78 com os vídeos: 26 para cada língua (PT, EN e FR).

3. Criação e disponibilização de vídeos acedidos por QRCode

A criação dos ficheiros com os vídeos a que os visitantes podem aceder apontando o seu telemóvel para o QRCode implicou a utilização de diferentes tecnologias e serviços, mas, acima de tudo, uma sequência de tarefas necessárias para produzir o produto final, que aqui se resumem:

- Assim, em primeiro lugar, há que escolher o texto. No caso de se tratar das versões em inglês ou francês, é necessário traduzir o texto a partir do português.
- Depois, temos que produzir o vídeo de um avatar (uma personagem virtual) a apresentar (oralmente) o texto escolhido.
 - Como o avatar irá ser apresentado em frente ao conteúdo (geralmente a unidade que expõe as peças), usamos a mesma tecnologia utilizada nas cenas de ação dos filmes: um fundo verde (chromakey) que será posteriormente apagado.
 - Temos também que escolher o “ator” que dá voz (na língua e com a pronúncia/sotaque que pretendemos).
 - Reunidos todos os componentes, produzimos o vídeo do avatar. Frequentemente é necessário repetir diversas vezes, acertando detalhes fonéticos, alterando texto, pausas, ritmo, etc.
- Finalmente, há que produzir o vídeo final.
 - Escolhemos os conteúdos a apresentar em fundo (a versão mais simples pode ser apenas uma imagem da unidade expositiva).
 - Inserimos o vídeo do avatar e outros elementos que possam ser úteis (ex: faixa que aumente o contraste para facilitar a legibilidade das legendas).
 - Apagamos o chromakey, para que se vejam as imagens atrás do avatar.
 - Inserimos as legendas. A sincronização manual das legendas com a voz é um processo moroso e aborrecido. Podemos recorrer a um site que faz isso com uma eficácia admirável (vídeo para texto).
 - Criamos o vídeo no formato/qualidade que pretendemos.

Em alguns destes passos utilizamos ferramentas que recorrem a IA, nomeadamente na tradução do texto, criação do avatar, leitura do texto, sincronização da imagem (movimentos labiais e expressões) com a voz e até na criação automática de legendas, num processo que passa de texto para vídeo, e de novo, de vídeo para texto.



Figura 2: Exemplo de imagem do vídeo com avatar a apresentar o padrão manuelino

4. Criação das páginas com os vídeos e os menus

A disponibilização dos vídeos é feita através de páginas web acessíveis a partir de qualquer plataforma digital (computador, tablet, smartphone). A primeira versão incluía 26 páginas, com os vídeos apenas em português. A opção de remeter para páginas com os vídeos e não diretamente para os mesmos facilitou a evolução de uma versão apenas numa língua, para a opção atual, trilingue. Seria “apenas” necessário produzir (criar ou alterar) as 104 páginas necessárias.

Tendo em conta a crescente disponibilidade, eficácia e contributo para a produtividade de muitos serviços emergentes, acredito que, cada vez mais, vamos ser convidados a utilizar, de forma criativa, ferramentas baseadas em I. A. para promover e divulgar o nosso património e informação relevante a ele associada.

5. A leitura paleográfica do marco de “Tria”

A informação que disponibilizamos nestes vídeos ou de quaisquer outras formas resulta do estado atual do nosso conhecimento. Trata-se de um processo que nunca tem fim e que depende dos dados recolhidos, estudados e interpretados em cada momento.

No caso da História, desde que existe escrita, o legado escrito dos nossos antepassados constitui uma das fontes fundamentais de informação.

Antes da imprensa, a escrita era exclusivamente manuscrita, o que aumenta o desafio: além de dominar a língua em causa, torna-se necessário saber ler textos escritos em épocas em que a ortografia não estava normalizada, e além de as mesmas palavras se poderem escrever de forma diferente, abundavam as abreviaturas.

A ciência/arte de decifrar a escrita antiga é a paleografia, que possibilita transcrever a caligrafia antiga e aparentemente incompreensível para nossa grafia atual, possibilitando, assim, o acesso à informação contida na documentação.

Um dos documentos mais importantes da História da Metrologia Portuguesa é a circular enviada pelo rei D. João II às cidades mais importantes do país em 1488, determinando a abolição do marco de Troyes, conhecido como marco de “Tria”, e a

adoção, para uso universal, do marco de Colónia. Os marcos de Tria e de Colónia coexistiram no século XV a par de outras unidades e sistemas, não existindo um sistema único de peso [1].

O exemplar mais conhecido e estudado desta “Provisão” real é o existente no Arquivo Municipal do Porto, apresentado na figura 3.

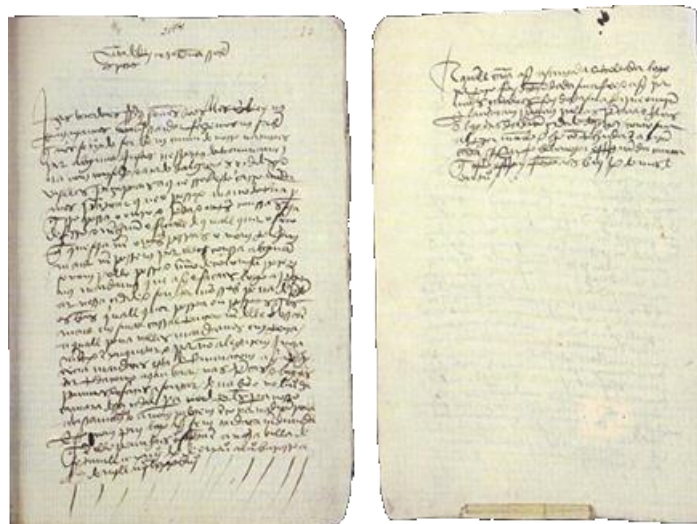


Figura 3: Provisão de 14 de outubro de 1488. Exemplar do Porto.

Contudo, a leitura deste documento tem sido, ao longo da história, objeto de alguma polémica, pois muitos investigadores indicaram que não se conseguia ler a palavra “Tria” por o documento se encontrar danificado, o que poderia permitir interpretações diversas. Uma reprodução deste documento é bem visível na Exposição Permanente “Pesos e Medidas em Portugal”, e o documento é, naturalmente, referido no vídeo relativo à vitrine onde se encontra a reprodução.

Nos anos 40 do século passado, foi encontrado um outro exemplar da circular, em Évora, embora existissem interpretações diferentes sobre o nome do marco abolido. Assim, pareceu-me que teria sentido tentar aceder a esta nova versão, a fim de fazer a minha própria leitura e interpretação. Contactei o Arquivo de Évora e adquiri uma versão digital da carta de D. João II, em figura 4.

— A leitura deste documento é a seguinte:

«juizes vereadores procuradores e ho-
mões bõos. Nós El-Rey vos emuyamos /
muyto saudar // fazemos nos saber que
nos sentindo seerẽ beus / commuãs de
nossos naturaes per alguũs justos respei-
tus Deter / mynamos ora cõ comsselho e
acordo dalguãas çidades e villas / prinçi-
paaes a que sobresto caso mandamos pra-
cticar que o peso e / marco detera porque
se pesa — ouro e prata. e outras cousas
seja / defeso e nenhũn ofiçial de quaalquer
ofiçio que seja nẽ outras / pessoas o nom
tenhõm nẽ pesẽ por ello cousa alguãa
senõ / senõ per o peso e marco de colonha
porem vos mandamos que / asy o facaaes

Figura 4: Excerto da transcrição de Couvreur

Embora a versão que me enviaram seja monocromática e nem sempre de fácil leitura, penso ter chegado a uma conclusão definitiva. O autor que revelou o documento sugeriu “marco de tera” (de terra), como se vê na figura seguinte.

suposição de que se não trata de Marco da terra, mas de Marco de Teja, hipótese que julgamos não tenha sido ainda aventada e que as razões expostas na Nota se nos afigura que poderão confirmar.

RAÚL COUVREUR

Figura 5: Hipótese “de Teja” - Couvreur [2]

Mais tarde, numa adenda, aventou outra possibilidade: “marco de Teja”, embora outro autor tenha já garantido que se tratava de “marco de tria”...

Os escribas que redigiam os documentos portugueses anteriores à utilização da imprensa, e mesmo os posteriores, quando manuscritos, utilizavam frequentemente abreviaturas, a fim de poupar tempo e espaço na redação. Conhecer essas abreviaturas é uma condição indispensável para se conseguir ler/decifrar esses documentos e sugerir uma transcrição correta.

Ao ler a circular de Évora, verifica-se que a palavra em causa tem apenas 2 letras e uma abreviatura, como é comum nos documentos desta época, neste caso entre o “t” e o “a”: “marco de t ?? a”. Portanto, a palavra deve começar com um “t” e acabar com um “a”. Falta apenas decifrar que parte foi abreviada.

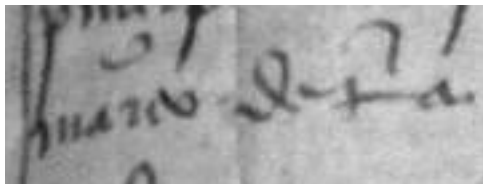


Figura 6: Excerto da circular de Évora

Conhecemos hoje a generalidade das diversas abreviaturas utilizadas. Assim a abreviatura visível na palavra em dúvida era, então, utilizada frequentemente para substituir as letras “ir”, ou “ri”, como na palavra “trinta”, ou “cabritos”, ambas reproduzidas como exemplo.

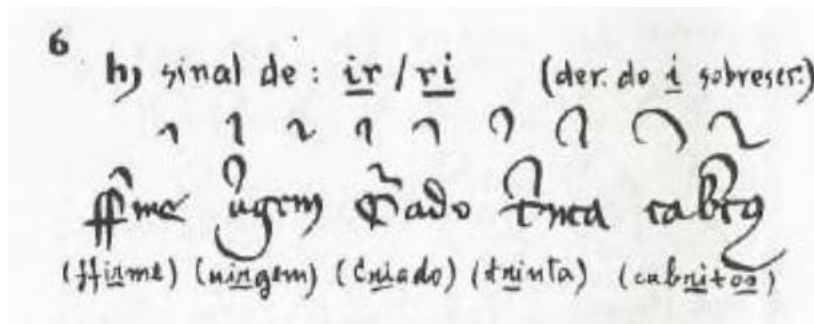


Figura 7: Excerto de “Abreviaturas paleográficas portuguesas”

Assim, é razoável concluir que a palavra em causa deve ser lida e transcrita como “tria”, o nome pelo qual era conhecido em Portugal o marco de Troyes. Penso que

estamos, finalmente, em situação de dissipar quaisquer dúvidas sobre qual o padrão abolido por D. João II, na sua tentativa de promover um sistema único de peso, baseado no marco de Colónia, já comumente utilizado em Portugal desde, pelo menos o século XIII.

Quanto ao padrão adotado pelo rei, parecem não existir dúvidas: “marco de colonha”, ou seja, de Colónia [3].

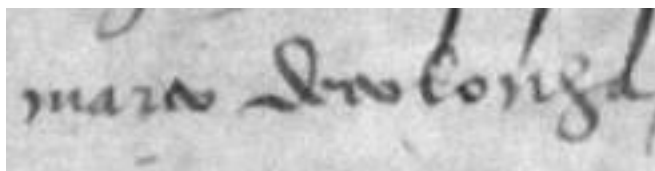


Figura 8: Excerto da circular de Évora

A reforma metrológica de D. Manuel I irá basear-se, no que respeita ao peso, no sistema proposto por D. João II, assente neste marco.

6. As pilhas de pesos de Oranjemund

Em 2008, foram descobertos, em Oranjemund, na Namíbia, vestígios do naufrágio de uma nau portuguesa da “Carreira das Índias”. Entra os imensos despojos encontrados, conta-se uma fortuna em moedas de prata e ouro, no valor de vários milhões de euros.

Partindo dos objetos encontrados, nomeadamente das moedas, a generalidade dos historiadores considera tratar-se da nau Bom Jesus, que naufragou em 1533, quando se dirigia para a Índia.

Existem diversos estudos e artigos publicados sobre os despojos encontrados, nomeadamente as moedas, os lingotes de cobre, presas de marfim, um astrolábio (eventualmente o mais antigo astrolábio português), muitos utensílios do quotidiano e até vestígios humanos.



Figura 9: Moedas encontradas em Oranjemund

Contudo, também foram encontradas duas pilhas de pesos portugueses (uma completa e outra incompleta) que não encontro mencionadas na literatura, mas foram apresentadas pelo Eng. António Cruz, ex-Diretor do Departamento de Metrologia do IPQ, num evento que, em 2012, celebrou, no IPQ, os 500 anos da impressão da primeira versão das Ordenações Manuelinas.

Em 2020, comecei a produzir um pequeno vídeo, em que mostraria algumas pilhas existentes no Museu, semelhantes à encontrada em Oranjemund. Pretendia divulgar, para o público em geral, a utilização e possível globalização dos padrões de peso portugueses, resultantes da reforma metrológica do rei D. Manuel I.



Figura 9: Dieter Noli com uma pilha da Bom Jesus e eu com uma pilha do Museu

Tinha já iniciado a produção do vídeo, quando me ocorreu algo que poderia pôr em causa o conteúdo do mesmo: a reforma do peso de D. Manuel I, baseada na proposta de D. João II, baseava-se num arrátel de 16 onças (2 marcos de Colónia) [1]. Contudo, sabemos que no comércio da Índia, se manteve em uso o “peso velho”, baseado no arrátel de 14 onças, que era o sistema mais comum no séc. XV, como se pode ler no “Livro de Duarte Barbosa” [4], na figura 10.

Dos Pesos de Portugal e da Índia, e como estes correspondem com os de Portugal.

O Arratel de peso velho tem 14 onças.
 O arratel de peso novo tem 16 onças.
 Oito quintaes velhos fazem sete quintaes novos, e cada quintal novo tem 128 arrateis de 16 onças.
 Cada quintal velho são tres quartos e meio de quintal novo, e he de 128 arrateis de 14 onças cada hum.
 Huma Farazola tem 22 arrateis de 16 onças e mais 6 onças e dous quintos.
 Vinte Farazolas fazem hum Babar.
 Hum Babar são 4 quintaes velhos de Portugal.
 Todas as Especiarias e Dragoarias, e tudo o mais que vem da Índia, vende-se em Portugal a peso velho, tudo o mais vende-se a peso novo.

Figura 10– Extrato do “Livro de Duarte Barbosa”

Assim, se as pilhas de peso da nau Bom Jesus eram as utilizadas no comércio com a Índia, existia uma forte possibilidade de se tratar de pesos no sistema ponderal antigo (o “peso velho”) e não no resultante da reforma metrológica, utilizado para tudo o resto em Portugal desde a reforma manuelina até meados do séc. XIX. Se afirmasse, no vídeo, que se tratava de dois exemplares do mesmo padrão de um arrátel, seria um erro imperdoável.

Desenvolvi esforços para conseguir contactar o arqueólogo Dieter Noli (a única pessoa que eu sabia conhecer os pesos) a fim de confirmar a minha hipótese: as pilhas seriam do arrátel de 14 onças. Finalmente recebi a resposta:

Dear Antonio

Thank you very much for your mail and for the very interesting information about the weight reform and the weight “piles” used for the spice trade with India.

And yes, it would seem that your information is correct as far as the two sets (one complete, one partial) of weights recovered from the “Bom Jesus” are concerned

The weights of the complete set add up to seven ounces for the eight weights, with the container of the weight making up weight number nine, also of seven ounces. **The entire set, therefore, container and all, weighs 14 ounces, making it the “old standard” – exactly as you had predicted.**

And since the incomplete set has weights that weigh more or less the same, it presumably also weighed 14 ounces when complete.

Figura 11: Excerto do mail de Dieter Noli confirmando a hipótese do “peso velho”

Sem esta confirmação da arqueologia, eventualmente iria ser divulgada uma informação errada.

7. Conclusão

O cumprimento da nossa missão de divulgação do património e da nossa História faz-se hoje, cada vez mais, com um recurso a tecnologias novas, ao digital, à inteligência artificial, que nos permite modelar e até (re)criar a realidade, para melhor a fazer chegar aos nossos clientes, interlocutores, visitantes, alunos... Contudo, o conhecimento assim transmitido, nomeadamente na História, continua a ser, como há 100 anos, construído com o recurso a disciplinas auxiliares tradicionais, como a paleografia (para os documentos manuscritos) ou a arqueologia para os vestígios materiais não escritos.

No caso presente, a narrativa que apresentamos, associada à maior reforma metrológica anterior à adoção do Sistema Métrico Decimal, é credora da correta leitura paleográfica de uma circular de D. João II, e do trabalho arqueológico realizado na Namíbia nos despojos do naufrágio de uma nau da carreira das Índias, o mais antigo conhecido até agora, naquela parte da costa africana.

Referências

- [1] L. Seabra Lopes “Os Marcos de Colónha e de Tria e a Reforma dos Pesos de Dom João II (1487-1488)”, *Revista Portuguesa de História* t. 51, 83-105 (2020).
- [2] R. da Costa Couvreur “O nome do marco abolido por D. João II por provisão de 14 de Outubro de 1488. In Anais das bibliotecas e arquivos de Portugal” *Revista Trimestral de Bibliografia, Bibliografia, Biblioteconomia, Bibliotecografia, Arquivologia, etc.* Vol. XVI, n.ºs 63 e 64 ([1942]). Lisboa: Tipografia da Empresa Nacional de Publicidade, 1944.
- [3] M. Viana “O arrátel em Portugal nos séculos XIV e XV e o seu contexto económico; in Regulamentação dos Mesteres em Portugal nos Finais da Idade Média” *Laboratório de Paisagens Património e Território*, Vol. II, 13-25 (2022).
- [4] D. Barbosa “Livro de Duarte Barbosa”; in *Colecção de notícias para a história e geografia das nações ultramarinas que vivem nos domínios portugueses ou que lhes são vizinhas*. Lisboa: Academia Real das Ciências, tomo 2, nº 7, 231-396.



Recuperar o Rigor da Avaliação da Recuperação Analítica

A grande generalidade dos ensaios químicos distingue-se da maioria dos ensaios físicos pelo facto da medição da grandeza em estudo poder ser afetada por outras características composicionais do item de ensaio. Estas características composicionais são habitualmente designadas como a “Matriz”. O impacto da matriz nas medições condiciona os tipos de materiais de referências e, nalguns casos, os métodos de análise usados (procedimentos de medição de acordo com o “Vocabulário Internacional de Metrologia” [1]). A título de exemplo, os métodos de quantificação do inseticida paratião em águas de consumo humano, águas residuais, alimentos com baixo teor em gordura ou alimentos com alto teor em gordura são todos diferentes bem como os materiais de referência usados nestes ensaios. Assim a validação e controlo da qualidade da análise de paratião em maçã ou em azeite requerem produtos destas naturezas com teor de referência de paratião. Em contraste, a mesma balança e massas de referência são usadas para a medição física das massas das tomas de ensaio (i.e., massa de maçã ou azeite) que são sujeitas às restantes etapas das medições em química.

A vida dos analistas/metrologistas químicos complica ainda mais quando o desempenho do método analítico depende de detalhes da matriz como o estado de maturação da maçã ou a acidez do azeite. O método de análise e os materiais de referência podem mesmo mudar com detalhes relevantes de um “tipo” de matriz.

Com vista a monitorizar o desempenho dos ensaios químicos, os laboratórios analisam produtos com valor conhecido (de referência) da propriedade estudada (por exemplo a fração mássica de paratião) quantificando a designada “Recuperação” do valor de referência. Esta recuperação, R , é a razão entre o valor estimado, q , e de referência, Q , assumindo que os desvios de medição são proporcionais ao valor da grandeza medida; as letras “ q ” e “ Q ” aqui utilizadas como símbolos vêm do termo inglês “quantity” correspondendo ao português “grandeza”.

$$R = \frac{q}{Q} \quad \left| \begin{array}{l} q - \text{valor medido da grandeza} \\ Q - \text{valor de referência da grandeza} \end{array} \right.$$

Os laboratórios focam muitas vezes a atenção no valor médio e na dispersão da recuperação observada. Idealmente a recuperação deve ser igual a 1 ou 100 %, sendo que valores abaixo e acima de 100 % indicam perdas e interferências cumulativas na análise, respetivamente.

Quando o laboratório avalia a incerteza da medição deve ter em conta entre outras componentes, (1) a incerteza do valor de referência do material de referência, Q , (2) a recuperação média, (3) a dispersão da recuperação e (4) o número de ensaios de recuperação. O número de ensaios de recuperação expressa a quantidade de informação reunida relevante para a expansão do nível de confiança da incerteza padrão combinada.

Quando não estão disponíveis materiais de referência comerciais adequados (i.e. produtos equivalentes em termos analíticos às amostras analisadas como azeite com teor de referência de paratião), os laboratórios podem produzir internamente esses materiais. Podem, por exemplo, adicionar uma fração de massa conhecida de paratião a um azeite com resíduos de paratião para avaliar a sua recuperação analítica. Neste caso, a recuperação será a razão entre a estimativa do valor adicionado determinada pelo método de análise a dividir pelo valor que se sabe adicionado, Q_A . Aqui, o laboratório tem de determinar o valor de grandeza nativo, q_N (e.g. teor de paratião do azeite antes da adição) e depois da adição, q :

$$R = \frac{q - q_N}{Q_A}$$

q	– valor medido da grandeza após adição de analito
q_N	– valor medido da grandeza antes da adição de analito (i.e. nativo)
Q_A	– valor adicionado de analito

Ou seja, em vez de uma análise química, nestes casos, a recuperação requer duas análises químicas que devem ser consideradas na determinação da incerteza da medição.

Os analistas aprendem que a adição de analito, designada fortificação, não deve diluir a matriz de forma significativa: deve ser suficientemente elevada para se distinguir de q_N e não deve levar a valores de q (valor após adição de analito) muito diferentes dos valores habituais nas amostras analisadas. Muitas vezes, apenas um ou dois destes requisitos conseguem ser cumpridos de forma exemplar devido a limitações materiais e até de tempo pela necessidade de repetir adições de analito em rotinas laboratoriais sobrecarregadas. Assim, o cálculo da incerteza da recuperação de analito através da análise de materiais de referência ou amostras fortificadas com analito nativo é substancialmente diferente apenas pelo facto de as segundas envolverem duas análises químicas e poderem estar associadas a incertezas muito elevadas quando $(q - q_N)$ é equivalente a q_N .

Nos últimos anos, alguns autores desenvolveram formas de calcular a incerteza da recuperação de analito que omitem diferenças na determinação desta incerteza em função do tipo de material de referência, assumindo que as inconsistências da simplificação são desprezáveis ou compensadas com outras simplificações da avaliação da incerteza [2]. Alguns analistas, mesmo cientes destas inconsistências da avaliação da incerteza da medição, defendem que as mesmas não têm tido impacto na grande generalidade das avaliações analíticas que têm seguido esta abordagem e que não existem alternativas aos algoritmos usados.

O Grupo de Trabalho da Eurachem em “Incerteza e rastreabilidade da medição” [3] tem investido no desenvolvimento de fórmulas mais rigorosas de avaliação da incerteza da medição recorrendo a dados da validação interna dos métodos de análise que tem como objetivo recuperar o rigor da avaliação da incerteza da medição perdido com simplificações recentes e crescentemente populares. As soluções da Eurachem são de fácil implementação e permitem saber exatamente se a adição de analito ao teor nativo foi inadequadamente baixa e como este facto pode afetar a avaliação do desempenho das análises [4]. Toda esta discussão se tornará cada vez mais importante à medida que a

avaliação da conformidade dos produtos avaliados em termos de composição química tiver em conta a incerteza da medição.

Este ano, estas e outras discussões igualmente relevantes e entusiasmantes vão passar por Lisboa onde vai decorrer o *workshop* anual da Eurachem intitulado “Eurachem/CITAC Workshop on Quality in Analytical Measurements: Uncertainty Evaluation and Results Interpretation”, nos dias 11 e 12 de maio. Nessa altura, deverá estar finalizado um novo guia Eurachem/CITAC sobre a avaliação da incerteza da medição recorrendo a dados da validação interna dos métodos de análise. No domingo 10 de maio, vários peritos da Eurachem vão ministrar um curso sobre o conteúdo do novo guia Eurachem. Os sócios da SPQ, SPMet, RELACRE e ForMEQ têm descontos nestes eventos imperdíveis.

Mais informações encontram-se em: <https://eurachem2026.events.chemistry.pt/>



Referências

- [1] IPQ, INMETRO, [Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados](#), 1.ª edição Luso – Brasileira (2012);
- [2] Nordtest, Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories (NT TR 537), 4th Edition (2017);
- [3] Measurement Uncertainty and Traceability Working Group: <https://www.eurachem.org/index.php/euwgs/muwg> (consultado a 2026-02-17);
- [4] Measurement uncertainty evaluation based on in-house validation data (online), 2022: <https://www.eurachem.org/index.php/events/completed/433-wks-muihv-22> (consultado a 2026-02-17);
- [5] Eurachem/CITAC Workshop on Quality in Analytical Measurements: Uncertainty Evaluation and Results Interpretation, Lisbon, 11 and 12 May 2026: <https://eurachem2026.events.chemistry.pt/workshop> (consultado a 2026-02-17).

Ricardo Bettencourt da Silva



Metrologia no Quotidiano

Todos os que se relacionam com a metrologia, enquanto ciência da medição, sabem quão omnipresente — contudo invisível — ela domina o nosso dia-a-dia e quanto vale enquanto base tecnológica de suporte ao nosso quotidiano. Os seus resultados garantem que o mundo moderno funcione com segurança, equidade e eficiência.

Auxiliar os sentidos humanos é um domínio onde a metrologia amplia, complementa e torna fiáveis as perceções, muitas vezes limitadas, subjetivas ou oscilantes; deixo aqui alguns exemplos onde essa intervenção pode passar despercebida, contudo atua como ferramenta de extensão e validação sensorial, retirando subjetividade ao operador enquanto instrumento de medição.

Quando é difícil ver:

Colorimetria: medição exata da cor — o olho humano não tem resolução suficiente para distinguir pequenas variações.

Espectrofotometria: quantificação da luz absorvida/transmitida em análises químicas — invisível ao olho humano.

Quando é difícil cheirar:

Cromatografia e espectrometria de massa: deteção de compostos voláteis ou poluentes, impercetíveis para o nariz humano.

Ensaios de qualidade do ar: medição de gases tóxicos, muitas vezes abaixo do limiar olfativo.

Quando é difícil tatear:

Medição de força, pressão, torque: para além da sensibilidade manual.

Estudos da rugosidade e texturas: ensaios objetivos de dureza, elasticidade, aderência e aceção de conforto ao toque.

Quando é difícil ouvir:

Acústica: sonómetros quantificam níveis de ruído, onde o ouvido não é fiável nem comparável.

Audiometria clínica: medição padronizada da sensibilidade auditiva.

Quando é difícil saborear:

Análises físico-química de alimentos: parâmetros que afetam o sabor, mas que o paladar humano não quantifica.

Deteção de contaminantes alimentares: indetetáveis ao gosto — metais pesados, pesticidas, micotoxinas.

Quando tudo é difícil:

Dosimetria de radiação: a perceção humana é inexistente ou tardia, mas o risco é real.

“Onde o corpo sente, a metrologia confirma; onde os sentidos falham, a metrologia quantifica”.

Boas medições!

Luís Ribeiro

Metrologia e Inovação: Fundamentos para a Transformação Tecnológica e Sustentável

A Metrologia, enquanto ciência da medição, é um dos pilares fundamentais da qualidade, da segurança e da competitividade industrial. Num mundo em constante transformação, marcado pela digitalização, pela transição energética e pela crescente exigência regulatória, a inovação em Metrologia tornou-se estratégica para garantir confiança, rastreabilidade e interoperabilidade em todos os setores da sociedade.

Em Portugal e na Europa, a Metrologia tem evoluído em sintonia com os avanços tecnológicos, integrando conceitos como *Metrologia 4.0*, inteligência artificial, sensores inteligentes, redes IoT (internet das coisas) e certificação digital. Esta convergência entre ciência metrológica e tecnologia tem permitido não só a modernização dos laboratórios, mas também o desenvolvimento de soluções mais eficientes, sustentáveis e adaptadas às necessidades emergentes da indústria e da sociedade.

Programas de investigação e desenvolvimento europeus, como o *European Metrology Programme for Innovation and Research* (EMPIR) e o novo *European Partnership on Metrology* (EPM), têm financiado projetos em várias áreas específicas como: indústria, energia, ambiente, saúde, metrologia fundamental, tecnologias quânticas e normalização.

Exemplos de Inovação em Metrologia

Um dos avanços mais significativos no âmbito da digitalização da Metrologia é a implementação dos Certificados de Calibração Digitais (DCC) *machine readable*, que substituem os documentos em papel e em pdf por formatos digitais estruturados, permitindo a integração direta com sistemas de gestão da qualidade e plataformas industriais. Esta inovação facilita a rastreabilidade direta ao Sistema Internacional de unidades (SI), reduz erros humanos e promove a interoperabilidade entre diferentes sistemas, sendo já adotados por diversos Institutos Nacionais de Metrologia na Europa.

Outro exemplo relevante consiste na utilização de tecnologias fotónicas e sensores ópticos em medições ambientais. Sistemas baseados em espectroscopia e deteção remota têm sido amplamente aplicados na monitorização da qualidade do ar, da água e na deteção de poluentes em tempo real. Estes dispositivos, muitas vezes integrados em redes IoT, permitem medições contínuas com elevada exatidão, contribuindo para a dinamização de políticas públicas mais eficazes e para a proteção ambiental.

Na área da saúde, a Metrologia tem desempenhado um papel crucial no desenvolvimento de padrões biológicos e métodos de medição para diagnósticos moleculares, como os utilizados na deteção de vírus, biomarcadores e na caracterização de vacinas.

A Metrologia Quântica representa outra fronteira de inovação, considerando, em particular, a utilização de sensores, de tecnologias baseadas em átomos frios, interferometria e relógios atómicos para redefinir as unidades fundamentais e melhorar a exatidão das medições em diversos domínios, tais como o tempo, a massa e a eletricidade. Estes desenvolvimentos têm implicações diretas na navegação por satélite, nas telecomunicações e na física fundamental.

O Papel de Portugal na Inovação Metroológica

Em Portugal, o Instituto Português da Qualidade (IPQ), enquanto Instituição Nacional de Metrologia, tem promovido a modernização das suas infraestruturas laboratoriais e a participação ativa em projetos europeus de investigação e desenvolvimento. A Unidade Laboratório Nacional de Metrologia tem contribuído para o desenvolvimento de capacidades técnicas essenciais em áreas que asseguram a rastreabilidade nacional das grandezas de base do Sistema Internacional de unidades, bem como de inúmeras grandezas derivadas, reforçando a confiança metroológica nacional.

Conclusão

A Metrologia, enquanto ciência da medição e das suas aplicações — é efetivamente um *motor* de inovação tecnológica, sustentabilidade e de soberania nacional. A sua integração com tecnologias emergentes permite não só melhorar a exatidão das medições, mas também responder de forma ágil e eficaz aos desafios globais e emergentes. Investir em Metrologia é investir num futuro mais rigoroso, seguro e resiliente, onde a confiança e a rastreabilidade das medições são a base para decisões informadas, produtos de qualidade e sociedades mais sustentáveis.

Elsa Batista



Esta rubrica tem por objetivo sugerir um endereço que mereça um *click* dos nossos leitores.

Nesta edição, proponho-me referenciar o trabalho desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST) — o instituto nacional de metrologia dos Estados Unidos da América — que disponibiliza de forma gratuita a sua NIST Uncertainty Machine.

Trata-se de uma aplicação de software baseada na *web* que permite, de uma forma intuitiva e rápida, avaliar a incerteza de uma medição associada a uma grandeza de saída definida por um modelo de medição, dado por: $y = f(x_0, \dots, x_n)$. Aquele instituto declara que o software disponibilizado implementa o método aproximado de avaliação da incerteza descrito no *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM) e o método de Monte Carlo dos Suplementos 1 e 2 daquele guia.

Apesar dos avanços tecnológicos que hoje se assiste em Inteligência Artificial, a determinação de uma incerteza de medição continua a ser um processo técnico, rigoroso e regulamentado, que não pode ser substituído por estimativas genéricas ou probabilísticas fornecidas por IA genérica. Assim, ferramentas como esta, são uma necessidade estratégica, pelo que deixo aqui o *link* direto para esta aplicação, como sugestão para uma rápida avaliação: <https://uncertainty.nist.gov/>

Boas incertezas.

Luís Ribeiro



Monografias

Measurement Uncertainty: A Reintroduction

Antonio Possolo, Juris Meija

Publicação: Sistema Interamericano de Metrologia – SIM
Montevideo, Uruguai, setembro 2022

Edição n.º 2

Patrocinadores: National Institute of Standards and Technology (USA)

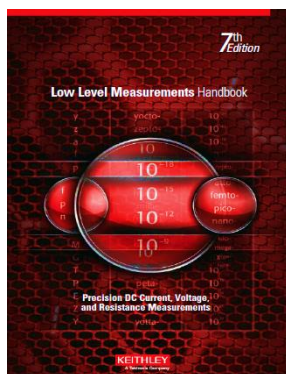
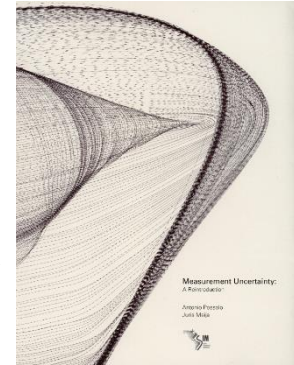
National Research Council Canada (Crown copyright © 2022)

258 páginas

ISBN: 978-0-660-42866-6 (PRINT) 978-0-660-42865-9 (PDF)

Descarregamento gratuito em: nrc-publications.canada.ca

Este livro apresenta uma visão orientada para o futuro sobre o papel abrangente da medição e da rigorosa avaliação da incerteza associada às medições no século XXI, enquanto honra as tradições científicas. Os autores referem que a abordagem predominante à incerteza de medição envolve conceitos probabilísticos e requer a aplicação de métodos estatísticos, que representam obstáculos desafiantes para muitos leitores. Os dois apêndices (sobre probabilidades e sobre estatística) permitem uma mais fácil familiarização com aquelas temáticas. A abordagem aos problemas discutidos é realizada com flexibilidade, selecionando modelos e empregando técnicas de redução de dados.



Low Level Measurements Handbook

Publicação: KEITHLEY

Edição n.º 7

245 páginas

Descarregamento gratuito e versão *web* em:

[Keithley Low Level Measurements Handbook - 7th Edition](http://www.keithley.com/low-level-measurements-handbook)

Este manual aborda em detalhe as fontes comuns de erros, praticados no domínio das medições elétricas em regime contínuo, as formas de os minimizar e os modelos teóricos por detrás dos instrumentos de medição. Obteve, ao longo das 7 edições, o estatuto de manual de referência no domínio das medições de elevada exatidão.

NOTA: A referência comercial subjacente nesta publicação deve-se unicamente à reconhecida qualidade dos seus conteúdos e ao prestígio alcançado. A sua menção tem carácter exclusivamente informativo, não constituindo qualquer tipo de endosso por parte do autor desta secção.

Le Bureau International des Poids et Mesures: 150 ans de mesures pour le monde - 150 Years of Measures for the World

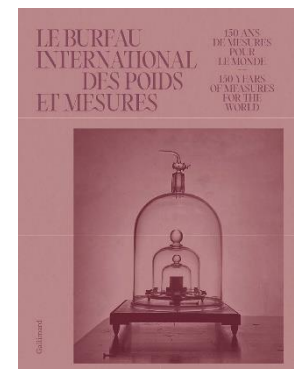
Céline Fellag Ariouet (BIPM), maio 2025

Publicação: GALLIMARD

240 páginas

ISBN-10: 2073074065 ISBN-13: 978-2073074065

Este livro comemorativo oferece uma história rica e ilustrada do BIPM. Através da sua história de 150 anos, explora a evolução deste ramo dinâmico da física que está no núcleo dos principais desafios contemporâneos: a metrologia. Do sistema métrico ao Sistema Internacional de Unidades (SI), o BIPM tem sido o precursor de inovações científicas e técnicas omnipresentes em todos os aspetos da ciência e da vida quotidiana.





Projeto europeu PlasticTrace

O projeto Europeu *Metrological Traceability of Measurement Data from Nano- to Small-Microplastics for a Greener Environment and Food Safety, PlasticTrace* (21GRD07), financiado pela *European Partnership on Metrology* (EPM) com início em outubro de 2022 e finalizado em setembro de 2025, contemplou um consórcio de 23 instituições, incluindo institutos nacionais de metrologia como o IPQ, institutos designados, universidades, empresas do setor alimentar e fabricantes de equipamentos. O projeto desenvolveu uma infraestrutura metrológica robusta para a medição rastreável de microplásticos (SMPs: 0,1 μm – 5 mm) e nanoplásticos (NPs: 1 – 100 nm) em alimentos, água potável e matrizes ambientais.

Impacto Ambiental e Relevância Regulamentar

Com cerca de 359 milhões de toneladas de plástico produzidas anualmente, dos quais dois terços são libertados no ambiente, a fragmentação progressiva desses materiais em SMPs e NPs representa um risco crescente para os ecossistemas e para a saúde humana. Estes contaminantes podem atravessar barreiras biológicas, acumular-se em organismos e entrar na cadeia alimentar. O projeto respondeu diretamente às exigências da Estratégia Europeia para os Plásticos e do Plano de Ação para a Economia Circular da UE, que apontam a redução da libertação de microplásticos como prioridade estratégica.

O projeto alcançou os seguintes objetivos:

- Desenvolvimento de materiais de referência para SMPs/NPs;
- Harmonização de métodos analíticos para caracterização física e química de SMPs em matrizes complexas, como alimentos e solos;
- Validação interlaboratorial dos métodos e materiais desenvolvidos, com a criação de uma rede europeia de metrologia para contaminantes plásticos.
- Criação de procedimentos operacionais e de boas práticas para a medição e caracterização de SMPs/NPs, com aplicação direta em regulamentação futura e tecnologias emergentes, como bioplásticos.



Mais informações sobre o projeto em [EURAMET – PlasticTrace](#) e no [Site oficial do projeto](#).

Raquel Quendera



Próximos Eventos

Sessão Técnica

Metrologia em Engenharia

- **Data:** 14 de abril de 2026
- **Local:** Sede Nacional da OE, Lisboa
- **Tipo:** Sessão Técnica / Workshop
- **Mais informação:**

<https://www.ordemosengenheiros.pt/pt/eventos/metrologia-em-engenharia/>



Eurachem/CITAC

Workshop on Quality in Analytical Measurements

- **Data:** 10 a 12 de maio de 2026
- **Local:** Lisboa
- **Tipo:** Evento internacional sobre a avaliação da incerteza e interpretação dos resultados de medição, incluindo uma sessão de formação.
- **Mais informação em:** <https://eurachem2026.events.chemistry.pt/workshop>



SIMP MET'26

12.ª edição do Simpósio de Metrologia

Metrologia na Era da Inteligência Artificial

- **Data:** 20 de maio de 2026
- **Local:** Auditório Magno do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)
- **Tipo:** Evento centrado em assuntos da maior atualidade e relacionados com os do Dia Mundial da Metrologia.
- **Mais informação em:** <https://www2.isep.ipp.pt/simpmet/>



XVI Encontro de Investigadores da Qualidade



- **Data:** 19 de junho de 2026
- **Local:** Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu
- **Tipo:** Conferência Científica
- **Mais informação em:** <https://encontros.riqual.org/>

NCSL

International Workshop & Symposium 2026



- **Data:** 25 a 29 de julho de 2026
- **Local:** Kansas City, Missouri, EUA
- **Tipo:** Grande evento focado em gestão de laboratórios, ciência da medição e calibração, com tutoriais práticos e exposição técnica.
- **Mais informação em:** https://ncsli.org/mpage/NL_Events

CPEM 2026

Conference on Precision Electromagnetic Measurements



- **Data:** 6 a 11 de setembro de 2026
- **Local:** Madrid, Espanha
- **Organização:** Centro Español de Metrología (CEM).
- **Tipo:** A conferência científica mais importante do mundo em metrologia eletromagnética de elevada exatidão.
- **Mais informação em:** <https://cpem2026.com/>

27th IMEKO TC4 Conference 2026

Measuring the Future

Com a sessão técnica especial da TC11



- **Data:** 16 de setembro de 2026
 - **Organização:** IMEKO TC4
 - **Local:** Czech Technical University, Praga
 - **Tipo:** Conferência científica
 - **Mais informação em:** <https://imeko2026.fel.cvut.cz/>
-

IEEE International Workshop

MetroSea 2026 Metrology for the Sea



- **Data:** 5 a 7 de outubro de 2026
- **Local:** Šibenik, Croácia
- **Tipo:** Workshop Internacional
- **Mais informação em:** <https://metrosea.org/>

IEEE MetroXRINE 2026

Metrology for Extended Reality, AI and Neural Engineering



- **Data:** 20 a 22 de outubro de 2026
- **Local:** Chemnitz, Alemanha
- **Tipo:** Conferência Internacional (Tecnologia e Medição)
- **Mais informação em:** <https://www.metroxraine.org/>

NCSL

International Technical Exchange 2026



- **Data:** 26 a 28 de outubro de 2026
- **Local:** Albuquerque, Novo México, EUA
- **Tipo:** Evento técnico com foco em formação prática e workshops para profissionais de calibração e teste.
- **Mais informação em:** https://ncsli.org/mpage/NL_Events

Encontro SPMet

Metrologia para reforçar a confiança nas políticas públicas



- **Data:** 3 e 4 de novembro de 2026
 - **Local:** PCI · Creative Science Park Aveiro · Ílhavo
 - **Tipo:** Evento técnico para debate de temas comuns e troca de experiências.
 - **Mais informação em:** *a divulgar*
-

EMC 2026

IX Jornadas de Compatibilidad Electromagnética (EMC)



- **Data:** 1 a 3 de dezembro de 2026
 - **Local:** Palacio Euskalduna, Bilbao, Espanha
 - **Tipo:** Jornadas para troca de conhecimentos e transferência de tecnologia entre empresas, universidades e centros tecnológicos na área da compatibilidade eletromagnética.
 - **Mais informação em:** *a divulgar*
-

CIM 2027

International Metrology Congress



- **Data:** 15 a 18 de março de 2027
 - **Local:** Lyon, França
 - **Tipo:** Congresso europeu de referência para aplicações industriais e avanços em I&D na área da medição.
 - **Mais informação em:** <https://www.cim-metrology.org/en/>
-

SPMet

Sociedade Portuguesa
de Metrologia

Próximo Encontro SPMet

*Metrologia para reforçar a confiança nas
políticas públicas*

3 e 4 de novembro de 2026

PCI - Creative Science Park Aveiro Region
Via do Conhecimento
Ílhavo

ISSN 2182-5424

| n.º 18 | Abril de 2026

www.spmet.pt