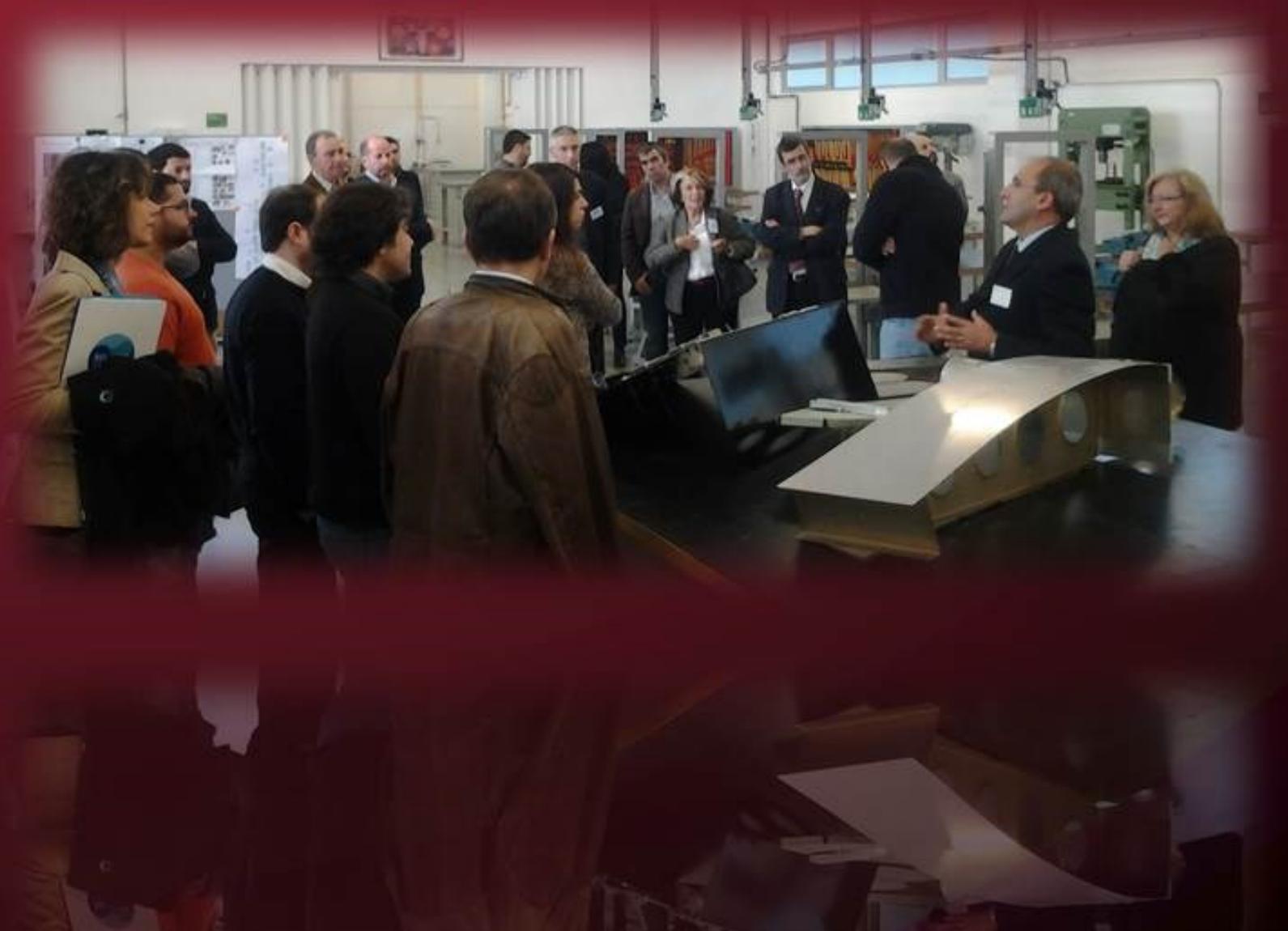


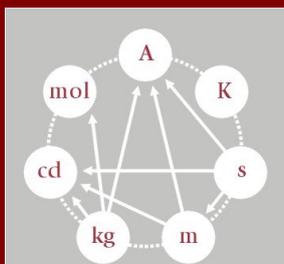
# Revista **MEDIÇÕES E ENSAIOS**

[www.spmet.pt](http://www.spmet.pt)

# SPMet

Sociedade Portuguesa  
de Metrologia





# SPMet

Sociedade Portuguesa  
de Metrologia

### Conselho Editorial

Euarda Filipe  
Paulo Cabral  
Pedro Girão  
Isabel Godinho  
Olivier Pellegrino

### 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  
N.I.F. 506 461 696  
geral@spmet.pt  
www.spmet.pt

### Secretariado:

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

### Periodicidade

Quadrimestral

### Distribuição

Eletrónica

ISSN 2182-5424

Os artigos assinados são da res-  
ponsabilidade dos seus autores.

### Foto de Capa

CONFMET2016 - Laboratório CEFPE

# Índice

**EDITORIAL** ..... 2

## O ENSINO DA METROLOGIA E A METROLOGIA NO ENSINO

António Silveira Alberto, Frederico Lázaro Jacob

ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto ..... 3

## DOSIMETRIA COM FILMES RADIOCRÓMICOS NO ESPAÇO CRÓ- MÁTICO CIELAB

P. Gomes, D. Manaia, L. Branco, A. Sousa

ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade ..... 11

## MEDIÇÃO DO MOVIMENTO DE ABERTURA-FECHO E DESLIZA- MENTO DE JUNTAS EM BARRAGENS DE BETÃO

Luís L. Martins, Álvaro S. Ribeiro, Juan Mata, António T. Castro

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil ..... 24

## A NORMA ISO/IEC 17025 - REVISÃO E EXPECTATIVAS

Noélia Duarte

SPMet ..... 37

## METROLOGIA E CIÊNCIA

*Isabel Godinho* ..... 43

## METROLOGIA NO QUOTIDIANO

*Luís Ribeiro* ..... 45

## A QUÍMICA DAS MEDIÇÕES

*Ricardo Bettencourt da Silva* ..... 46

## TEMAS DA METROLOGIA LEGAL

*Jorge Fradique* ..... 48

## CLICKS METROLÓGICOS

*Luís Ribeiro* ..... 49

**NOTÍCIAS, EVENTOS, PUBLICAÇÕES, GUIAS** ..... 50

## Editorial

Caro/a leitor/a,

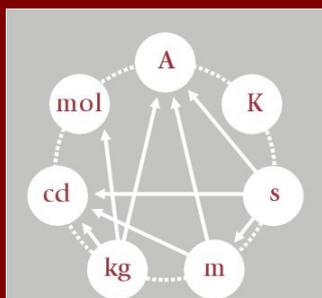
A publicação deste número 14 da “Revista Medições e Ensaio” (RME) sofreu um grande atraso por razões que, no futuro, esperamos superar. Publicamos aqui a primeira série de artigos apresentados na nossa Conferência CONFMET2016 “As Medições num Mundo Dinâmico” realizada de 17 a 18 de novembro de 2016. São 4 artigos de grande interesse da nossa comunidade da Metrologia e, como notarão, a revista apresenta, além das secções habituais “Notícias”, “Eventos” e “Publicações”, as rúbricas “Metrologia e Ciência”, “Metrologia no quotidiano” e “*Cliks* metrológicos”, as novas crónicas “Temas de Metrologia Legal” e “A Química das Medições”.

A Comissão Redatora agradece aos autores que nos facultaram os respetivos trabalhos e à Comissão Científica que, desde sempre, tem zelado pela qualidade das publicações da SPMet.

Desejamos uma leitura proveitosa deste número cheio de interesse da “Revista Medições e Ensaio”.

Eduarda Filipe

Presidente do Conselho Diretivo da SPMet



# SPMet

Sociedade Portuguesa  
de Metrologia

SPMet

ISSN 2182-5424

| n.º 14 | Junho de 2017

## 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/inscricao\\_1024.htm](http://www.spmet.pt/inscricao_1024.htm)

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

## O ENSINO DA METROLOGIA E A METROLOGIA NO ENSINO

António Silveira Dias Pinto Alberto<sup>1</sup>, Frederico Lázaro Jacob<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Departamento de Física, apa@isep.ipp.pt

<sup>2</sup> Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Departamento de Física, fljb@isep.ipp.pt

### RESUMO

A Metrologia, como ciência da medição e suas aplicações, tem uma importância vastamente reconhecida em todas as áreas da atividade humana onde são necessárias medições exatas que garantam a confiança do utilizador e a sua universalidade.

Como área científica que é, a Metrologia potencia o desenvolvimento das capacidades de medição, tendo um papel fundamental, entre outros, na inovação, na garantia da qualidade dos produtos e na base da tomada de decisões.

Nesta comunicação pretende-se abordar o ensino da Metrologia em Portugal, respondendo a questões tais como: Quem ministra a formação na área? Quem recebe a formação? Quem exerce essa profissão? Paralelamente, será também comentado o ensino da Metrologia nos cursos de Engenharia.

Da análise da atual situação do estado da Metrologia em Portugal, nomeadamente nas áreas relacionadas com o ensino, poder-se-á inferir sobre o título escolhido para este trabalho, analisando qual o melhor caminho a seguir, isto é, optar por um reforço do ensino da metrologia ou por reforçar a metrologia no ensino.

### Palavras-chave

Metrologia, ensino, Metrologia em Engenharia, educação em Metrologia.

### 1. Introdução

A Metrologia, domínio do conhecimento relativo à medição, tem uma natureza transversal a todas as especialidades da Engenharia e serve um vasto conjunto de atividades económicas, científicas e legais. Abrange a realização, o desenvolvimento e a manutenção dos padrões nacionais das unidades de medida - Metrologia Científica; o estabelecimento da rastreabilidade dos padrões de referência e de trabalho a utilizar pela comunidade científica e industrial, a avaliação da incerteza das medições efetuadas no âmbito das medições da produção e transformação de bens para a demonstração da qualidade metrológica - Metrologia aplicada; a aprovação e verificação de instrumentos de medição para aplicações comerciais, industriais, hospitalares, fiscais e outras áreas regulamentadas - Metrologia legal.

Em Portugal, a Metrologia está enquadrada pelo Decreto-Lei n.º 71/2012, de 21 de março, como parte integrante do Sistema Português da Qualidade, o qual é tutelado pelo Ministério da Economia. O Sistema Português da Qualidade é constituído por três subsistemas: Normalização, Qualificação e Metrologia. O subsistema da Metrologia assumiu particular relevância e desenvolvimento nas últimas décadas, tanto devido às exigências das normas ISO 9000 e ISO 14000 e de acreditação de laboratórios de calibração e de ensaio, como na aplicação de diretivas comunitárias transpostas para o direito português.

Estando a Metrologia em todas as atividades humanas, a Associação Europeia de Institutos Nacionais de Metrologia (EURAMET) estima que, em países desenvolvidos, as atividades a ela associadas representam 6 % do seu Produto Interno Bruto que, no caso de Portugal, atinge um valor de aproximadamente 10 mil milhões de euros. Sendo uma atividade económica tão importante a questão que se coloca é: Qual o estado da formação académica nesta área?

Com este trabalho, pretende-se então fazer uma análise e reflexão sobre a situação do ensino da Metrologia em Portugal. Para tal serão apresentados, entre outros, os casos dos vários cursos de engenharia do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) fazendo um enfoque particular na Licenciatura em Engenharia em Instrumentação e Metrologia (LEIM), ministrada desde 2006 para dar suporte a algumas das conclusões e linhas de ação futuras.

## **2. A experiência do ensino da Metrologia no ISEP**

### **a) Enquadramento**

O Instituto Superior de Engenharia do Porto é uma unidade orgânica integrada no Instituto Politécnico do Porto com uma vasta experiência no ensino da engenharia acumulada ao longo dos seus 164 anos de existência. Na atualidade, o ISEP tem cerca de 7000 estudantes distribuídos por uma oferta formativa de 14 licenciaturas, 12 mestrados e diversas pós-graduações. A sua estrutura funcional está dividida em 9 departamentos um dos quais o de Física, onde está alocada a Licenciatura em Engenharia em Instrumentação e Metrologia, curso que entrou em funcionamento no ano de 2006.

A proximidade que o ISEP tem com o tecido empresarial envolvente, que passa pela investigação e desenvolvimento de projetos, prestação de serviços e consultoria, permite-lhe estar atento às necessidades de formação por parte das empresas e daí resultou a identificação da falta de oferta formativa superior na área da Metrologia. Aproveitando a necessidade de adequação dos cursos existentes, consequência da assinatura do Tratado de Bolonha, foi criada a Licenciatura em

Engenharia de Instrumentação e Metrologia sendo esta resultado da reformulação da Licenciatura em Engenharia de Instrumentação e Qualidade Industrial. Esta, por seu lado, tinha sido criada em 1991 para fazer face à crescente procura de recursos humanos especializados na área da qualidade industrial derivada da necessidade das empresas obterem certificações.

Esta alteração não ficou confinada à mudança do nome. A sua nova estrutura curricular foi elaborada reforçando a parte respeitante à Metrologia com Unidades Curriculares (UC) que abrangem os diversos ramos da Física (Mecânica, Óptica, Termodinâmica, Acústica, Materiais, etc.) onde são ministrados os conceitos teóricos necessários para a compreensão dos fenómenos, complementados com uma forte componente prática. Paralelamente, dada a forte ligação entre estas duas áreas, a parte respeitante à instrumentação também foi reforçada (Aquisição e Gestão de Dados, Instrumentação Aplicada, Sistemas de Instrumentação e Controlo, Processamento de Sinal e de Imagem, etc).

Pode-se então afirmar que a LEIM é uma formação multidisciplinar pois abrange as diferentes áreas científicas ligadas à engenharia onde a Metrologia está presente embora o predomínio seja a área científica da Física/Metrologia e Eletrotecnia/Instrumentação.

#### b) Estrutura curricular da LEIM

O plano de estudos do curso é baseado em três áreas complementares que se interligam entre si, como ilustra a Figura 1, e essenciais ao domínio de um sistema de medição.

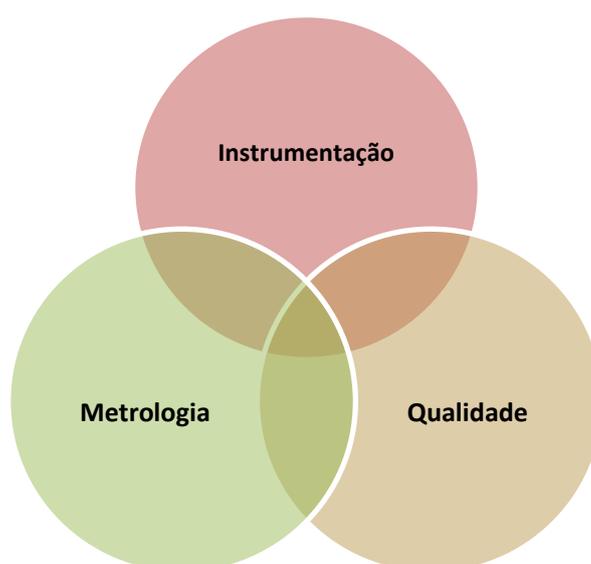


Figura 1 – Interligação das áreas fundamentais da LEIM.

A estrutura curricular do ciclo de estudos foi concebida de forma a existir uma coordenação entre as UC e os seus conteúdos programáticos, de modo a garantir coerência com os objetivos definidos. As metodologias de ensino estão adaptadas para o saber e para o saber fazer.

Uma das mais-valias nesta Licenciatura é a unidade curricular de Projeto/Estágio, de carácter obrigatório, a funcionar no 2.º semestre do 3.º ano, último semestre do curso, em ambiente empresarial. Os estudantes efetuam o seu estágio em empresas do ramo durante um período mínimo de 3 meses para desenvolver um trabalho que posteriormente será avaliado perante um júri. Para além de ser uma UC integradora dos conhecimentos adquiridos permite ainda fazer a ponte entre o meio académico e o mercado de trabalho e facilitar o acesso ao primeiro emprego. Frequentemente, após a conclusão da licenciatura é na empresa onde efetuaram o estágio que os recém-licenciados obtêm o seu primeiro emprego. Os pedidos de estagiários por parte das empresas ultrapassam o número de alunos disponíveis. De salientar que a taxa de empregabilidade nesta licenciatura ronda os 100 %.

Esta licenciatura passou pelo processo de avaliação da Agência de Avaliação e Acreditação do Ensino Superior tendo sido acreditada em março de 2014.

#### c) A procura do ciclo de estudos da LEIM

A LEIM é uma oferta formativa ímpar em Portugal. Sendo uma licenciatura jovem e distinta das engenharias clássicas, o curso nos primeiros anos de existência era visto por parte dos candidatos ao ensino superior com uma certa desconfiança. Por um lado, porque a Metrologia não é uma ciência nem muito visível nem muito divulgada e, por outro, por ser confundida com a previsão das condições atmosféricas. Foi realizado um intenso trabalho de divulgação, tanto a nível interno como externo, através da organização de visitas de estudo, palestras, simpósios, notícias na comunicação social e ações junto das escolas secundárias e profissionais.

O número de vagas anuais disponibilizado no sítio da Direção Geral de Ensino Superior, aos candidatos no concurso nacional de acesso ao ensino superior, para esta licenciatura foi entre 2006 e 2015 de 20.

Na Figura 2, pode observar-se, ao longo destes dez anos, a evolução do número de candidatos, do número de alunos inscritos e da escolha do curso como primeira opção de acesso ao ensino superior.

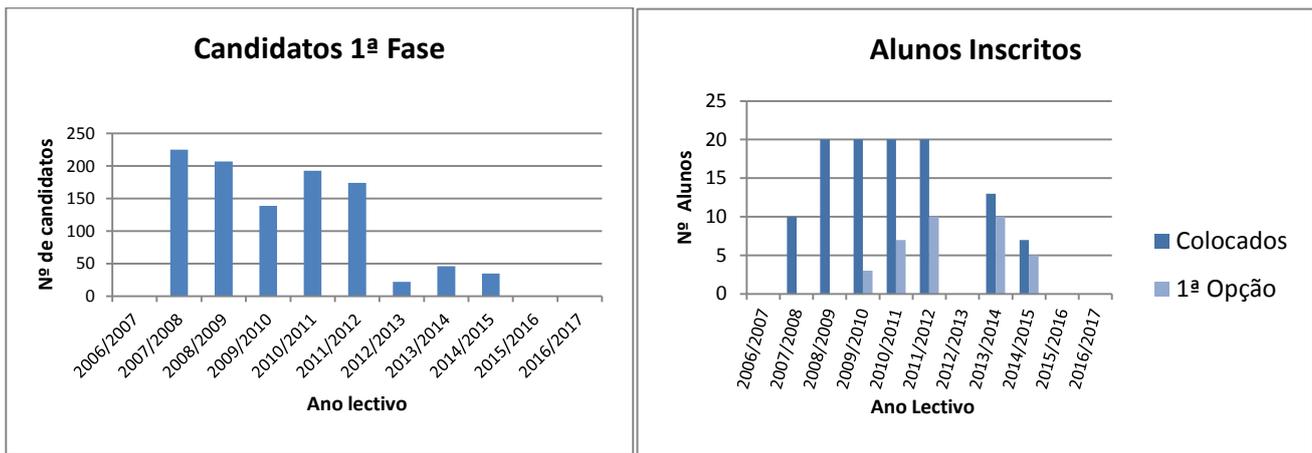


Figura 2 – Gráficos da evolução do número de alunos.

Da análise destes gráficos há a realçar que:

- Nos primeiros cinco anos de funcionamento, o número de candidatos na primeira fase era significativo, embora não traduzisse uma efetiva vontade de frequência do curso dado que a sua escolha como 1.ª opção era nula ou reduzida;
- No ano lectivo de 2012/2013, a licenciatura não teve qualquer candidato inscrito. Esta situação coincidiu com a entrada em vigor da obrigatoriedade dos candidatos terem como cadeiras específicas, para o ingresso em cursos de engenharia, a Matemática e a Física. A procura da licenciatura por parte dos candidatos ao ensino superior nunca mais recuperou desde essa data;
- O número médio de alunos inscritos, pelo concurso nacional de acesso nos anos letivos de 2013/14 e 2014/15 foi inferior a 10. Valor insuficiente para dar uma continuidade à licenciatura. Este facto ditou que a partir do ano lectivo 2015/2016 inclusive, não fossem atribuídas vagas. Neste momento, apenas estão em funcionamento os dois últimos anos do curso.

Desde 2006, a LEIM diplomou 77 novos técnicos em Engenharia de Instrumentação e Metrologia, perspetivando-se que esse número atingira os 96 em 2018 atendendo ao número de estudantes inscritos atualmente. Este número é claramente insuficiente tendo em conta as necessidades das empresas em recursos humanos nesta área.

É inequívoca a necessidade de profissionais na área da Metrologia. Porém, a questão que se coloca é: Valerá a pena canalizar verbas, cada vez mais escassas, para manter uma licenciatura cuja procura por parte dos candidatos ao ensino superior é insuficiente?

d) Outra oferta formativa

Para complementar a oferta formativa na área da metrologia, também está disponível o Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia. Este 2.º ciclo de estudos está vocacionado quer para os estudantes da licenciatura que pretendam aprofundar os seus conhecimentos, quer para os quadros de empresas que procurem aumentar as suas competências profissionais.

### 3. Considerações finais

É consensual que a Metrologia funciona como um indicador da capacidade de inovação, que vem assumindo uma crescente relevância com o desenvolvimento técnico e tecnológico e que é o garante da qualidade de produtos e serviços. É a base fundamental para o desenvolvimento económico e social de um país, para a competitividade das empresas e para a defesa do consumidor. Consequentemente é inequívoca a necessidade de técnicos com formação sólida e pleno domínio da Ciência das Medições.

Da experiência apresentada, da oferta formativa de uma licenciatura em Metrologia, constatou-se que esta não teve adesão suficiente tornando a sua continuidade muito onerosa. Vários fatores podem ser enumerados para justificar o pouco interesse despertado aos candidatos ao ensino superior, nomeadamente:

- Fatores Económicos - Na atual conjuntura, a aposta em formação numa licenciatura de banda mais estreita, como é o caso da LEIM, é preterida a favor de uma aposta nas engenharias clássicas de banda mais larga.
- Fatores Sociais – Frequentemente relevado para segundo plano, o reconhecimento social de uma atividade é muitas vezes fator preponderante na escolha de um percurso académico por parte dos candidatos ao ensino superior.
- Fatores Culturais – Apesar da grande importância e do impacto que a Metrologia tem na vida e na economia das pessoas, existe uma elevada percentagem de população que desconhece as atividades que lhe estão associadas.

Está-se pois perante um desafio, que deve preocupar todos os intervenientes nas atividades metrológicas e sobre o qual urge refletir no sentido de encontrar soluções que valorizem esta área científica. Como contribuição, este artigo apresenta a seguir duas medidas que poderão contribuir para atenuar a escassa oferta formativa em Metrologia.

### a) Medida de diversificação

Tradicionalmente a Metrologia era assegurada por licenciados em diferentes áreas com uma predominância para os engenheiros eletrotécnicos e engenheiros mecânicos. A comprovar, está a recente especialização transversal da Ordem dos Engenheiros, criada em 2014. No gráfico representado da Figura 3, observa-se a distribuição dos especialistas em Metrologia pelos diferentes colégios.

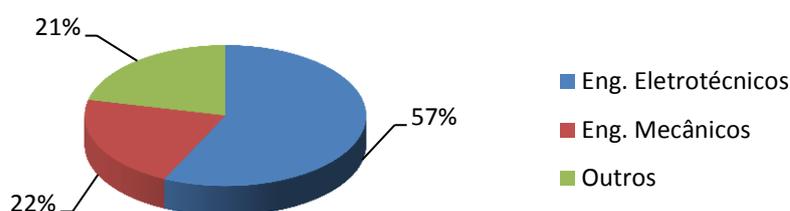


Figura 3 – Distribuição de especialistas em Metrologia por colégios.

Atendendo a que a experiência formativa descrita não obteve a adesão esperada, a solução passará então por reforçar a Metrologia no ensino, em particular em cursos de engenharia, pois são estes técnicos que mais contribuem para a criação de inovação e desenvolvimento tecnológico. O complemento desta formação poderá ser obtido com recurso a cursos de curta duração e/ou pós-graduações.

Esta medida poderá ser considerada de implementação a curto prazo.

### b) Medida de divulgação

A maioria da população e dos estudantes do ensino secundário desconhece as atividades ligadas à Metrologia. É fundamental que o sistema educativo de base disponibilize nos seus currículos o ensino da Metrologia (sob a forma de um módulo, por exemplo), de forma a incutir conhecimentos e sensibilizar para a sua importância nas diversas atividades.

Esta medida poderá ser considerada de implementação a médio/longo prazo.

## REFERÊNCIAS

- [1] Cirilo da Silva Neto J 2011 Contribuições da Metrologia em cursos de engenharia COBENGE 2011, XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau, Brasil;
- [2] Millea A Munteanu R, Urdea Marcus I 2003 Teaching general metrology: why, what, how? *XVII IMEKO World Congress, June 22 – 27, Dubrovnik, Croatia*;
- [3] Séré M G, Journeaux R & Larcher C 1993 Learning the statistical analysis of measurement errors *International Journal of Science Education* **15** (4) 427-438;
- [4] Séré M G 2008 La mesure dans l'enseignement des sciences physiques. Evolution au cours du temps *Aster* **47**, 25-42;
- [5] Buffler A, Lubben F & Ibrahim B 2009 The relationship between student's views of the nature of science and their views of the nature of scientific measurement *International Journal of Science Education* **31** (9) 1137-1156
- [6] Ecole des Mines de Douai 2011 Rapport final d'étude sur l'offre et les besoins de formation en métrologie.

## DOSIMETRIA COM FILMES RADIOCRÓMICOS NO ESPAÇO CROMÁTICO CIELAB

Gomes, P.<sup>1,2</sup>, Manaia, D.<sup>2</sup>, Branco, L.<sup>1</sup>, Sousa, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidade Técnica de Proteção Radiológica do ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade

<sup>2</sup>Laboratório de Metrologia Óptica do ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade

### RESUMO

A cor de um filme radiocrómico no espaço cromático CIELab, como resultado do seu enegrecimento após uma exposição ou exposições repetidas aos raios X, pode ser correlacionada com a respetiva dose de radiação acumulada pelo filme, constituindo-se assim um potencial método para quantificação de grandezas dosimétricas, nomeadamente, a dose superficial à entrada (*Entrance Surface Dose, ESD*) em dosimetria do paciente. O objetivo deste trabalho consiste na quantificação da *ESD*, utilizando um filme radiocrómico da GafChromic<sup>®</sup> XR-QA2, genericamente utilizado para testes de controlo de qualidade em equipamento geral de radiografia, mediante a medição da diferença de cor entre a cor do filme após exposição e a sua cor de fundo de referência. Obteve-se, nesta avaliação, uma regressão linear no intervalo de 2 mGy a 60 mGy entre os valores medidos de *ESD* e os valores de  $(\Delta L)^2$ , permitindo a quantificação da dose à entrada em função da luminosidade do filme com incertezas expandidas entre 18 % e 8,6 % para doses compreendidas entre 10 mGy e 60 mGy, respetivamente, com um máximo de 21 % para doses de aproximadamente 5 mGy.

### 1. Introdução

#### 1.1. Dose Superficial à Entrada

O organismo humano é incapaz de perceber diretamente muitos dos fenómenos físicos presentes no mundo que nos rodeia, sendo que, entre eles, se encontram as radiações ionizantes. Por conseguinte, foram definidas grandezas físicas para a quantificação das radiações ionizantes, e idealizados diversos dispositivos para efetuar a sua medição, com o objetivo de aproveitar as suas respetivas múltiplas aplicações e prevenir os seus respetivos efeitos deletérios. Estes dispositivos, designados por dosímetros, aproveitam o facto da radiação ionizante produzir efeitos na matéria que se podem converter em propriedades mensuráveis, nomeadamente, a libertação de cargas elétricas ou a emissão de luz.

Uma das principais grandezas definidas para este propósito foi a dose absorvida,  $D$ , a qual corresponde à quantidade média de energia,  $dE$ , depositada pela radiação num elemento de massa,  $dm$ , e cuja unidade do Sistema Internacional de Unidades, SI, é o gray (Gy):

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (\text{Gy})$$

A dose superficial à entrada, *ESD*, corresponde à dose absorvida no ar no ponto de interseção do eixo de um feixe de raios X com a superfície de entrada de um dado meio material, como representado na *Figura 1*, excluindo a contribuição da radiação retrodispersa por esse mesmo meio material, sendo genericamente a grandeza dosimétrica mais utilizada em radiologia convencional para efeitos de dosimetria do paciente.

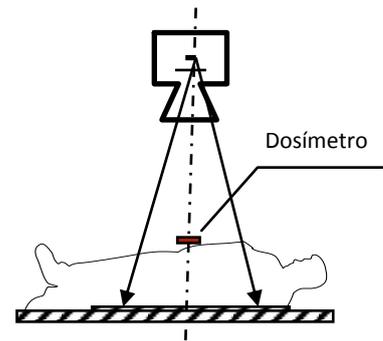


Figura 1: Configuração da medição de ESD

A quantificação desta dose permite aferir, em condições de rotina, se a dose de radiação absorvida pelo paciente, nestas exposições, se mantém dentro dos níveis de referência (*Diagnostic Reference Levels, DRL*) enquanto dose “aceitável” para um dado exame, ou se pelo contrário, é anormalmente alta, permitindo a sua respetiva redução no contexto da otimização das exposições – princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*).

## 1.2. Cor no Espaço Cromático CIELab

A perceção da cor, considerando as limitações cromáticas das células fotossensíveis da retina humana e as diferenças encontradas na sua perceção entre diferentes indivíduos, levaram a CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) a definir um espaço cromático, designado por espaço cromático  $L^* a^* b^*$  CIE 1976 ou espaço cromático CIELab, para expressão e normalização das cores, sendo atualmente, o espaço cromático de referência para o efeito.

As siglas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  referem-se às coordenadas retangulares num espaço tridimensional de cores, onde  $L$  é a luminosidade, um gradiente que vai do preto (0) ao branco (100) e  $a$  e  $b$  são coordenadas cromáticas opostas, onde  $a$  é um gradiente que vai do verde (-300) ao vermelho (+299) e  $b$  é um gradiente que vai do azul (-300) ao amarelo (+299).

As diferenças neste espaço tridimensional de cores, entre uma determinada cor, com coordenadas  $L$ ,  $a$ ,  $b$ , e uma cor de referência, com coordenadas  $L_{ref}$ ,  $a_{ref}$ ,  $b_{ref}$ , determinam-se com base nas diferenças  $\Delta L = L - L_{ref}$ ,  $\Delta a = a - a_{ref}$  e  $\Delta b = b - b_{ref}$ , correspondendo, respetivamente, às diferenças entre mais claro e mais escuro, entre mais vermelho e mais verde e entre mais amarelo e mais azul.

A diferença total de cor determina-se através de  $\Delta E = \sqrt{(L - L_{ref})^2 + (a - a_{ref})^2 + (b - b_{ref})^2}$  de acordo com o teorema de Pitágoras, conforme esquematizado na *Figura 2*.

A medição de cor, bem como a sua respetiva diferença face a uma referência, é realizada recorrendo a colorímetros ou espectrofotómetros, onde se determinam as coordenadas cromáticas,  $L$ ,  $a$ ,  $b$ , através da luz refletida pela superfície do objeto, para um determinado iluminante (tipo de iluminação, dada a sua temperatura de cor), geometria óptica (modo de iluminação da superfície do objeto) e observador (ângulo visual, tendo em consideração que a distribuição de cones e bastonetes não é uniforme na superfície da retina).

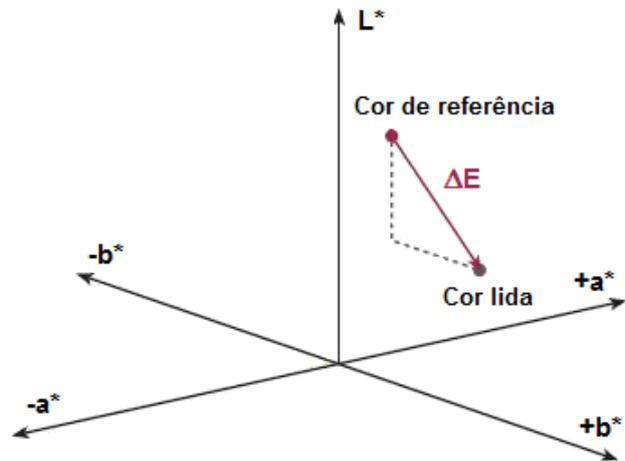


Figura 2: Diferença total de cor entre a cor lida e a cor de referência

### 1.3. Dosimetria com Filmes Radiocrómicos

Os filmes radiocrómicos são películas compostas por polímeros de carbono com um aditivo sensível à radiação ionizante. Podem ser constituídos por poliestireno ou outros compostos poliméricos com um corante cromóforo cuja cor é intensificada após a exposição dos filmes à radiação. A alteração da cor pode ser observada diretamente, após a exposição, sem a necessidade de revelação do material mediante processos químicos ou por outros agentes.

Os filmes GafChromic® XR-QA2, para além da sua elevada sensibilidade à radiação ionizante, dentro de uma ampla gama de doses, e muito baixa sensibilidade à luz visível, apresentam outras características notáveis, como a sua elevada uniformidade e alta resolução espacial [1]. Com efeito, constituem-se um potencial método para a quantificação de grandezas dosimétricas, e em particular, para efeitos de dosimetria do paciente, dentro da latitude ou gama dinâmica dos mesmos.

A calibração destes filmes pode ser realizada através da medição de um gradiente de cor, no espaço cromático CIELab, recorrendo a um colorímetro ou espectrofotómetro, em função do respetivo gradiente de  $ESD$ , medido com um dosímetro. Trata-se assim de um método análogo ao método usual de dosimetria com filmes fotográficos, mas correlacionando as grandezas dosimétricas com as grandezas colorimétricas, em vez de com a densidade óptica ( $DO$ ) do filme.

## 2. Material e Método

Numa primeira fase, foi selecionado um conjunto de 24 exposições, percorrendo um intervalo de *ESD* entre 2 mGy e 60 mGy, mediante a utilização de um equipamento de raios X Carestream CS 2200, com gerador de alta frequência [2].

Os diferentes valores de *ESD* foram, por conseguinte, gerados em função do tempo de exposição selecionado no cronómetro do equipamento de raios X, e medidos à entrada de um dosímetro RaySafe X2, com detetor semicondutor [3], rastreado a um laboratório acreditado, mantendo constantes a distância entre o foco da ampola de raios X e a superfície externa do detetor, bem como a qualidade do feixe de radiação (70 kV de tensão de pico da ampola e 2,0 mm Al de filtração total), como evidenciado na *Figura 3*.

Numa segunda fase, foi efetuada a exposição de um conjunto de filmes radiocrómicos, nunca antes expostos, mantendo as mesmas condições de exposição pré-definidas na primeira fase e em particular, fixando a distância entre o foco da ampola de raios X e a superfície dos filmes igual à distância prefixada entre o referido ponto focal e a superfície externa do detetor, conforme exposto na *Figura 4*.

Os valores medidos de *ESD* foram, conseqüentemente, corrigidos para a superfície dos filmes de acordo com a lei do inverso do quadrado da distância, tendo em consideração a distância entre o foco da ampola e o ponto de calibração do detetor (a 3,5 mm da superfície externa do mesmo), como pode ser observado na *Figura 5*:

$$ESD_{\text{filme}} = ESD_{\text{detetor}} \frac{d_{\text{foco-detetor}}^2}{d_{\text{foco-filme}}^2} = ESD_{\text{detetor}} \frac{(208,5 \text{ mm})^2}{(205,0 \text{ mm})^2}$$



Figura 3: Medição de ESD

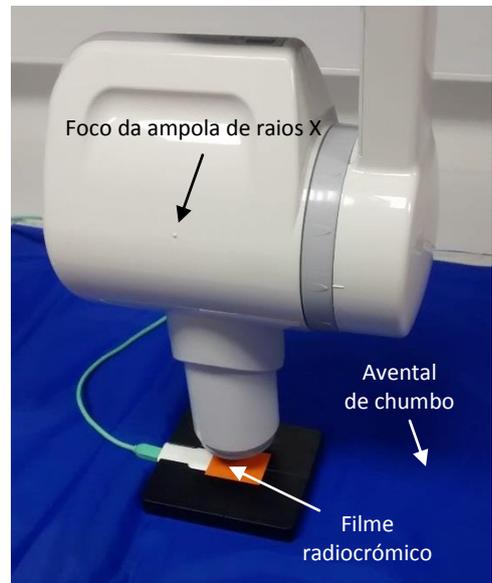


Figura 4: Exposição dos filmes

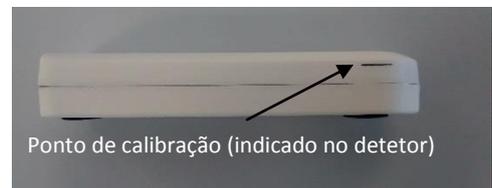


Figura 5: Ponto de calibração

onde  $ESD_{\text{detetor}}$  é a dose medida pelo dosímetro, correspondente à distância entre o foco da ampola e o ponto de calibração do detetor,  $d_{\text{foco-detetor}}$ , e  $ESD_{\text{filme}}$  é a dose correspondente à distância entre o foco da ampola e a superfície dos filmes radiocrómicos,  $d_{\text{foco-filme}}$ .

De forma a minimizar a contribuição da radiação retrodispersa no detetor, durante as medições de  $ESD$  e posteriormente, nos filmes radiocrómicos, foi posicionado um avental de chumbo sob a mesa de trabalho. Desta forma, o feixe de saída, emergente através do detetor e dos filmes, sofre menor retrodispersão nas estruturas materiais subsequentes, diminuindo o número de fótons dispersos na direção dos referidos sistemas de deteção. O elevado número atómico do chumbo ( $Z = 82$ ) aumenta a probabilidade de absorção dos fótons do feixe emergente por efeito fotoelétrico, reduzindo a sua probabilidade de dispersão por efeito de Compton [4].

Numa terceira fase, foi efetuada a medição das coordenadas cromáticas,  $L$ ,  $a$  e  $b$ , no espaço cromático CIE Lab, dos 24 filmes expostos, recorrendo a um espectrofotómetro Konica Minolta CM-2600d, rastreado ao Laboratório de Metrologia Óptica do ISQ, acreditado para este efeito [5].

As medições foram realizadas selecionando no espectrofotómetro como fonte de iluminação o iluminante padrão D65 (que simula a luz média do dia, com uma temperatura de cor correlacionada de 6504 K), a geometria óptica de  $8^\circ/t$ , também designada por  $8^\circ:di$  (que inclui a reflexão especular e difusa da luz – a medição não se vê afetada pelo tipo de superfície [6]) e um observador de  $10^\circ$  (Figura 6).



Figura 6: Medição das coordenadas cromáticas

Finalmente, foram determinadas as respetivas diferenças de coordenadas de cor,  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  e  $\Delta b$ , face às coordenadas de referência de um filme radiocrómico não exposto,  $L_{\text{ref}}$ ,  $a_{\text{ref}}$  e  $b_{\text{ref}}$ .

### 3. Resultados

Os valores medidos de  $ESD_{\text{filme}}$  e tempo de exposição evidenciaram uma correlação linear, conforme expectável, o que evidencia que a dose de radiação recebida é proporcional ao tempo de exposição aplicado. A relação demonstrada entre estas duas grandezas permite assim validar os valores obtidos de  $ESD_{\text{filme}}$ :

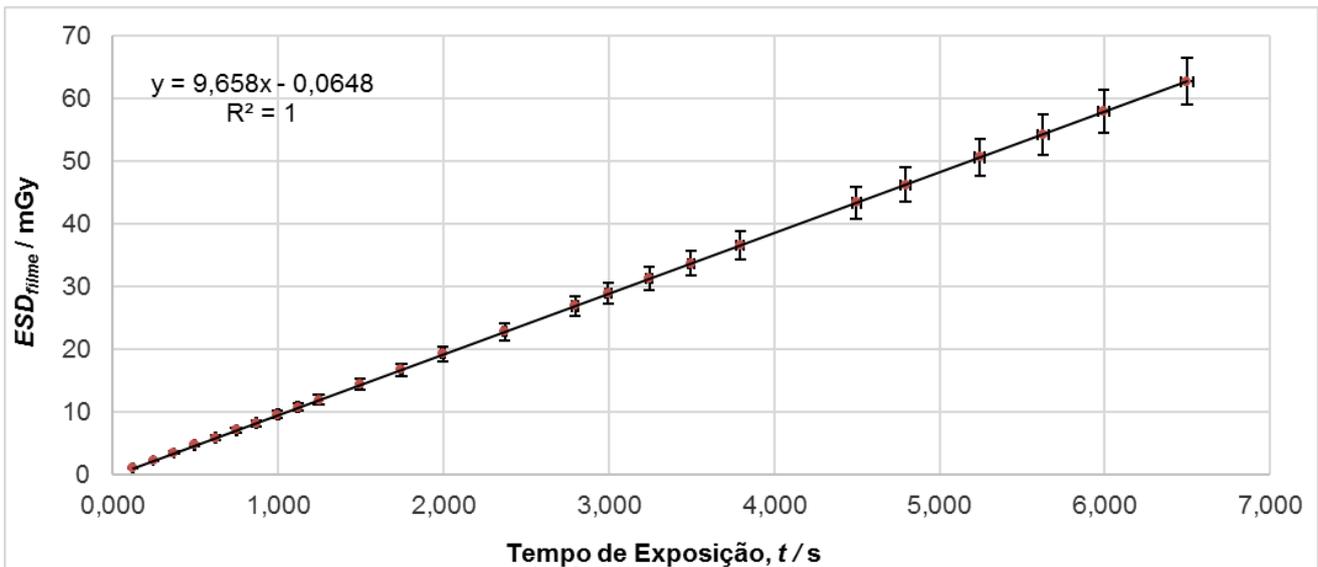


Figura 7: Relação entre os valores de  $ESD_{filme}$  e os tempos de exposição medidos

Os resultados de medição dos tempos de exposição apresentam uma incerteza expandida de 0,6 % dos valores medidos, onde as principais fontes de incerteza compreendem a tolerância do dosímetro [3] e a dispersão de leituras. Os resultados de medição das doses de radiação apresentam uma incerteza expandida de 6,0 % dos valores medidos, onde as principais fontes de incerteza compreendem a tolerância do dosímetro [3] (onde a especificação do fabricante é a principal contribuição, igual a 5 % dos valores medidos), a influência da retrodispersão e a dispersão de leituras na medição de dose, bem como a resolução de leitura na medição das distâncias referidas. As incertezas expandidas de medição apresentadas estão expressas pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão  $k = 2$ , o qual, para uma distribuição normal, corresponde a uma probabilidade de expansão de 95,45 % [7].

Os valores de  $ESD_{filme}$  correlacionaram-se com as diferenças quadráticas experimentais de cor  $(\Delta L)^2$ ,  $(\Delta a)^2$  e  $(\Delta b)^2$ , face às coordenadas de referência de um filme radiocrómico não exposto,  $L_{ref}$ ,  $a_{ref}$  e  $b_{ref}$ , de acordo com as relações em continuação:

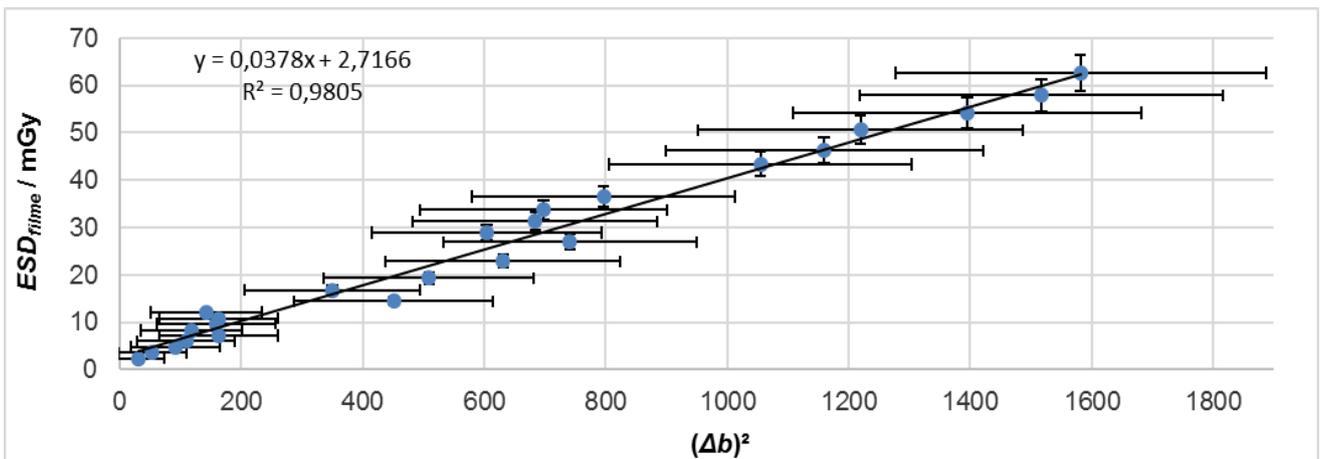
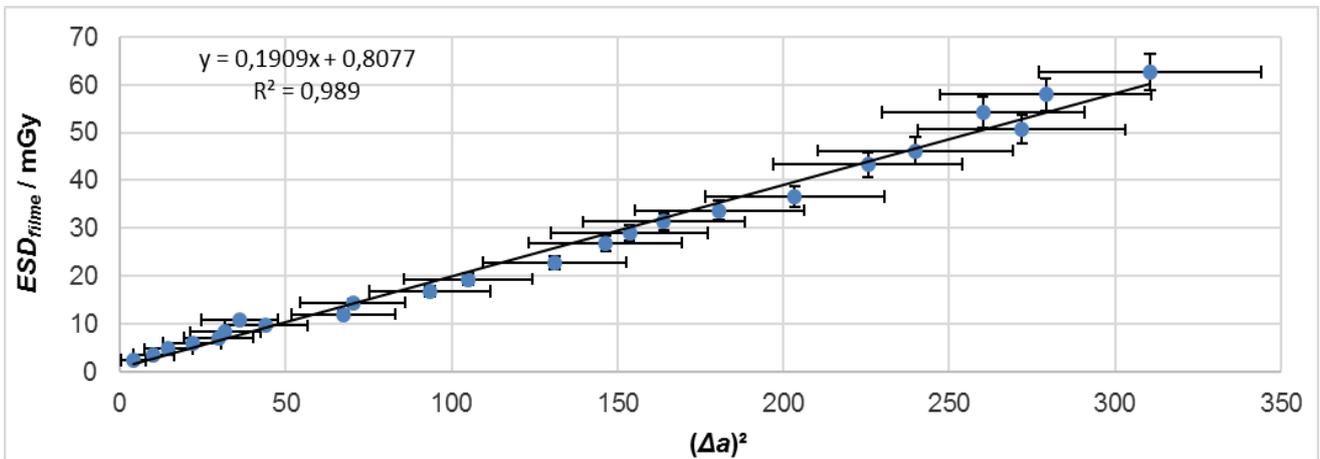
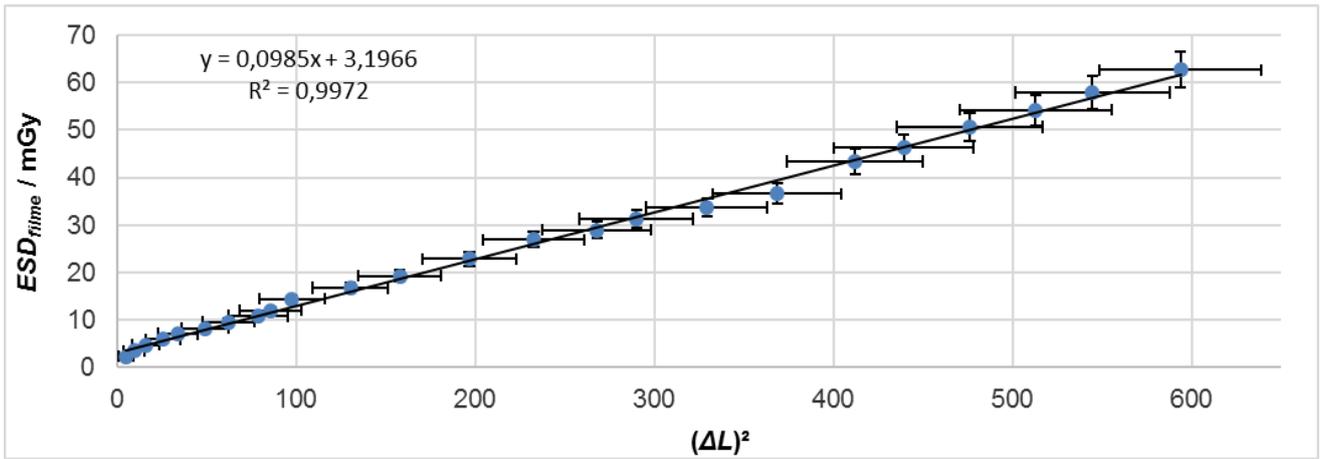


Figura 8: Relações entre as diferenças quadráticas de cor  $(\Delta L)^2$ ,  $(\Delta a)^2$  e  $(\Delta b)^2$  com  $ESD_{filme}$

As principais fontes de incerteza de medição das coordenadas cromáticas CIE  $L^*a^*b^*$  compreendem, por coordenada, a respetiva incerteza de calibração do espectrofotómetro, a influência da variação termocromática, a dispersão de leituras e a uniformidade dos filmes radiocrómicos. As incertezas expandidas de medição apresentadas nos gráficos anteriores estão expressas pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão  $k = 2$ , o qual, para uma distribuição normal, corresponde a uma probabilidade de expansão de 95,45 % [7].

Considerando as incertezas expandidas inerentes às diferenças quadráticas entre as coordenadas cromáticas e a correlação encontrada nos ajustes lineares obtidos entre estas grandezas e a  $ESD_{\text{filme}}$ , foi selecionada a primeira relação, referente ao  $(\Delta L)^2$ , como sendo aceitável para efeitos de dosimetria.

Os valores medidos de  $\Delta L$  apresentam-se com uma incerteza expandida igual a 0,93, isto é,  $U(\Delta L) = 0,93$ , considerando um fator de expansão  $k = 2$ . Por conseguinte, os valores de  $(\Delta L)^2$  apresentam-se com uma incerteza expandida:

$$U((\Delta L)^2) = 2 \cdot \Delta L \cdot U(\Delta L) = 2 \cdot 0,93 \cdot \Delta L = 1,9 \cdot \Delta L \approx 2 \cdot \Delta L, \text{ a qual se sobrestima conforme evidenciado [7].}$$

De forma a expressar a incerteza-padrão associada ao ajuste linear de  $ESD$  em função do valor medido de  $(\Delta L)^2$ , foi aplicado ao modelo de ajuste linear  $ESD = a_0 (\Delta L)^2 + a_1$ , apresentado na *Figura 8*, a lei de propagação das incertezas [8], dando como resultado:

$$u^2(ESD) = \left( \frac{\partial ESD}{\partial (\Delta L)^2} \right)^2 u^2((\Delta L)^2) + \sum_{i=0}^n \left( \frac{\partial ESD}{\partial a_i} \right)^2 u^2(a_i) + 2 \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \left( \frac{\partial ESD}{\partial a_i} \right) \left( \frac{\partial ESD}{\partial a_j} \right) u(a_i, a_j)$$

donde resulta explicitamente (para  $n = 1$ ),

$$u^2(ESD) = \left( \frac{\partial ESD}{\partial (\Delta L)^2} \right)^2 u^2((\Delta L)^2) + \left( \frac{\partial ESD}{\partial a_0} \right)^2 u^2(a_0) + \left( \frac{\partial ESD}{\partial a_1} \right)^2 u^2(a_1) + 2 \left( \frac{\partial ESD}{\partial a_0} \right) \left( \frac{\partial ESD}{\partial a_1} \right) u(a_0, a_1)$$

$$u^2(ESD) = a_0^2 u^2(\Delta L) + (\Delta L)^2 u^2(a_0) + u^2(a_1) + 2(\Delta L) u(a_0, a_1)$$

onde  $a_0$  e  $a_1$  são os coeficientes referentes ao ajuste linear,  $ESD = a_0 (\Delta L) + a_1$ , correspondentes ao declive e à ordenada na origem, respetivamente,  $u(a_0)$  e  $u(a_1)$  são as incertezas-padrão associadas ao declive e à ordenada na origem da reta de ajuste, respetivamente,  $u(a_0, a_1)$  é a covariância entre esses dois coeficientes, e  $u(\Delta L)$  é a incerteza-padrão associada à medição da diferença quadrática de luminosidade no espaço cromático CIELab, com o espectrofotómetro.

Substituindo a incerteza de medição supramencionada, obtém-se:

$$u^2(ESD) = a_0^2 (\Delta L)^2 + (\Delta L)^4 u^2(a_0) + u^2(a_1) + 2(\Delta L) u(a_0, a_1)$$

Os coeficientes  $a_0$  e  $a_1$ , as incertezas-padrão associadas e a covariância entre os coeficientes foram determinados de acordo com a metodologia descrita no ponto 7 da norma ISO/TS 28037:2010, considerando uma regressão ortogonal ponderada em distância (*weighted ODR*) ou regressão generalizada em distância (*GDR*) [9], tendo-se obtido:

$a_0 = 0,10233$  mGy e  $a_1 = 2,5233$  mGy com,

$$u^2(a_0) = 2,9000 \times 10^{-6} \text{ mGy}^2, \quad u^2(a_1) = 2,2478 \times 10^{-2} \text{ mGy}^2 \quad \text{e} \quad u(a_0, a_1) = -1,1016 \times 10^{-4} \text{ mGy}^2.$$

Substituindo os respetivos valores calculados, determina-se a incerteza-padrão associada ao ajuste linear em função de  $\Delta L$ :

$$u^2(ESD) = 2,9000 \times 10^{-6} (\Delta L)^4 + 1,0251 \times 10^{-2} (\Delta L)^2 + 2,2478 \times 10^{-2}$$

no que concerne ao ajuste evidenciado em continuação:

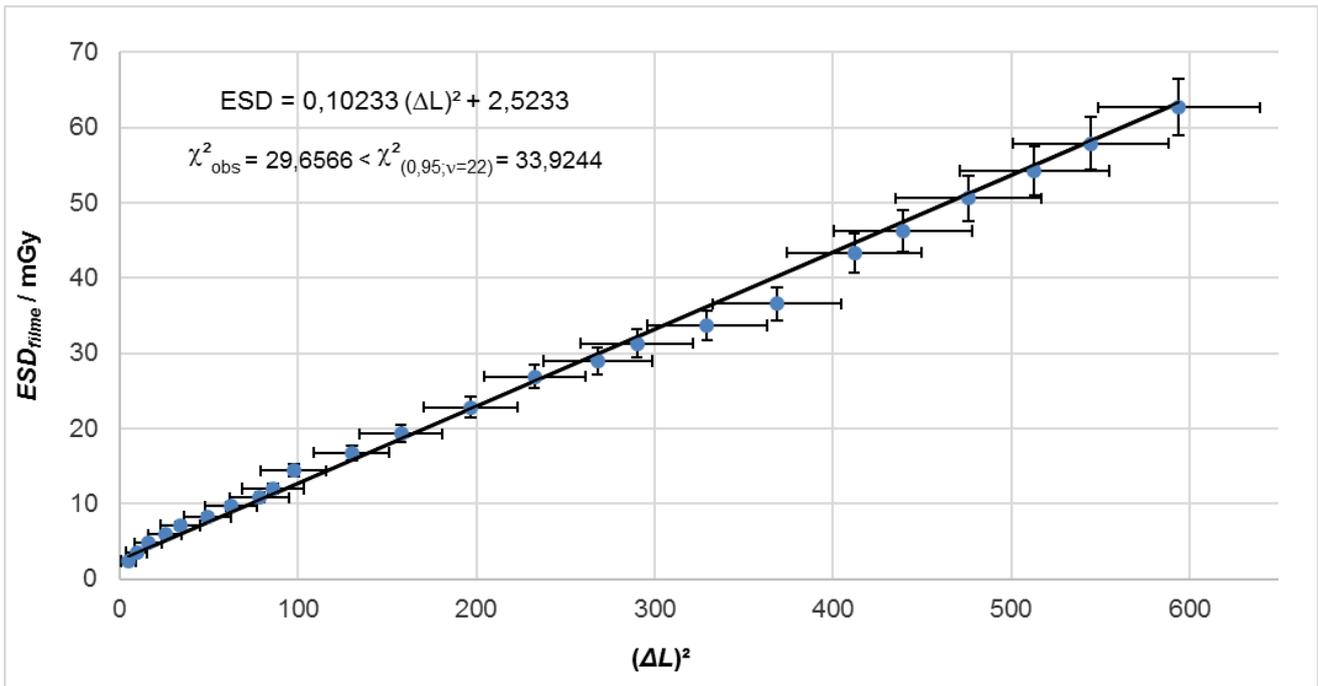


Figura 9: Ajuste linear entre os valores de  $ESD$  e  $(\Delta L)^2$  com a respetiva reta de ajuste obtida

e de onde se determina a incerteza expandida (para  $k = 2$ ) em função de  $\Delta L$  :

$$U(ESD) = 2 \sqrt{2,9000 \times 10^{-6} (\Delta L)^4 + 1,0251 \times 10^{-2} (\Delta L)^2 + 2,2478 \times 10^{-2}}$$

As incertezas expandidas calculadas de  $ESD$ , resultantes da medição da diferença de luminosidade,  $\Delta L$ , dos filmes radiocrómicos expostos, face às coordenadas de referência de um filme radiocrómico não exposto, apresentam um máximo de 21 % para doses de aproximadamente 5 mGy e variam no intervalo de 18 % a 8,6 % para doses compreendidas entre 10 mGy e 60 mGy, respetivamente, diminuindo rapidamente com o aumento da dose (*Figura 10*).

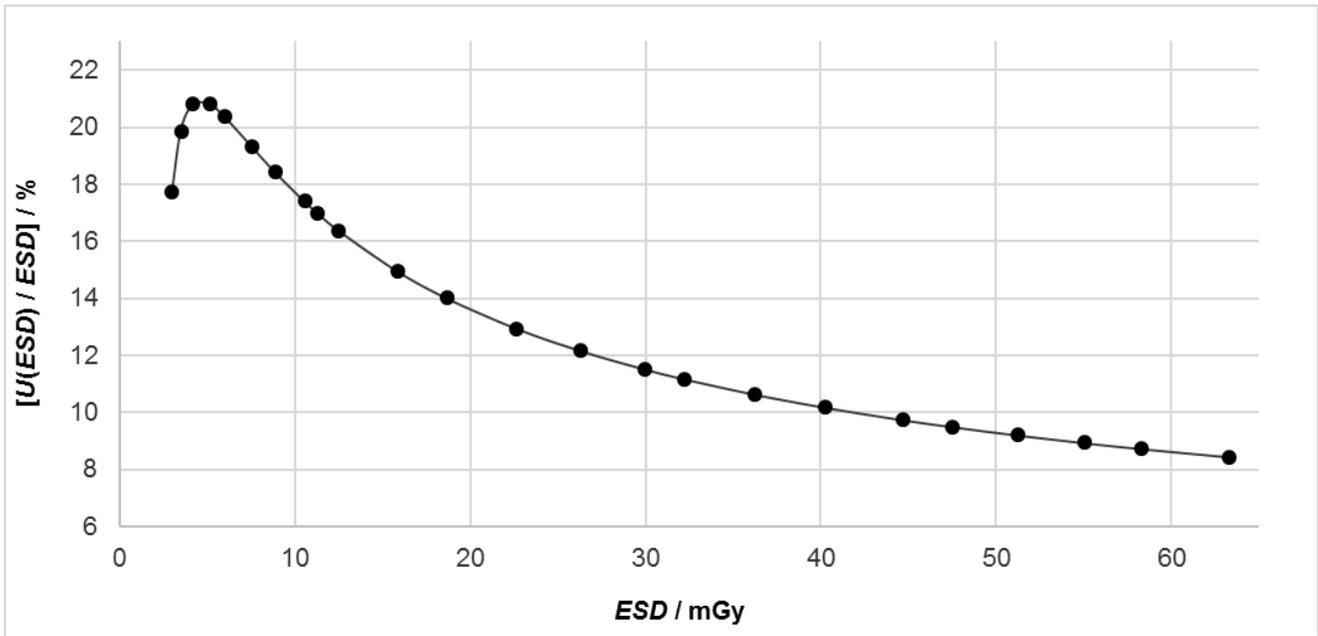


Figura 10: Relação entre o valor de *ESD* calculado e a sua respectiva incerteza expandida

#### 4. Conclusões

O presente estudo demonstra que os filmes radiocrómicos GafChromic® XR-QA2 podem ser utilizados para a quantificação de grandezas dosimétricas, tendo por base a medição da diferença de luminosidade entre um filme radiocrómico exposto, e a luminosidade de referência de um filme não exposto.

Notando que as incertezas de medição diminuem rapidamente com o aumento do valor da dose à entrada, o método mostra-se consistente, uma vez que permite monitorizar com fiabilidade doses mais elevadas, e relativamente às quais o risco radiológico é mais relevante.

Considerando os valores de *DRL* encontrados em diversas referências bibliográficas, estes filmes poderão ser utilizados para estimativa da dose de radiação recebida pelo paciente em exames de radiografia convencional onde os valores de *DRL* em causa sejam suscetíveis de alcançar valores mais elevados, como é o caso da radiografia convencional de coluna torácica e lombar, LAT. De acordo com a publicação “*Radiation Protection N° 180*”, de 2014, da Comissão Europeia, os valores de *ESD* para estas práticas estão geralmente compreendidos entre 10 mGy e 30 mGy [10].

Tratando-se de um sistema simples e de baixo custo, na medida em que os filmes podem ser delimitados a um vasto conjunto de pequenas áreas sensíveis, de acordo com as aplicações em causa, é conveniente estudar, apesar da respetiva baixa atenuação, o possível impacto dos mesmos na qualidade das imagens obtidas para fins de diagnóstico. Neste sentido, a título

exemplificativo, foi realizada a exposição do objeto de teste 2D Dental QA/QC de forma a verificar se a presença do filme radiocrómico introduzia artefactos perturbadores, ou afetava o limiar de resolução de alto ou baixo contraste.

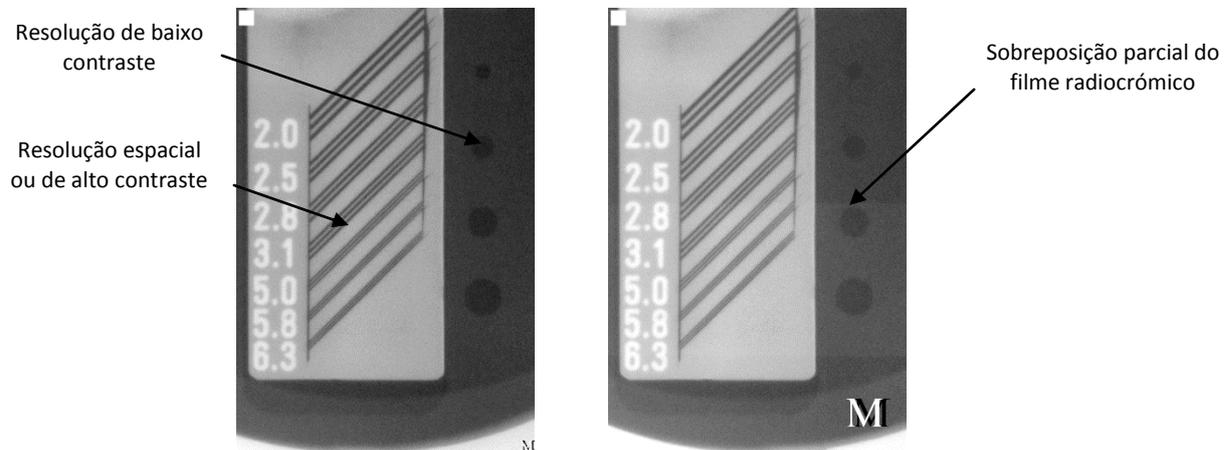


Figura 11: Exposição do objeto de teste sem (esquerda) e com (direita) a presença do filme radiocrómico

Conforme evidenciado nas imagens da *Figura 11*, não se observam artefactos perturbadores, nem uma diminuição relevante da resolução de baixo e alto contraste na imagem à direita, onde o objeto de teste foi parcialmente coberto pelo filme radiocrómico.

Salientando que o ajuste linear apresentado neste estudo, assim como as respetivas incertezas expandidas de medição, dependem das especificações técnicas da instrumentação (equipamento de raios X, dosímetro e espectrofotómetro), a utilização destes filmes noutras práticas requer, previamente, a calibração de todo o sistema de quantificação, conforme exposto neste trabalho.

Futuramente, será também pertinente estudar a eventual dependência da resposta do filme radiocrómico com a qualidade da radiação, caso a luminosidade do filme no espaço cromático CIE Lab não se mostre uma função exclusiva da dose absorvida. Se a variação da luminosidade, resultante da exposição do filme, não depender da qualidade de um feixe de raios X, estes filmes poderão ser ainda utilizados para a avaliação da dose em áreas inacessíveis pelos detetores convencionais.

## REFERÊNCIAS

- [1] Ashland 2013 GafChromic® XR-QA2 Technical specifications
- [2] Carestream 2012 CS 2200 User manual
- [3] RaySafe 2011 X2 User manual
- [4] UTPR, ISQ 2014 *Procedimento técnico PO.M-DM/RAD-01, Ed. C* (Oeiras: Instituto de Soldadura e Qualidade)
- [5] LABOPT, ISQ 2006 *Procedimento técnico PO.M-DM/OPT-03, Ed. B* (Oeiras: Instituto de Soldadura e Qualidade)
- [6] Konica Minolta 2014 CM-2600d User manual
- [7] ISQ 2016 *Registo e tratamento de dados RD.DM/RAD-DOS* (Oeiras: Instituto de Soldadura e Qualidade)
- [8] JCGM 100:2008 Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (Sèvres, France: BIPM)
- [9] ISO/TS 28037:2010 Determination and use of straight-line calibration functions (Geneva, Switzerland: ISO)
- [10] European Commission 2014 Radiation Protection N° 180 – Diagnostic Reference Levels in thirty-six European countries, Part 2/2

# MEDIÇÃO DO MOVIMENTO DE ABERTURA-FECHO E DESLIZAMENTO DE JUNTAS EM BARRAGENS DE BETÃO

Luís Lages Martins, Álvaro Silva Ribeiro, Juan Mata, António Tavares de Castro

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P.

## RESUMO

Nesta comunicação, é promovida uma breve descrição dos processos manual e automático para a medição do movimento de juntas em barragens de betão num horizonte temporal alargado que, em regra, abrange vários anos, permitindo conhecer o efeito das solicitações a que está sujeita, em particular, a variação térmica ambiental e a evolução do nível de água na albufeira. O estudo desenvolvido está centrado: (i) na identificação e na quantificação das componentes de incerteza associadas a cada tipo de medição, abrangendo as vertentes do método, instrumento e operador, no caso da medição manual; (ii) na respetiva propagação para as grandezas de interesse (movimento de abertura-fecho e deslizamento); (iii) e na respetiva análise de sensibilidade. Por último, é efetuada a aplicação ao caso real da observação da barragem do Alto Lindoso, onde os resultados obtidos contribuíram para a melhoria da análise comparativa da evolução dinâmica das estimativas obtidas por vias instrumentais distintas.

## 1. Introdução

As barragens de betão desempenham um papel relevante na nossa sociedade ao contribuírem para a exploração de recursos naturais e a produção energética, aspetos cruciais para o progresso e desenvolvimento. A garantia da segurança operacional, ambiental e estrutural deste tipo de grande obra é uma das principais preocupações das entidades envolvidas no respetivo projeto, construção, exploração e supervisão. Neste âmbito, o Regulamento de Segurança de Barragens [1] estabelece a obrigatoriedade da elaboração de um plano de observação, no qual se define um sistema dedicado à medição das grandezas físicas representativas das ações, propriedades e respostas estruturais que caracterizam e influenciam o comportamento real da obra.

Esta comunicação tem como objeto de interesse a medição do movimento de abertura-fecho e deslizamento em descontinuidades estruturais, por exemplo, fissuras ou juntas associadas a blocos de barragens de betão e a maciços rochosos. Em conjunto com as restantes grandezas mensuráveis, distribuídas pelos domínios do comprimento, pressão, força, caudal e temperatura, esta medição dimensional em obra contribui para a melhoria do conhecimento do respetivo

comportamento estrutural e, conseqüentemente, para a avaliação de segurança e a deteção atempada de dano [2].

A abordagem clássica para a medição do movimento de abertura-fecho e deslizamento recorre a um alongâmetro, o qual é um instrumento de natureza mecânica que assegura a medição manual da distância entre pontos de referência em obra. No entanto, nos últimos anos assistiu-se à crescente utilização adicional de sistemas automáticos suportados em cadeias de medição elétricas compostas por sensores de posicionamento linear (em regra do tipo indutivo) associados a elementos de alimentação, condicionamento, conversão e transmissão de sinal, entre outros [3].

Este estudo teve por objetivo a realização de uma análise comparativa da evolução dinâmica das estimativas dos movimentos num horizonte temporal alargado, obtidas de forma complementar, por ambos os processos de medição disponíveis (manual e automático). A avaliação das respetivas incertezas de medição contribui para uma análise mais robusta e rigorosa dos processos visto que se torna possível efetuar a distinção entre a dispersão de valores associada à medição e a dispersão de valores resultante da variação induzida pelo próprio comportamento estrutural da barragem.

A comunicação apresenta uma breve descrição dos processos mencionados (manual e automático) de medição, para os quais se promoveu a identificação e a quantificação das componentes de incerteza, abrangendo as vertentes do método, instrumento e operador, no caso da medição manual. Em seguida, é promovida a respetiva propagação para as grandezas de interesse (movimento de abertura-fecho e deslizamento) e é efetuada a uma análise de sensibilidade. Por último, é apresentada a respetiva aplicação ao caso real da observação da barragem do Alto Lindoso, tendo em conta o registo histórico de movimentos observados de forma manual e automática numa junta de contração durante vários anos.

## **2. Medição do movimento de abertura-fecho e deslizamento de juntas**

### **2.1 Método de medição manual**

O método tradicional de medição manual com recurso a alongâmetro prevê a existência de uma base triangular encastrada no local de medição (designada por base de alongâmetro), composta por três pontos de referência – materializados sob a forma de concavidades semiesféricas com um diâmetro próximo de 5 mm – os quais constituem os vértices de um triângulo equilátero (*vide* Figuras 1 e 2).



Figuras 1 e 2 – Base triangular para medição manual (à esq.ª) e alongâmetro e respetivos acessórios (à dir.ª)

Conforme se mostra na Figura 1, a descontinuidade atravessa verticalmente dois dos lados da base triangular, donde resulta que um dos pontos de referência se localiza à esquerda da descontinuidade, enquanto que os restantes permanecem no lado oposto. A dimensão nominal do lado do referido triângulo equilátero está dependente do tipo de alongâmetro utilizado e da amplitude prevista para os deslocamentos observados, sendo comuns os valores de 200 mm, 250 mm e, em alguns casos, 500 mm. Os pontos de referência mencionados são geometricamente compatíveis com as duas ponteiros de contacto do alongâmetro (*vide* Figura 2), permitindo a medição dimensional dos três lados da base triangular.

Conforme se nota na Figura 2, o alongâmetro apresenta uma ligação elástica (mediante articulação com mola de folha) entre as duas ponteiros de contacto, assegurando a transdução mecânica do deslocamento medido entre pontos de referência para a haste de um comparador analógico. Em regra, verifica-se que o deslocamento lido no comparador corresponde ao dobro do deslocamento real medido entre pontos de referência da base, o que se traduz numa duplicação da sensibilidade de medição dimensional. Tipicamente, o deslocamento medido entre campanhas apresenta uma magnitude bastante reduzida (sub-milimétrica) compatível com o intervalo de medição do comparador do alongâmetro.

A atividade de observação de barragens de betão prolonga-se no tempo ao longo de várias décadas, acompanhando as diferentes etapas da respetiva vida útil. Este facto justifica que a utilização do alongâmetro, numa dada campanha de medição, inclua o recurso a uma barra de ínvar (*vide* Figura 2), a qual materializa uma distância de referência entre duas concavidades semiesféricas (idênticas às existentes nos pontos de referência) com valor igual à dimensão nominal do lado da base triangular. Atendendo ao reduzido coeficiente de dilatação térmica linear do ínvar, a referida distância de referência, que se assume constante no tempo, permite corrigir, em cada época, as leituras obtidas no alongâmetro compensando a variação sazonal da temperatura de ensaio e a deriva instrumental do alongâmetro entre campanhas de medição.

A partir das medições dimensionais dos lados da base triangular efetuadas com recurso ao alongâmetro, é possível estimar o movimento de abertura-fecho e deslizamento na descontinuidade tendo em conta os seguintes modelos matemáticos:

$$\Delta X = \frac{(L_{3n} - L_{3i}) - C_1}{C_2} \quad (1)$$

onde  $\Delta X$  corresponde à grandeza movimento abertura-fecho,  $L_{3i}$  e  $L_{3n}$  são as dimensões do lado 3 da base triangular medidas na época inicial,  $i$ , e na época em análise,  $n$ , respetivamente, enquanto  $C_1$  e  $C_2$  são duas variáveis associadas, respetivamente, à medição da barra de referência ( $C_1 = L_{1n} - L_{1i}$ , em que  $L_{1n}$  e  $L_{1i}$  correspondem às dimensões da barra de referência medidas na época em análise,  $n$ , e na época inicial,  $i$ ) e ao fator de conversão entre o deslocamento lido no comparador e o deslocamento efetivo (real) entre os vértices da base triangular (em regra,  $C_2 = 2$ ); por sua vez, o deslizamento  $\Delta Y$  é dado por

$$\Delta Y = \frac{2}{C_2 \cdot \sqrt{3}} \left\{ \frac{(L_{3n} - L_{3i}) - C_1}{2} - [(L_{1n} - L_{1i}) - C_1] \right\} \quad (2)$$

onde  $L_{1n}$  e  $L_{1i}$  são as dimensões do lado 1 da base triangular na época inicial,  $i$ , e na época em análise,  $n$ .

## 2.2 Método de medição automática

Este método de medição consiste na utilização de cadeias de medição compostas por sensores de posicionamento linear que, em regra, são sensores elétricos do tipo indutivo, dispondo de uma relação de transdução associada ao fenómeno de variação da indução mútua designando-se, por este motivo, por LVDT – *Linear Variable Differential Transformer*. Este tipo de sensor é composto por uma haste que, numa extremidade, está em contacto direto (via ponta de contacto ou rótula) com a região cujo deslocamento se pretende medir, encontrando-se inserida num núcleo eletromagnético posicionado entre o enrolamento primário (de excitação) e os enrolamentos secundários.

Comparativamente com outros tipos de sensores elétricos de posicionamento linear, o LVDT apresenta como principais vantagens: (i) a reduzida magnitude da incerteza de medição associada à linearidade do sensor; (ii) a elevada sensibilidade de medição; e (iii) um adequado isolamento elétrico entre o circuito de excitação e o enrolamento de saída. As principais limitações associadas a este tipo de sensor correspondem à influência da temperatura, ao reduzido intervalo de medição

(dependente do contexto de medição), o complexo condicionamento de sinal e o efeito de *ripple* no sinal analógico de saída.

O método automático constitui uma solução atrativa de medição, visto possibilitar a observação permanente da obra com uma frequência de aquisição elevada, não sendo necessário dispor de recursos humanos para concretizar as medições pretendidas eliminando, desta forma, a contribuição do operador para a incerteza de medição. Na Figura 3, mostra-se um exemplo de instrumentação aplicada na observação de uma barragem de betão, onde é possível notar o recurso a três LVDT para a medição de movimentos em três direções ortogonais, bem como uma base triangular para medição manual com recurso a alongâmetro.

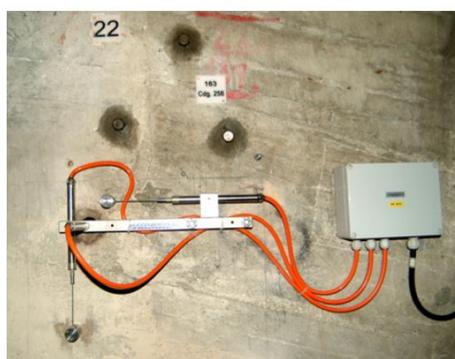


Figura 3 – Sistemas para medição de movimento abertura-fecho e de deslizamento numa barragem de betão

### 3. Avaliação de incertezas de medição

#### 3.1 Método manual

A análise do método manual de medição revelou a existência de várias componentes de incerteza associadas, por um lado, à medição dimensional dos lados da base triangular com recurso a alongâmetro (Quadro 1) e, por outro lado, à medição da barra de ínvar de referência (Quadro 2).

No primeiro caso, as componentes de incerteza identificadas estão associadas ao comparador (calibração, desvios sistemáticos, reversibilidade, repetibilidade e divisão), ao alongâmetro (calibração, linearidade e repetibilidade) e à exclusão do parâmetro ordenada na origem da relação linear de conversão entre o valor lido no comparador e o deslocamento efetivo entre ponteiras. A quantificação apresentada no Quadro 1 foi baseada nos resultados experimentais obtidos da caracterização metrológica de um alongâmetro [4], tendo-se obtido uma incerteza combinada de medição igual a 0,009 0 mm. Para este valor de incerteza contribuem, principalmente, a

repetibilidade do alongâmetro, seguida da calibração e dos desvios sistemáticos no comparador e da calibração e da linearidade do alongâmetro.

No segundo caso, a incerteza de medição da barra de ínvar de referência decorre da combinação de três componentes de incerteza: (i) a medição dimensional com recurso a alongâmetro (quantificada no Quadro 1); (ii) a variação da temperatura da barra entre campanhas de medição – considerou-se uma variação dimensional de uma barra de ínvar com 250 mm de comprimento, coeficiente de dilatação térmica linear igual a  $1,2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e uma variação de temperatura igual a  $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; e (iii) o valor de referência da distância entre pontos de referência na barra decorrente da sua medição dimensional em laboratório. A incerteza combinada de medição obtida correspondeu a  $0,0097 \text{ mm}$ , para a qual contribuiu, sobretudo, a componente de incerteza associada à medição dimensional da barra com o alongâmetro.

Quadro 1 – Balanço de incertezas de medição dimensional dos lados da base triangular com alongâmetro

Grandeza $x_i$	Estimativa	Componente de incerteza-padrão $u(x_i)$	Fonte de incerteza	Função distribuição de probabilidade	Valor de incerteza-padrão de medição $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidade $e, c_i$	Contribuição para a incerteza $u_i =  c_i  u(x_i) / \text{mm}$	Graus de liberdade	
$L_{3n}, L_{3i}, L_{1n}, L_{1i}$	1,14 mm ( $L_{3n}$ ) 1,06 mm ( $L_{3i}$ ) 1,95 mm ( $L_{1n}$ ) 1,54 mm ( $L_{1i}$ )	$u(L)_{\text{comp}}$	Comparador						
		$u(L)_{\text{comp cal}}$	Calibração	Normal	0,003 7 mm	1	0,003 7	50	
		$u(L)_{\text{comp des}}$	Desvios sistemáticos	Uniforme	$(0,006 0 \text{ mm}) / \sqrt{3}$	1	0,003 5	50	
		$u(L)_{\text{comp rev}}$	Reversibilidade	Uniforme	$(0,002 0 \text{ mm}) / \sqrt{3}$	1	0,001 2	50	
		$u(L)_{\text{comp rep}}$	Repetibilidade	Normal	0,001 0 mm	1	0,001 0	3	
		$u(L)_{\text{comp div}}$	Divisão	Uniforme	$(0,005 0 \text{ mm}) / \sqrt{3}$	1	0,002 9	50	
		$u(L)_{\text{along}}$	Alongâmetro						
		$u(L)_{\text{along cal}}$	Calibração	Normal	0,003 1 mm	1	0,003 1	50	
		$u(L)_{\text{along lin}}$	Linearidade	Uniforme	$(0,005 0 \text{ mm}) / \sqrt{3}$	1	0,002 9	50	
		$u(L)_{\text{along rep}}$	Repetibilidade	Normal	0,005 0 mm	1	0,005 0	4	
		$u(L)_{\text{offset}}$	Ordenada na origem	Uniforme	$(0,002 1 \text{ mm}) / \sqrt{3}$	1	0,001 2	50	
Incerteza combinada de medição:					0,009 mm				
Graus de liberdade efetivos:					38				
Fator de expansão:					2,12				
Incerteza expandida de medição (95 %):					0,019 mm				

Quadro 2 – Balanço de incertezas de medição dimensional da barra invar de referência

Grandez a $x_i$	Estimativ a	Componente de incerteza- padrão $u(x_i)$	Fonte de incerteza	Função distribuição de probabilidad e	Valor da incerteza- padrão de medição $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidade , $c_i$	Contribuição para a incerteza, $u =  c_i  u(x_i) /$ mm	Graus de liberdade
$L_{ln}, L_{lj}$	5,00 mm	$u(L_i)_{med}$	Medição com alongâmetro	Normal	0,009 0 mm	1	0,009 0	38
		$u(L_i)_{temp}$	Variação da temperatura entre campanhas	Uniforme	$(250 \text{ mm} \times 1,2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \times 10 \text{ } ^\circ\text{C}) / \sqrt{3}$	1	0,001 7	50
		$u(L_i)_{ref}$	Valor de referência	Normal	0,003 1 mm	1	0,003 1	50
Incerteza combinada de medição:					0,009 7 mm			
Graus de liberdade efetivos:					50			
Fator de expansão:					2,05			
Incerteza expandida de medição (95 %):					0,020 mm			

O ensaio de calibração do alongâmetro permite definir uma relação linear entre o valor lido no comparador e o deslocamento entre ponteiras de contacto, à qual se associam os parâmetros lineares do declive e da ordenada na origem, cujas estimativas, variâncias e covariância são determinadas de forma analítica aplicando o Método dos Mínimos Quadrados. Neste âmbito, destaca-se a estimativa e a incerteza de medição do parâmetro declive, o qual corresponde ao fator de conversão  $C_2$  presente na formulação dos modelos matemáticos aplicados na determinação das grandezas de interesse (*vide* expressões 1 e 2 da seção 2.1), nos quais não é contabilizado o parâmetro ordenada na origem. Na avaliação de incerteza efetuada, foram considerados os valores obtidos na caracterização metrológica de um alongâmetro [4], para o qual se obteve um declive com uma estimativa igual a 1,982 5 e uma incerteza-padrão de medição igual a 0,001 2, sendo adequada a adoção de uma distribuição normal na representação probabilística desta fonte de dispersão de valores.

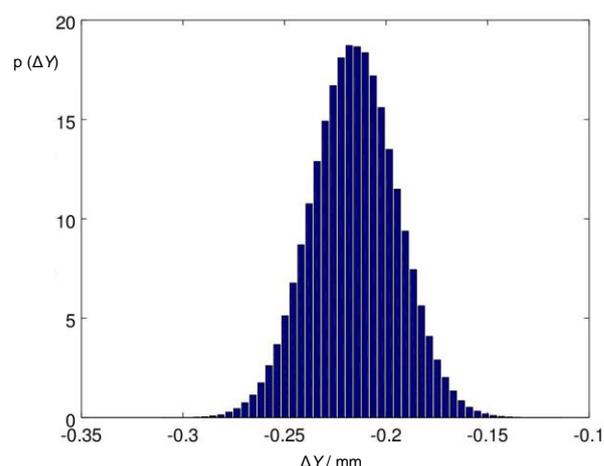
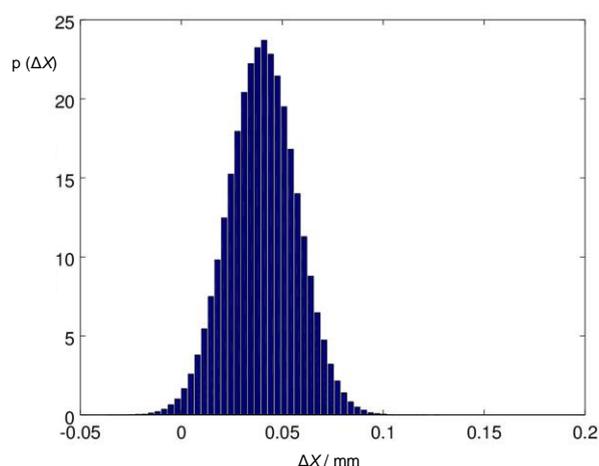
A realização de campanhas de medição recorrendo a três operadores os quais, por sua vez, executaram 30 medições em condições de repetibilidade, permitiram quantificar, por aplicação do método ANOVA [2], a dispersão de valores associados à repetibilidade e à reprodutibilidade das medições do movimento de abertura-fecho e de deslizamento, respetivamente, 0,014 mm e 0,019 mm, adotando-se distribuições normais na sua representação probabilística.

A propagação das incertezas de medição para as grandezas de interesse (movimento de abertura-fecho e deslizamento) foi efetuada mediante uma abordagem funcional com recurso ao Método de

Monte Carlo (MMC), atendendo à não-linearidade dos modelos matemáticos (*vide* expressões 1 e 2). Neste contexto, foi utilizado um gerador de números pseudoaleatórios de Mersenne-Twister [5], bem como um conjunto de algoritmos validados para a conversão, ordenação e avaliação do nível de exatidão computacional das sequências numéricas geradas, conforme previsto e especificado no Suplemento 1 do GUM [7]. A dimensão das sequências geradas correspondeu a  $1 \times 10^6$ , a qual foi suficiente para garantir a convergência numérica dos resultados obtidos apresentados no Quadro 3. As Figuras 4 e 5 mostram os histogramas normalizados associados às sequências numéricas das grandezas de saída.

Quadro 3 – Resultados das simulações numéricas pelo MMC

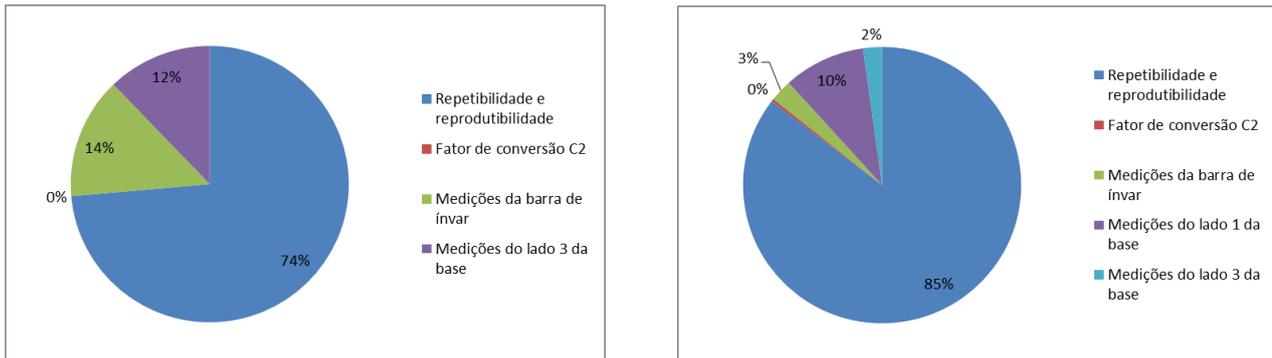
Tipo de movimento	Abertura-fecho, $\Delta X / \text{mm}$	Deslizamento, $\Delta Y / \text{mm}$
Valor médio	0,040	-0,216
Moda	0,041	-0,218
Incerteza expandida de medição (95 %)	0,033	0,041
Nível de exatidão computacional (95 %)	0,000 19	0,000 24



Figuras 4 e 5 – Distribuições de probabilidade das grandezas de saída abertura-fecho (à esq.<sup>a</sup>) e deslizamento (à dir.<sup>a</sup>)

Os resultados obtidos mostram uma incerteza expandida de medição do movimento abertura-fecho (0,033 mm) ligeiramente inferior ao valor obtido para o deslizamento (0,041 mm) verificando-se, em ambos os casos, um nível de exatidão computacional inferior a 0,001 mm. As distribuições de

probabilidade das sequências numéricas obtidas apresentam uma forma geométrica gaussiana com valores médios praticamente idênticos às modas. Os algoritmos de cálculo desenvolvidos permitiram efetuar uma análise de sensibilidade tendo em vista a identificação das contribuições dominantes para as incertezas de medição mencionadas anteriormente. Os resultados obtidos constam nas Figuras 6 e 7.



Figuras 6 e 7 – Contribuições para a incerteza de medição manual: abertura-fecho (à esq.<sup>a</sup>) e deslizamento (à dir.<sup>a</sup>)

Em ambas as grandezas, a repetibilidade e a reprodutibilidade constituem as contribuições dominantes para as respetivas incertezas de medição: 74 % no caso do movimento de abertura-fecho e 85 % no caso do movimento de deslizamento. Salienta-se que a incerteza de medição associada ao fator de conversão  $C_2$  apresenta uma contribuição praticamente nula, o que justifica a simplificação dos modelos matemáticos adotados neste âmbito, nos quais esta variável é substituída por um valor constante igual a dois.

### 3.2 Método automático

No método automático, foram identificadas três componentes de incerteza associadas: (i) ao parâmetro linear do declive ou ganho, que traduz a transdução de valores de intensidade de corrente de saída do sensor para valores de posicionamento linear; (ii) ao efeito de *ripple* no sinal de saída do sensor, referido pelo fabricante nas especificações técnicas; (iii) às características metrológicas (linearidade, reversibilidade e repetibilidade) do sensor, quantificadas experimentalmente mediante ensaio dedicado descrito em [6].

Tendo em conta que a relação linear de transdução assumida na cadeia de medição automática, traduzida matematicamente pelo produto do declive ou ganho,  $m$ , pela intensidade de corrente

elétrica de saída,  $I$ , foi possível recorrer à Lei de Propagação de Incertezas (LPI) [8] de modo a calcular a incerteza combinada da medição dimensional,  $L$ . A expressão obtida corresponde a

$$u^2(L) = \dot{L} \cdot u^2(m) + m^2 \cdot u^2(I) + u^2(L)_{\text{lin}} + u^2(L)_{\text{rev}} + u^2(L)_{\text{rep}} + u^2(L)_{\text{temp}}. \quad (3)$$

No método automático, a medição do movimento de abertura-fecho,  $\Delta X$ , e deslizamento,  $\Delta Y$ , decorre da diferença entre as medições dimensionais efetuadas em épocas distintas numa dada direção, pelo que a incerteza combinada de medição corresponde a

$$u(\Delta X) = u(\Delta Y) = \sqrt{2} \cdot u(L). \quad (4)$$

O Quadro 4 resume o balanço de incertezas de medição efetuado neste âmbito. Por sua vez, a Figura 8 mostra a distribuição das contribuições de cada componente de incerteza para a incerteza combinada de medição do movimento de abertura-fecho e deslizamento no método automático.

Quadro 4 – Balanço de incertezas de medição dimensional no método automático

Grandeza $x_i$	Estimativa	Componente de incerteza-padrão $u(x_i)$	Fonte de incerteza	Função distribuição de probabilidade	Valor da incerteza-padrão de medição $u(x_i)$	Coefficiente de sensibilidade, $c_i$	Contribuição para a incerteza combinada, $u_i =  c_i  u(x_i) / \text{mm}$	Graus de liberdade
Ganho	0,626 30 mm·mA-1	$u(m)$	Quantificação experimental	Normal	0,000 66 mm·mA-1	12 mA	0,007 9	8
Intensidade de corrente elétrica de saída	12,000 mA	$u(I)$	Ripple no sinal de saída do sensor	Uniforme	(0,025 mA) / $\sqrt{3}$	0,626 30 mm mA-1	0,009 0	50
		$u(L)_{\text{lin}}$	Linearidade	Uniforme	(0,005 0 mm) / $\sqrt{3}$	1	0,002 9	50
		$u(L)_{\text{rev}}$	Reversibilidade	Uniforme	(0,005 0 mm) / $\sqrt{3}$	1	0,002 9	50
		$u(L)_{\text{rep}}$	Repetibilidade	Normal	0,004 0 mm	1	0,004 0	10
		$u(L)_{\text{temp}}$	Varição da temperatura entre medições	Uniforme	(0,000 3 °C-1 · 1,5 mm × 10 °C) / $\sqrt{3}$	1	0,002 6	50
Incerteza combinada de medição dimensional, $u(L)$ :						0,014 mm		
Graus de liberdade efetivos:						59		
Incerteza combinada de medição do movimento, $u(\Delta X) = u(\Delta Y) = \sqrt{2} \cdot u(L)$ :						0,019 mm		
Graus de liberdade efetivos:						100		
Fator de expansão:						2,07		
Incerteza expandida de medição (95 %), $U_{95\%}(\Delta X)$ , $U_{95\%}(\Delta Y)$ :						0,039 mm		

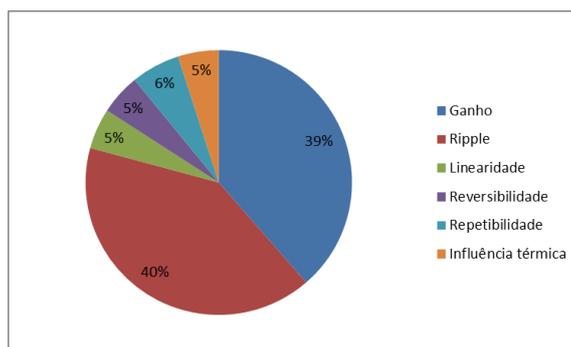
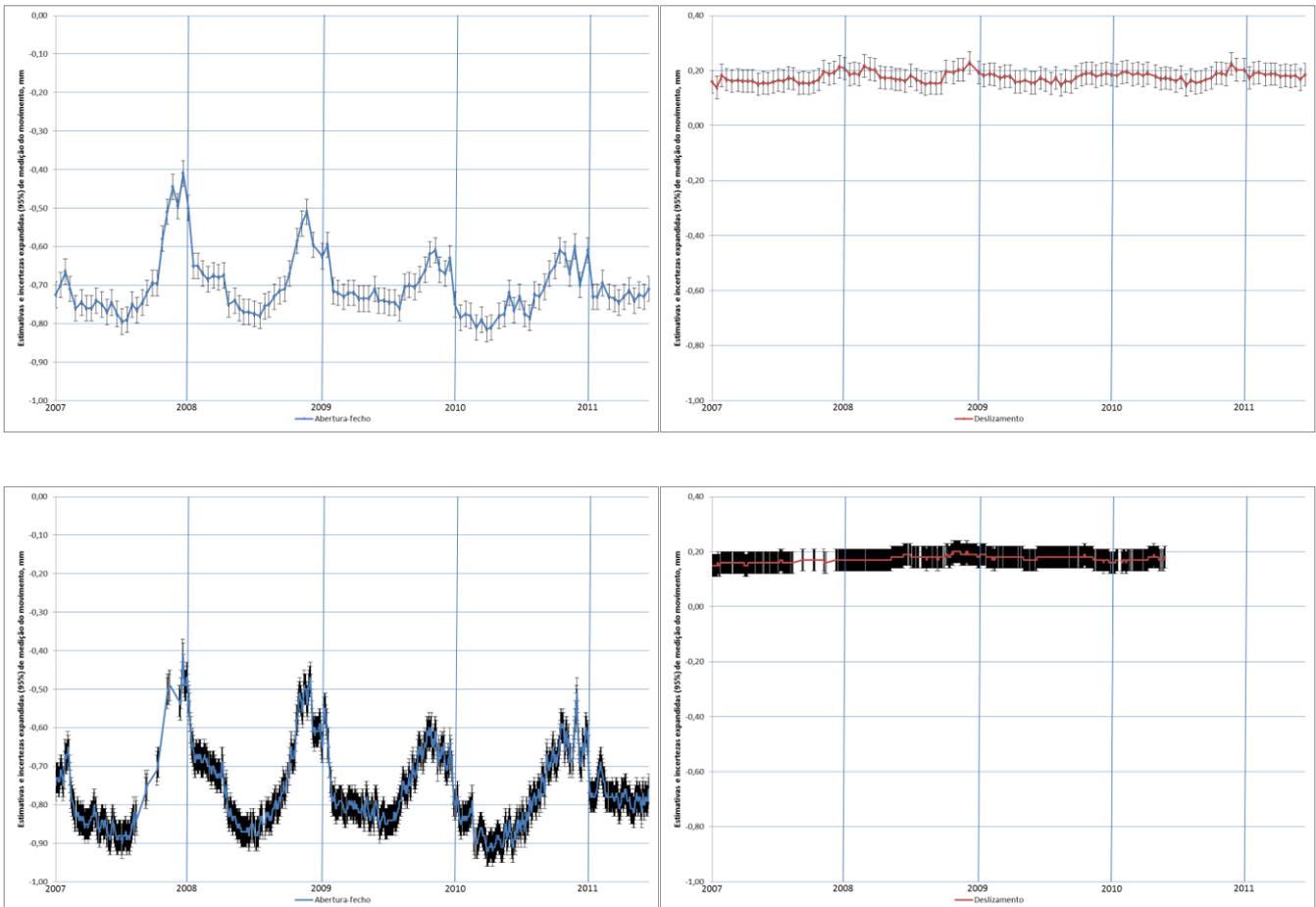


Figura 8 – Contribuições para a incerteza de medição automática

A incerteza expandida de medição obtida corresponde a 0,039 mm, onde o efeito de *ripple* e o ganho do sensor constituem as contribuições dominantes (79 % em conjunto) para a dispersão de valores obtida. Note-se que este valor de incerteza não contabiliza o eventual efeito dos cabos de extensão (para a ligação entre o sensor e os outros elementos da cadeia de medição), bem como, a possível correlação entre medições dimensionais efetuadas em épocas distintas com recurso à mesma cadeia de medição.

#### 4. Evolução temporal dos movimentos numa junta

No conjunto das Figuras 9 a 12, é exemplificada a evolução temporal das estimativas do movimento de abertura-fecho e deslizamento numa junta (com a identificação 12) da barragem do Alto Lindoso, num horizonte temporal alargado (entre 2007/01 e 2011/06), obtidas com recurso a ambos os métodos de medição disponíveis (manual e automático). Os resultados obtidos na seção anterior permitem que sejam igualmente apresentadas as respetivas incertezas expandidas de medição (com grau de confiança de 95 %).



Figuras 9 a 12 – Evolução temporal dos movimentos de abertura-fecho (à esq.<sup>a</sup>) e deslizamento (à dir.<sup>a</sup>), medidos com recurso ao método manual (em cima) e ao método automático (em baixo)

Nos gráficos do movimento de abertura-fecho da junta analisada, as alterações dimensionais sazonais são decorrentes da variação de temperatura, com amplitudes pico-a-pico compreendidas entre 0,20 mm e 0,50 mm. Estes valores são superiores às incertezas expandidas de medição associadas aos métodos de medição avaliados (compreendidas entre 0,033 mm e 0,039 mm). No caso do movimento de deslizamento, não se notam alterações dimensionais significativas, apresentando valores na mesma ordem de grandeza da incerteza de medição (em torno de 0,040 mm).

No que respeita à comparação de resultados entre os dois métodos de medição e para ambas as grandezas analisadas, verifica-se uma sobreposição das estimativas e respetivas incertezas de medição, embora as medições tenham sido realizadas de forma não simultânea (a medição automática é efetuada diariamente com uma periodicidade de oito horas, enquanto que a medição manual é efetuada uma única vez por dia numa determinada campanha de medição).

## 5. Conclusões

O estudo efetuado permitiu identificar e quantificar as componentes de incerteza de medição manual e automática do movimento de abertura-fecho e deslizamento de juntas em barragens de betão. A propagação destas componentes de incerteza para as grandezas de interesse do utilizador, mediante aplicação do MMC no método manual e através da LPI no método automático, permitiu conhecer os respetivos níveis de exatidão dimensional, os quais se revelaram similares, com valores compreendidos entre 0,033 mm e 0,041 mm. As contribuições dominantes para a incerteza de medição manual foram a repetibilidade e a reprodutibilidade, enquanto que, na medição automática, o ganho do sensor e o efeito de *ripple* no sinal de saída foram determinantes para a dispersão obtida.

Os resultados foram aplicados ao registo histórico das estimativas de medição de movimento numa junta na barragem do Alto Lindoso, tendo-se constatado a sobreposição das estimativas e dispersões dos dois métodos de medição, não se notando diferenças significativas entre ambos.

Como trabalho futuro a realizar neste contexto, refere-se o estudo visando avaliar o impacto que os cabos de extensão e os restantes elementos da cadeia de medição automática possuem ao nível da qualidade metrológica das grandezas dimensionais associadas aos movimentos de abertura-fecho e de deslizamento.

## REFERÊNCIAS

- [1] RSB – Regulamento de Segurança de Barragens, *Decreto-Lei* n.º 344/2007, de 15 de outubro de 2007
- [2] Mata J 2013 *Structural safety control of concrete dams aided by automated monitoring systems* (Tese de Doutoramento, Lisboa: Universidade de Lisboa, Instituto Superior Técnico)
- [3] Garrett J 2007 A instrumentação no controlo de segurança de grandes obras: perspectivas de desenvolvimento *Proceedings do Encontro Nacional sobre A Instrumentação Científica e a Metrologia Aplicadas à Engenharia Civil* 6-10
- [4] Martins L e Ribeiro A 2016 Caracterização metrológica de um alongâmetro *Relatório 180/2016 – CIC/NQM* (Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil)
- [5] Matsumoto M, Nishimura T 1998 Mersenne twister: a 623-dimensionally equidistributed uniform pseudo-random number generator *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation* **8** (1) 3-30
- [6] Martins L e Ribeiro A 2013 Caracterização metrológica de um transdutor de deslocamento integrado no sistema de recolha automática de dados da Barragem do Alto Lindoso *Nota técnica 1/2013 – CIC/NQM* (Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil)
- [7] JCGM 101:2008 Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement” – Propagation of Distributions using a Monte Carlo Method (Sèvres, France: BIPM)
- [8] JCGM 100:2008 Evaluation of Measurement Data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (Sèvres, France: BIPM)

## A NORMA ISO/IEC 17025 - REVISÃO E EXPECTATIVAS

Noélia Duarte

SPMet - Sociedade Portuguesa de Metrologia, Lisboa

### RESUMO

Pretende-se, com esta comunicação, contribuir para divulgar a revisão da norma ISO/IEC 17025:2005, iniciada em 2014 e atualmente em curso. Apresenta-se assim o processo da revisão, preparação, planeamento, no respetivo grupo de trabalho, assim como as principais alterações resultantes de orientações da ISO/CASCO e da abordagem dos diferentes intervenientes. As expectativas resultantes do impacto das alterações, na melhoria da gestão e organização das atividades do laboratório e adaptação ao progresso técnico dos processos de realização e da qualidade e rigor dos resultados. O contributo da norma para a cooperação entre laboratórios, a aplicação na avaliação da conformidade pelas entidades acreditadoras e outras, condição necessária para a aceitação dos resultados entre todos os interessados, indústria, entidades governamentais, incluindo clientes em outros países num mercado global.

### Palavras-chave

Acreditação de laboratórios, ISO/IEC17025 revisão

### 1. Introdução

Em outubro de 2014 foi formalmente iniciado o processo de revisão da norma ISO/IEC 17025 [1], com a aprovação de uma Proposta de Novo Projeto de Trabalho (NWIP, *New Work Item Proposal*) e a criação pelo Comité para a Avaliação da Conformidade da ISO (ISO/CASCO, *Committee on conformity assessment*), de um grupo de trabalho designado *WG44-ISO/CASCO Revision of ISO/IEC 17025*, com a missão de gerir o processo conducente á revisão da norma em apreço.

O WG44 foi constituído por três coordenadores representantes do Bureau Sul-Africano das Normas (SABS, *South African Bureau of Standards*), do Instituto Nacional Americano das Normas (ANSI, *American National Standards Institute*) e da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC, *International Electrotechnical Commission*), apoiado por um secretariado, e envolvendo 140 peritos. A respetiva primeira reunião realizou-se em fevereiro de 2015, tendo sido estabelecido um plano de trabalhos com uma meta de 36 meses para a publicação da versão revista.

Na 5.<sup>a</sup> reunião plenária do WG44, realizada em setembro de 2016, a proposta para passar à fase de Projeto de Norma Internacional (DIS, *Draft International Stage*) foi votada favoravelmente, por 96 % dos membros.

A versão então designada por *ISO/IEC DIS 17025* [2] foi distribuída aos membros, para apreciação e comentários, com prazo até final de março de 2017. Na próxima reunião do WG44 do ISO/CASCO, a realizar em Genebra (Suíça) em julho de 2017, prevê-se que resulte na emissão do Projeto Final da Norma Internacional (FDIS, *Final Draft International Stage*), sendo expectável que o processo de revisão termine com a publicação da norma em 2017.

O período de revisão das normas ISO e IEC costuma ser de aproximadamente 5 anos, o que permite o brotar de novos paradigmas e publicação de novos documentos normativos que incentivam a atualização das normas em vigor há mais tempo. Novas práticas e conceitos estão assimilados, podendo substituir os mais antigos já dificilmente praticáveis. Assim, a atualização das normas da série ISO 9000 [3], por serem utilizadas e inspiradoras para a ISO/IEC 17025 levou a atualização desta última.

## 2. Estrutura da norma ISO/IEC DIS 17025

A estrutura da norma manteve-se harmonizada e alinhada com a estrutura de outras normas ISO, nomeadamente das normas da avaliação da conformidade da série ISO/IEC 17000 [4], [5] tal como estabelecido nos documentos do ISO/CASCO [4]. Esta estrutura compreende as secções “Objetivo e campo de aplicação” (*Scope*), “Referências normativas” (*Normative references*), “Termos e definições” (*Terms and definitions*), “Requisitos gerais” (*General requirements*), “Requisitos estruturais” (*Structural requirements*), “Requisitos de recursos” (*Resource requirements*), “Requisitos de processos” (*Process requirements*), “Requisitos de gestão” (*Management requirements*), “Anexo A Rastreabilidade metrológica” (*Metrological traceability*), “Anexo B Sistema de gestão” (*Management system*) e “Bibliografia” (*Bibliography*).

Em conformidade com os documentos da ISO/CASCO [6], a versão DIS mantém a utilização da terminologia especificada, para a redação dos requisitos obrigatórios de Imparcialidade, Confidencialidade, Reclamações e Sistema de Gestão. Por sua vez, a organização dos requisitos é efetuada à semelhança das normas da série ISO/IEC 17000 [4], [5] i.e. na sequência: requisitos gerais, requisitos estruturais, requisitos de recursos, requisitos de recursos e requisitos do sistema de gestão. Destaca-se, portanto as alterações em relação à estrutura da norma em vigor ISO/IEC 17025 [1] nomeadamente na apresentação e organização dos “Requisitos de gestão” (*Management requirements*) e “Requisitos técnicos” (*Technical requirements*)“.

### 3. Pontos em destaque na norma ISO/IEC DIS 17025

A versão DIS de uma norma oferece já algumas garantias de estabilidade da estrutura e conteúdo em geral, pelo que se identificam a seguir alguns aspetos relevantes dos requisitos estabelecidos, para proporcionar uma reflexão sobre as alterações e processo de avaliação.

Na secção 3 - Termos e Definições, o termo “Laboratório” é definido como uma “entidade que desenvolve uma ou mais atividades de ensaio, de calibração, ou de amostragem como atividade que precede o ensaio ou calibração”.

A secção 4 - Requisitos Gerais. Imparcialidade e Confidencialidade define a imparcialidade como “presença de objetividade” e apresenta neste requisito as ações para consubstanciar a definição, nomeadamente: *“Laboratory activities shall be undertaken impartially and structured and managed so as to safeguard impartiality”; “The laboratory shall identify risks to its impartiality on an on-going basis”*.

Na secção 5 - Requisitos estruturais, é referido que o laboratório deva definir a estrutura da gestão, organização e responsabilidades. A versão DIS estabelece a responsabilidade da “Gestão” de forma global, segundo a expressão *“The laboratory shall identify management who has overall responsibility for the laboratory”*.

Da secção 6 - Requisito de Recursos, Pessoal, Instalações e Condições Ambientais, Equipamentos, Rastreabilidade metrológica, Produtos e Serviços Externos, podemos destacar que, respeitante ao requisito:

- o pessoal, a referência à imparcialidade e confidencialidade, com maior ênfase na competência;
- as instalações e condições ambientais, o ponto “prevenção de contaminações” foi adicionado às medidas de controlo das instalações;
- rastreabilidade metrológica, o texto foi reduzido, mantendo-se os requisitos fundamentais, como pode ser lido em: *“The laboratory shall establish and maintain metrological traceability of its measurement results by means of a documented unbroken chain of calibrations each contributing to the measurement uncertainty, linking them to an appropriate reference. The laboratory shall ensure that measurement results are traceable to the International System of Units (SI)”*

---

A Nota 1 desta secção identifica a definição da rastreabilidade à dada pelo documento do Vocabulário Internacional da Metrologia [7]. Para informação adicional, o estabelecer e demonstrar da Rastreabilidade Metrológica são apresentados na Nota 2 do Anexo A;

- contratação de produtos e serviços externos, no âmbito geral da aplicação do requisito, foi retirada a referência a “subcontratação” sublinhando que *“the laboratory shall assure the suitability of externally provided products and services that affect laboratory activities”*.

Na secção 7 - Requisitos de processos, a versão DIS apresenta uma reorganização dos requisitos principais, nomeadamente Revisão de contratos de prestação de serviços, Seleção verificação e validação de métodos Amostragem, Manuseamento dos itens a ensaiar ou calibrar, Registos Técnicos, Avaliação da mediação da incerteza, Garantia da qualidade dos resultados, Apresentação dos resultados, Reclamações, Gestão de trabalho não conforme e Controlo de dados- gestão da informação. Desta secção, importa ainda realçar:

- o envolvimento do cliente, especialmente nos casos de alterações ao contrato de prestação do serviço ou de se necessário recorrer a laboratórios externos;
- a amostragem, que constituiu um ponto crítico nas discussões da revisão da norma; com efeito, foi objeto de consulta dirigida a todos os 80 membros e organizações envolvidas na revisão, do qual resultaram 48 respostas positivas e 32 negativas, sobre se a revisão da ISO/IEC 17025 deveria explicitamente ser aplicável às organizações que efetuam amostragem sem ensaio ou calibração subsequente; como reflexo desta situação, podemos considerar a definição apresentada do termo “Laboratório”, bem como o facto de as condições de realização da amostragem serem apresentadas com mais detalhes e assertividade, como pode ser lido em: *“The sampling procedure shall address the factors to be controlled to ensure the validity of subsequent testing or calibration results. The laboratory shall have a sampling plan and procedure for sampling....”*
- a avaliação da medição da incerteza, em vez de avaliação da incerteza da medição;
- a garantia da qualidade dos resultados, em que o laboratório deve ter um procedimento para monitorização das atividades de validação realizadas e a efetividade das medidas da garantia da qualidade implementadas;
- a apresentação dos resultados, em que se destaca a Regra de Decisão, base da declaração de conformidade de resultados com especificações, que deve ser suportada por resultados, se aplicável, com a análise da incerteza associada, documentada, tendo em atenção os riscos associados, e ser comunicada ao cliente, como referido em *“When a statement of conformity to*

*a specification or standard for test or calibration is provided, the laboratory shall document the decision rule employed, taking into account the level of risk.*”; também as opiniões e interpretações, que devem ser emitidas por pessoal autorizado, devem ser claramente identificadas, ter como base os resultados e ser documentadas;

- o controlo de dados e gestão da informação: compete ao laboratório determinar o sistema de gestão da informação a implementar, baseado ou não em sistemas computadorizados, como vem anunciado em *“The laboratory shall have access to the data and information needed to provide laboratory activities”*.

Na secção 8 - Requisitos do sistema de gestão, trata-se de requisitos obrigatórios, em conformidade com os documentos da ISO/CASCO [6] e harmonizado com as normas da avaliação da conformidade da série ISO/IEC 17000 [4], [5] no que se refere á apresentação do sistema de gestão da qualidade.

O Anexo B é informativo sobre a implementação das Opções A e B, sublinhando a orientação à norma ISO 9001 [3]. Refere-se assim que a *“Clause 7 of ISO/IEC 17025 is following the logic of a process, consistent with the process approach and requirements of ISO 9001”*

O impacto da ISO 9001 na ISO/IEC17025 reflete-se também na abordagem às ações baseadas no pensamento do risco, por exemplo no planeamento, considerando risco e oportunidades, em detrimento de ações preventivas.

Por último, mas não menos importante, no que se refere à documentação, é dada uma maior flexibilidade ao sistema de gestão documental a utilizar, com o manual da qualidade a perder o respetivo carácter obrigatório.

#### **4. Conclusão**

Nas várias fases do processo de revisão ISO/IEC 17025 [1], muitas reestruturações e clarificações foram introduzidas até á atingir a versão ISO/IEC DIS 17025 [2].

Aguarda-se os resultados da solicitação de apreciações e comentários à versão ISO/IEC DIS 17025 [2], que serão objeto de análise na próxima reunião do ISO/CASCO WG44 a realizar em Genebra (Suíça), em (10-12) julho de 2017. Está previsto que, dessa reunião, resulte a emissão do projeto final da norma, o qual conduzirá à publicação, até ao final do ano de 2017, da nova versão da norma.

## REFERÊNCIAS

- [1] ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories;
- [2] ISO/IEC DIS 17025:2016 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories;
- [3] ISO/ 9001:2015 Quality management systems – Requirements;
- [4] ISO/IEC 17020: 2013 Conformity assessment -- Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection;
- [5] ISO/IEC 17065: 2012 Conformity assessment -- Requirements for bodies certifying products, processes and services;
- [6] QS CAS-PROC/33-Common elements in ISO/CASCO standards;
- [7] JCGM 200:2008 International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM 3rd edition) (Sèvres, France: BIPM).

### Nota:

Neste artigo, utilizou-se citações inteiras em inglês do projeto *Draft International Standard ISO/IEC DIS 17025*, dado que ao serem traduzidos para português os mesmos poderão não corresponder com a futura versão portuguesa da norma a ser publicada.

# Metrologia e Ciência

## Os LED azuis

A procura de díodos emissores de luz (LED - *light-emitting diode*) azul foi uma verdadeira epopeia. Foram necessários cerca de trinta anos para que aos LED vermelhos (R) e verdes (V) se juntassem os azuis (B), possibilitando a implementação de fontes de luz branca - vermelho, verde e azul – de elevada eficiência energética.

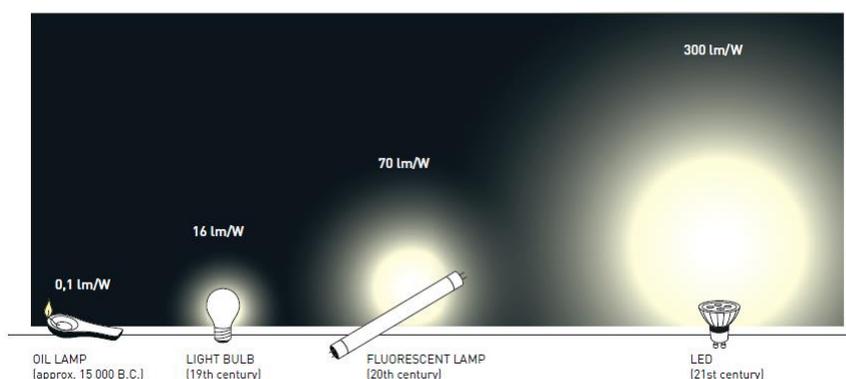
Esta descoberta permitiu que os japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura fossem agraciados em 2014 com o prémio Nobel de Física.

Quando Isamu, Hiroshi e Shuji produziram feixes de luz azul brilhante a partir de semicondutores, no início dos anos 90, possibilitaram a inovação fundamental para o desenvolvimento da tecnologia da iluminação.



### **O século 21 será iluminado por lâmpadas LED brancas.**

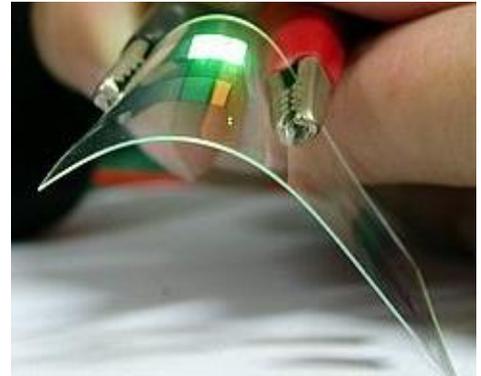
Estas emitem uma luz branca brilhante e são extremamente eficientes em termos energéticos, tendo-se atualmente valores típicos de eficácia luminosa da ordem de 300 lm/W (as lâmpadas tradicionais emitem luz com uma eficácia luminosa de 16 lm/W e as lâmpadas fluorescentes têm valores de eficácia luminosa de 70 lm/W).



Outro aspeto essencial prende-se com a sua durabilidade, até 100 000 horas no caso dos LED, em comparação com 1 000 horas no caso das lâmpadas incandescentes e 10 000 horas para as lâmpadas fluorescentes.

Além desta realização, o LED azul foi também o ponto de partida de uma revolução na iluminação e nas lâmpadas LED, que substituem de forma progressiva as convencionais lâmpadas de incandescência e que contribuem de diversas formas para a melhoria de vida das sociedades:

- **Lâmpadas LED de luz branca com elevada eficácia luminosa:** os LED convertem a energia elétrica diretamente em luz emitida, não desperdiçando a maior parte da energia em calor (tal como acontece nas lâmpadas de bolbo). Considerando que cerca de um quarto do consumo mundial de eletricidade é utilizado para fins de iluminação, as lâmpadas LED, altamente eficientes em termos energéticos, contribuem para a preservação dos recursos do planeta.
- **Novos ecrãs** (televisores, computadores, *smartphones*): o desenvolvimento de novas tecnologias associadas aos LED azuis e, em particular, aos díodos emissores de luz orgânicos (OLED - *organic light-emitting diode*), está na origem de ecrãs digitais cada vez mais finos e flexíveis e em que a camada de emissão eletroluminescente é um filme orgânico que emite luz em resposta a um estímulo elétrico.
- **Aumento da capacidade de disponibilização de eletricidade:** tendo os LED maior eficácia luminosa do que as tradicionais fontes de energia (necessitando de menos energia para fornecer luz) e considerando que vivem atualmente mais de mil milhões de pessoas sem acesso a redes elétricas, a eficácia do LED significa o alargamento destas redes de distribuição, nas quais poderá ser utilizada energia solar - o LED alimentado por energia solar poderá substituir a luz alimentada por outras fontes de energia.
- **Esterilização de águas poluídas:** os LED ultravioleta, possibilitados pelos LED azuis, tem um contributo importante para a esterilização de águas poluídas, considerando que *a luz ultravioleta destrói o ADN de bactérias, vírus e microrganismos.*
- **Cultivo em estufa:** considerando que a utilização da luz de diferentes partes do espectro influencia o crescimento das plantas e sendo a cor dos LED automaticamente controlada, significa que podem não só fornecer iluminação mais eficaz em estufas, mas também otimizar e controlar o crescimento das plantas.



**Isabel Godinho**



## Metrologia no Quotidiano

---

**N**esta edição gostaria de abordar o tema da metrologia quântica e o seu impacto no quotidiano.

É usual associar a metrologia quântica às aplicações no domínio dos padrões elétricos. Todavia a física quântica e o seu enquadramento no mundo das suas medições está presente em outros domínios de importância significativa no nosso dia-a-dia.

Começamos portanto pelo domínio elétrico: hoje, a rastreabilidade nas medições de tensão e resistência elétrica recorrem quotidianamente, nos laboratórios de referência nacionais, de efeitos quânticos cuja realização experimental está associada à propriedade/capacidade de controlar níveis energéticos dos eletrões. Calibradores ou multímetros de elevado desempenho são hoje calibrados, muitas vezes de forma direta, com aquelas realizações intrínsecas.

Outro domínio de aplicação é o caso dos indispensáveis localizadores GPS, cujo funcionamento se deve à sincronização do conjunto de satélites associados ao sistema só possível através de relógios atómicos e cujo funcionamento está baseado em processos quânticos. A comparação mundial em permanência, realizada pelos laboratórios de referência, recorrendo ao período de radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental de um átomo de césio 133, é o garante da correta medição quotidiana das nossas localizações.

Outra aplicação pode ser encontrada no domínio da medição de comprimentos que recorre a dispositivos da radiação laser. Conhecida como uma radiação espacial e temporal coerente e que é produzida pela emissão estimulada de fótons de átomos excitados em cavidades de amplificação, está hoje aplicada em instrumentos que são utilizados quotidianamente.

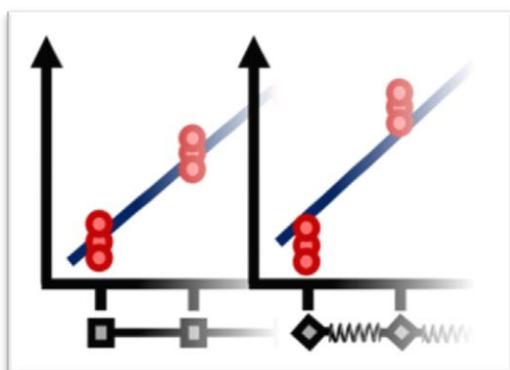
Boas medições.

*Luís Ribeiro*



## Calibrações em Química: Problemas e dicas

Os instrumentos de medição em química têm de ser calibrados imediatamente antes da medição dos itens em estudo (e.g. amostras) ou podem ser calibrados com uma regularidade mais alargada, em função da estabilidade da calibração. A título de exemplo, habitualmente, os espectrómetros atómicos e cromatógrafos são calibrados temporalmente próximo da leitura dos itens em estudo, enquanto os espectrómetros de absorção molecular podem ser sujeitos a calibrações semestrais.



A calibração dos instrumentos envolve a preparação de padrões de calibração e a leitura dos respetivos sinais (indicações de acordo com o Vocabulário Internacional de Metrologia) para a construção da curva de calibração.

Apesar de uma relação linear entre o sinal e o valor de grandeza que se pretende medir (e.g. a concentração do analito) poder ser descrita por dois pontos, recomenda-se que a calibração seja realizada com pelo menos quatro pontos equidistantes para um maior controlo da curva de calibração,

em particular para a detecção de pontos de calibração não concordantes com os restantes.

Muitas vezes, os laboratórios optam pela calibração dos instrumentos com mais pontos para terem a oportunidade de rejeição de pontos de calibração de forma a assegurar uma elevada correlação entre, pelo menos, quatro pontos. Esta prática não será inadequada se a ocorrência de pontos aberrantes for pouco frequente. A avaliação estatística de resultados com níveis de confiança de 95 % sugere que será aceitável a observação de um desvio relevante em cada 20 ensaios.

A ocorrência de falhas na calibração dos instrumentos pode ser observada através do coeficiente de correlação entre os pontos de calibração ou através da análise de soluções de referência independentes dos padrões de calibração vulgarmente designados padrões de controlo.

Nos casos em que as falhas na calibração do instrumento analítico são frequentes, estas devem-se habitualmente a uma ou várias das seguintes razões:

- 1) Expectativa irrealista sobre o desempenho das medições (e.g. aceitação de valores absolutos do erro relativo de medição não superiores a 10 % junto ao Limite de Quantificação quando a este nível estes valores serão, pelo menos, até 20 % para um nível de confiança de 95 %;
- 2) Inadequação do modelo linear de regressão, ou outro modelo considerado, para descrever a variação do sinal com o valor de grandeza medido;
- 3) Incerteza elevada associada ao valor dos padrões de calibração considerando a precisão da resposta instrumental devido à preparação dos padrões através da manipulação de pequenos volumes para a pipeta ou micropipeta usada.

O segundo tipo de falhas ultrapassa-se através duma avaliação cuidada do modelo de regressão por representação dos residuais de regressão em função dos valores dos padrões de calibração ou através da avaliação estatística do ajuste do modelo de regressão.

O terceiro tipo de falhas evita-se através da manipulação de maiores volumes da solução mãe para preparação dos padrões de calibração ou através de diluições por pesagem, em particular quando se usam métodos instrumentais muito precisos.

Se os padrões de calibração tiverem qualidade adequada, não ocorrerão desvios frequentes na calibração dos instrumentos que podem resultar na rejeição de calibrações ou na observação de maus desempenhos em testes de aptidão.

Um tutorial recentemente publicado [Bettencourt da Silva R 2016 Spreadsheet for designing valid least-squares calibrations: A tutorial *Talanta* 148 177-190] para o *design*, validação e avaliação da incerteza de medições baseadas em calibrações pelo método dos mínimos quadrados propõe um controlo mais fino e fiável da resposta dos instrumentos analíticos.

*Ricardo Bettencourt da Silva*



## Temas da Metrologia Legal

**A** harmonização da terminologia é essencial para o bom entendimento e comunicação entre pessoas e organizações, particularmente em domínios de aplicação mais restrita, como é o caso da metrologia legal.

Nesta perspetiva e ambicionando uma harmonização da terminologia aplicada ao domínio da metrologia legal ao nível internacional, a Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML), desde os anos 60, tem publicado o Vocabulário Internacional de Metrologia Legal, cuja mais recente edição encontra-se já disponível na página internet do IPQ, traduzido em português

(<http://www1.ipq.pt/pt/ipq/publicacoes/publicacoesdownload/Pages/PublicacoesDownload.aspx>).

No entanto, a experiência tem demonstrado que existe uma grande dificuldade em alterar o uso de termos e as correspondentes definições, em particular quando estes possuem um peso histórico significativo.

À escala nacional, o Decreto-lei 202/83, de 19 de maio, operou uma revolução no âmbito do Controlo Metrológico, revogando toda a legislação anterior e estabelecendo as bases para a renovação e atualização de toda a legislação relativa ao Controlo Metrológico. Uma das alterações de terminologia introduzida por esta nova legislação foi a substituição do termo “aferição” pelo termo “verificação”, em coerência com a então recém primeira edição em português pela Direção Geral da Qualidade da 2.ª edição do Vocabulário da Metrologia Legal. Apesar de esta alteração terminológica ter ocorrido há mais de 30 anos, em muitas situações, quer no “grande público”, quer mesmo entre interlocutores com alguma ligação ao domínio da metrologia, constata-se que o termo aferição é, muitas vezes, mais facilmente interpretado do que verificação, designação atualizada para a operação que visa avaliar a conformidade de um instrumento de medição com os requisitos regulamentares.

Claro que o termo “aferição” tem um peso histórico muito importante, dada a ligação centenária aos aferidores de pesos e medidas, tradicionalmente existentes nas autarquias de todo o país, e ao trabalho por estes desenvolvido ao longo de muitas dezenas de anos.

Este será certamente um dos termos com maior dificuldade de atualização de todo o vocabulário metrológico, no país. No entanto, cabe-nos a nós, metrologistas, a tarefa de utilizar corretamente os termos em vigor e de dar a conhecer os vocabulários onde estes se encontram definidos, nomeadamente o referido VIML e, naturalmente também, o VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia, cuja 3.ª edição internacional,

publicada em 2012 com a participação da OIML, assim como nas anteriores edições do VIM, tem uma tradução luso-brasileira gratuitamente disponível no portal do IPQ

(<http://ipq1sapp02:8088/pt/ipq/publicacoes/publicacoesdownload/Pages/PublicacoesDownload.aspx>).

Deste modo, contribuimos para divulgar a cultura metrológica e para facilitar a correta comunicação e troca de ideias no domínio da metrologia.

Jorge Fradique



Esta rúbrica, que se pretende permanente, tem por objetivo propor um endereço que mereça um *click* dos nossos leitores.

Desta vez venho propor uma página que, apesar de não se relacionar diretamente com assuntos relativos à metrologia, pode tornar-se um local de visita assídua, para quem necessitar de conhecer os eventos previstos com eles relacionados e, portanto, digno de ser colocado nos favoritos.

Trata-se de um diretório de consulta pública que reproduz o output associado a uma ferramenta web, com o sugestivo nome de *Conference Management System* (COMS), que mais não é do que uma aplicação *online* para gestão de conferências, permitindo agregar num único local, a sua divulgação. Tem a faculdade de permitir o registo simples e livre de encargos de próximas conferências, tornando-se assim também um veículo de divulgação para os organizadores.

A sua dimensão pode ser avaliada pelo número de registos que anuncia, nomeadamente, e à data, os cerca de 3400 eventos previstos. A classificação mais interessante relativamente aos “assuntos metrológicos”, *Conferences and Meetings on Metrology and Instrumentation*, contempla já o registo de cerca de 30 eventos que se irão realizar este ano em 18 países.

Aqui fica o *link* para o *click*: <http://www.conference-service.com/conferences/metrology-and-instrumentation.html>

Luís Ribeiro

## NOTÍCIAS

Realizou-se, nos dias 17 e 18 de novembro de 2016, em Évora, no auditório do Parque de Ciência e Tecnologia do Alentejo (PCTA), a Conferência Nacional da SPMet (CONFMET2016), com o tema “As Medições num Mundo Dinâmico” organizada pela SPMet e pela Associação Nacional de Laboratórios Acreditados (RELACRE).

A CONFMET2016 contou com 150 participantes de Laboratórios Nacionais de Metrologia, de Laboratórios Acreditados, de docentes das Universidades de Lisboa e do Porto e de formandos e docentes do Centro de Emprego e Formação Profissional de Évora do IEFP (CEFPE).



A Sessão de Abertura teve a presença do Dr. José Domingos Carvalho Ramalho, Diretor do CEFPE, do Dr. Rui Pingo, Presidente do PCTA e do Dr. Carlos Manuel Rodrigues Pinto de Sá, Presidente da Câmara Municipal de Évora além dos membros da Comissão Organizadora do evento a Eng.ª Eduarda Filipe, Presidente do Conselho Diretivo da SPMet e o Dr. José Roseiro, Vogal do Conselho de Administração da RELACRE. De realçar a entrega do

Prémio SPMet “Inovação em Metrologia 2016” ao jovem doutorado Luís Lages Martins com o trabalho científico “Metrologia Óptica Aplicada à Observação Dimensional Terrestre de Infraestruturas em Regime Dinâmico”.

Foram apresentadas 22 comunicações orais, 3 comunicações por painel e exposições técnicas. De destacar as duas comunicações convidadas “*Mesures dans un monde dynamique*”, apresentada pela Dr.ª Maguelonne Chambon, Diretora da Investigação Científica e Tecnológica do *Laboratoire National de Métrologie et d'Essais* (LNE), França e “A atividade internacional da EUROLAB”, apresentada pelo Dr. Álvaro Ribeiro, Presidente da *European Federation of National Associations of Measurement, Testing and Analytical Laboratories* (EUROLAB) e da RELACRE.



No segundo dia da conferência, foi realizada uma visita técnica aos Laboratórios do CEFPE onde pude ser apreciado o elevado nível de formação praticado por esta Instituição muito focada no apoio à indústria local, nomeadamente a indústria aeronáutica onde estabeleceu parcerias para a formação de técnicos dessas empresas. O CEFPE tem atualmente 400 formandos e, nos últimos quatro anos, certificou 1200 técnicos que conseguiram uma elevada taxa de empregabilidade.

A Comissão Organizadora pretendeu, com a CONFMET2016, dinamizar a discussão, pela comunidade científica nacional de temas relevantes para os organismos, instituições e pessoas individuais com

atividade nestes domínios e também dar a conhecer a esta comunidade as novas apostas de desenvolvimento de Évora e da região do Alentejo. De destacar uma reunião dos representantes nacionais dos Comitês Técnicos da *International Measurement Confederation* (IMEKO), que permitiu efetuar um balanço das atividades passadas e futuras de Portugal nessa organização.

A CONFMET 2016 teve o apoio das seguintes entidades: o *Institut Français du Portugal*; o CEFPE; o PCTA; a Câmara Municipal de Évora; a Ordem dos Engenheiros; a Eurachem, Portugal; a Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT); o Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ); a Espectral – Telecomunicações; a ADMedida e a MRA Instrumentação.

---

## EVENTOS

---

### 25.º Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Química



De 16 a 19 de julho; Instituto Superior Técnico- Universidade de Lisboa, Lisboa

<http://xxvenspq.eventos.chemistry.pt/>

### Escola de Verão internacional 2017 sobre *Analytical Sciences, Metrology and Accreditation*



De 9 a 22 de julho; Druskininkai, Lituânia

<http://www.eurolab.org/newsarticle.aspx?NewsId=243>

**Simpósio em conjunto IMEKO TC1-TC7-TC13 2017 *Measurement Science Challenges in Natural and Social Sciences***



31 de julho a 3 de agosto; Rio de Janeiro, Brasil

<http://www.imeko-tc7-rio.org.br/>

***Advanced Mathematical and Computational Tools in Metrology and Testing XI***



De 29 a 31 de agosto; Glasgow, Escócia

<http://www.npl.co.uk/events/29-31-aug-2017-amctm-xi>

**22.º Simpósio internacional IMEKO TC 4 &  
20.º workshop internacional sobre *ADC Modelling and Testing***



Supporting world development through  
electrical & electronic measurements

14 e 15 de setembro; Iasi, Roménia

<http://www.imeko2017.tuiasi.ro/>

## 18.º Congresso Internacional de Metrologia CIM 2017



De 19 a 21 de setembro; Paris, França

<http://www.cim2017.com/>

## BIPM Workshop: The Quantum Revolution in Metrology



28 e 29 de setembro de 2017; Sèvres, França

<http://www.bipm.org/en/conference-centre/bipm-workshops/quantum-metrology/>

## 1.º workshop internacional IMEKO TC 19 sobre *Metrology for the sea*



Learning to measure  
sea health parameters

11 a 13 de outubro de 2017; Nápoles, Itália

<http://www.metrosea.org/>

## XXIII Congresso da Sociedade Portuguesa de Estatística



De 18 a 21 de outubro de 2017; no Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL)

<http://spe2017.iscte-iul.pt/>

## XXI Congresso da Ordem dos Engenheiros intitulado "Engenharia e Transformação Digital"



23 e 24 de novembro

<http://xxicongresso.ordemengenheiros.pt/pt/>

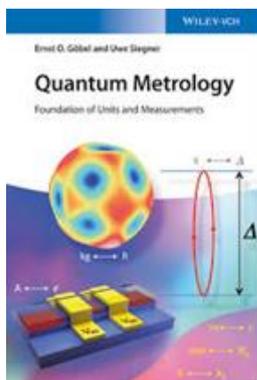
## Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) workshop: Accurate results for patient care



4 e 5 de dezembro de 2017; Sèvres, França

<http://www.bipm.org/en/committees/jc/jctlm/workshop-2017.html>

## PUBLICAÇÕES



### Quantum Metrology: Foundation of Units and Measurements

Ernst O. Goebel, Uwe Siegner

Agosto de 2015

232 pages

Wiley - VCH

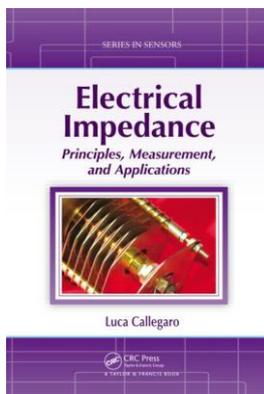
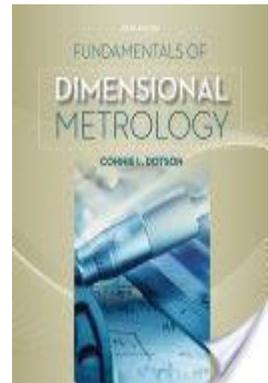
ISBN: 978-3-527-41265-5

Este livro introduz e explica as aplicações dos conceitos da física moderna à ciência e à metrologia, tornando-se um componente fundamental para o enriquecimento de qualquer biblioteca. Os fenómenos físicos básicos são introduzidos de forma ligeira disponibilizando informação quer a leitores com experiência no domínio quer a estudantes destes fenómenos. Tem como autores duas individualidades de reconhecido mérito no domínio da metrologia: Ernst O. Goebel, presidente do PTB entre 1995 e 2011, Uwe Siegner responsável pelo departamento de Física dos Semicondutores e Magnetismo do PTB.

**Fundamentals of Dimensional Metrology**

Connie L. Dotson  
 Janeiro de 2015  
 656 páginas  
 Cengage Learning  
 ISBN: 978-1-133-60089-3

Refletindo as últimas alterações na tecnologia e nos padrões utilizados, a 6ª edição desta publicação, revista e atualizada a partir de reações dos revisores, combina aplicações práticas com uma descrição abrangente dos princípios no domínio da metrologia dimensional dos dias de hoje. Esta nova edição apresenta-se de leitura mais fácil, tornando-se um novo manual de laboratório com fotos e ilustrações atualizadas e referências a novos padrões de medição.



**Electrical Impedance: Principles, Measurement, and Applications**

Luca Callegaro  
 Novembro de 2012  
 308 páginas  
 CRC Press  
 ISBN 978-1-439-84910-1

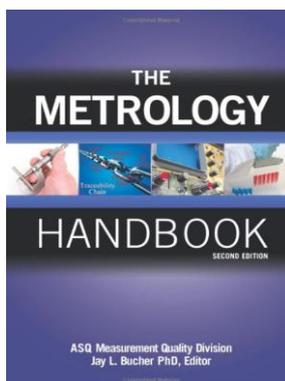
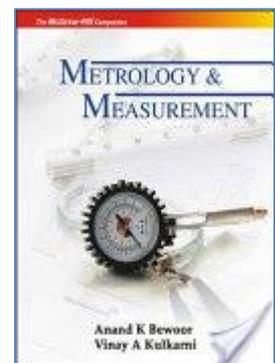
Este livro proporciona uma visão moderna no domínio da ciência da medição de impedâncias e as suas aplicações na metrologia, na tecnologia de sensores e na caracterização de materiais. O autor, personalidade de reconhecido mérito internacional no domínio elétrico e que tem desenvolvido trabalho experimental naquelas áreas no INRIM, pretende apresentar aqueles fundamentos, à luz das teorias modernas, e as técnicas de medição de impedâncias, salientando diversas aplicações práticas. Oferece ainda uma extensa lista de referências bibliográficas, de métodos, de equipamentos e esclarece dúvidas relativas a questões de rastreabilidade.

**Metrology & Measurement**

Anand K. Bewoor, Vinay A. Kulkarni  
 Maio de 2009

McGraw-Hill Education  
 ISBN: 978-0-070-14000-4

Pensado para estudantes de engenharia, este livro proporciona uma exposição integrada para as medições nos domínios da metrologia dimensional e mecânica, fornecendo ao leitor uma apresentação metódica e bem estruturada através de explicações concisas, abordagens flexíveis e estudos de casos reais da indústria.



**The Metrology Handbook**

Jay L. Bucher  
 Maio de 2012  
 530 páginas  
 ASQ Quality Press  
 ISBN: 978-0-87389-838-6

Desenvolvido como uma referência prática para profissionais de metrologia e calibração, este livro fornece os fundamentos para a compreensão dos princípios e das técnicas básicas hoje aplicadas naqueles domínios. É uma compilação realizada por especialistas e o CD-ROM que o acompanha serve como recurso único para quem necessita de consultar acrónimos, abreviaturas, glossários, termos, tabelas, fórmulas e conversões.

---

## GUIAS TÉCNICOS

---



No portal do BIPM em: <http://www.bipm.org/en/publications/>



Novos folhetos em língua portuguesa e novos Guias disponíveis em:  
<https://www.eurachem.org/>



A EURAMET – Associação europeia de Laboratórios Nacionais de Metrologia publica no seu site uma série de Guias de Calibração e Guias Técnicos com o objetivo de harmonizar os procedimentos de calibração de diversos instrumentos de medição.



### Guias de Calibração

<http://www.euramet.org/index.php?id=calibration-guides>

### Guias Técnicos

[http://www.euramet.org/index.php?id=technical\\_guides](http://www.euramet.org/index.php?id=technical_guides)

## Instituto Português da ualidade

Documentos, guias e traduções de documentos internacionais, nomeadamente, as recentes edições do Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM 2012) e do Vocabulário Internacional de Metrologia Legal (VIM 2017):

<http://www1.ipq.pt/pt/ipq/publicacoes/publicacoesdownload/Pages/PublicacoesDownload.aspx>



Organisation Internationale de Métrologie Légale

---

International Organization of Legal Metrology

No portal da OIML em: <https://www.oiml.org/en/publications/introduction>



## Guias RELACRE

Os Guias RELACRE são elaborados no âmbito das suas Comissões Técnicas e têm como objetivo estabelecer orientações e apresentar casos práticos, visando a melhoria dos resultados dos laboratórios de ensaio e/ou calibração.

<http://www.relacre.pt/pt/commissionsandpublications/publications/5>

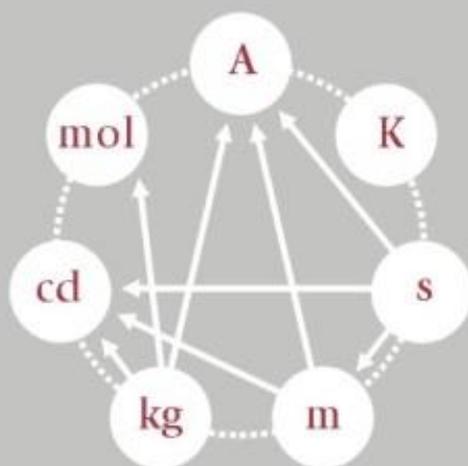
---

## FACEBOOK

---



<https://www.facebook.com/spmetrologia/>



# SPMet

Sociedade Portuguesa  
de Metrologia

ISSN 2182-5424

| n.º 14 | Junho de 2017

[www.spmet.pt](http://www.spmet.pt)