CONFMET 2025

Conferência Nacional de Metrologia

"Medições para todos os tempos, para todos os povos"

29 e 30 de outubro de 2025
IPQ, Caparica

Organização

SPMet – Sociedade Portuguesa de Metrologia

RELACRE – Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal

Instituto Português da Qualidade

Apoio institucional

Ordem dos Engenheiros

SPM – Sociedade Portuguesa de Materiais

iep – instituto electrotécnico português

SPE – Sociedade Portuguesa de Estatística

sp física – Sociedade Portuguesa de Física

APQ

A SPMet - Sociedade Portuguesa de Metrologia tem por objetivo promover o estudo, o **desenvolvimento** e a divulgação da Metrologia, contribuindo para a expansão do ensino neste domínio, estimular a investigação científica e a difusão de conhecimentos, promover a edição de publicações, estabelecer relações com sociedades científicas nacionais e internacionais, incentivar a participação nacional em congressos internacionais e promover a realização de reuniões científicas em Portugal.

A RELACRE - Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal tem como missão apoiar e promover a comunidade portuguesa de entidades de avaliação da conformidade acreditadas, contribuindo para o seu reconhecimento na sociedade e para o desenvolvimento e credibilização da sua atividade.

O IPQ - O Instituto Português da Qualidade é o Organismo Nacional de Normalização e a Instituição Nacional de Metrologia. Coordena o Sistema Português da Qualidade (SPQ) e outros sistemas de qualificação regulamentar que lhe forem conferidos por lei.

A Comissão Organizadora pretende, com esta Conferência Nacional, dinamizar a discussão, pela comunidade científica nacional, de todos os temas relevantes para os organismos, instituições e pessoas individuais com atividade nestes domínios.

Pretende-se obter contribuições originais nos temas selecionados, que abrangem as atividades desenvolvidas pelos laboratórios, o tratamento de assuntos teóricos de interesse geral e o desenvolvimento de nova instrumentação e de novos métodos e procedimentos de ensaio.

"Medições para todos os tempos, para todos os povos" foi o tema escolhido para o Dia Mundial da Metrologia em 2025, assinalando os 150 anos da assinatura da Convenção do Metro e da criação do Bureau Internacional dos Pesos e Medidas - BIPM.

COMISSÃO ORGANIZADORA

SPMet – Paulo Cabral, Elsa Batista, Olivier Pellegrino, Fátima Cachada, Carlos Pedro Ferreira
RELACRE – Jorge Fernandes Serra, Ana Duarte, Cláudia Silva
IPQ – Maria João Graça, Isabel Godinho

COMISSÃO CIENTÍFICA

Dinis dos Santos (Presidente), António Vallera, Dinis Pestana, Filomena Camões, Helena Navas, Ivette Gomes, João Sousa Lopes, José Manuel Rebordão, Luís Pleno de Gouveia, Mário Costanzo Nunes

LOCAL

IPQ – Instituto Português da Qualidade

Rua Antonio Gião, 2
2029-513 Caparica
GPS:
38°40'09,088"N
9°11'10,355"W

PROGRAMAÇÃO

29 de outubro

08:30 *Inscrição e receção dos participantes*

09:30 Sessão de Abertura

Paulo Cabral, Presidente do Conselho Diretivo da SPMet

Jorge Fernandes Serra, Presidente do Conselho de Administração da RELACRE

Maria João Graça, Vogal do Conselho Diretivo do IPQ

Apresentações convidadas 1

Moderador: Carlos Pedro Ferreira

10:00 **A vida monitorizada dos astronautas**
Rui Moura – FCUP

10:30 **Normalização de Medições em Microfluídica e Órgãos em Chip: Caminhos para Ciência e Tecnologia Universalmente Acessíveis**
Vânia Silvério - INESC MN

11:00 **Visita á exposição**

Sessão 1 – Metrologia Aplicada à Qualidade, Saúde e Sustentabilidade

Moderadora: Elsa Batista

11:30 **Gestão de Equipamentos de Medição para Garantia da Qualidade e Fiabilidade dos Processos**
Isabel Lopes; João Pedro Mendonça; Armindo Oliveira; Filipe Domingues; Cláudia Pires – *Universidade do Minho; EGITRON; IdealProject*

11:45 **Ensaio de Aptidão no âmbito das Emissões gasosas de CO e O_2 em N_2**
Florbela Dias; Cristina Palma; Carlos Costa – *IPQ*

12:00 **Papel da Metrologia Legal na Metrologia na Saúde**
Pedro Rompante – *Maintenance Support Group*

12:15 **Metrologia e Higiene Ocupacional no Quadro Legal Português – Lacunas e Oportunidades**
Francisco Silva; Inês Rainho – *CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro*

12:30 **Avaliação de Risco e Exposição Alimentar a Nitrato de Utentes de Cantina Escolar**
Rafaela Fernandes; Cristina Oliveira; Ricardo Bettencourt da Silva – *Universidade de Lisboa*

12:45 **CO_2 como Proxy Metrológico para Ocupação e Ventilação em Edifícios Inteligentes**
Afonso Magalhães Mota; António Valente – *UTAD; INESC-TEC*

13:00

Apresentações convidadas 2

Moderador: Paulo Cabral

14:00 **Locking the Clock: Precision Synchronization to Maximize Quantum Key Rates**
Rui Semide - N10GLED

14:30 **Metrologia para a Transição Energética nas Redes Elétricas**
Raquel Silva - R&D Nester

Sessão 2 – Inovação e desafios em Metrologia

Moderador: João Alves e Sousa

15:00 **Dados Digitais de Referência para a Medição da Textura Superficial de Materiais Rochosos**
Luís Lages Martins; Alexandre Vieira Pinheiro; Álvaro Silva Ribeiro – *LNEC*

15:15 **Metrologia e Engenharia: Que Desafios?**
Maria do Céu L. S. Ferreira – *IPQ*

15:30 **A Importância da Metrologia e Normalização no Desenvolvimento de Órgãos em Chip – Projeto MFMET II**
Elsa Batista; Isabel Godinho; Sara Moura; Fernanda Saraiva; Maria do Céu Ferreira; Marta Serra; António Capela; Vânia Silvério; Álvaro Ribeiro – *IPQ; INESC MN; IST; LNEC*

15:45 **Eliminação de Erros Aleatórios na Inspeção de Chips Semicondutores através de Classificação Automática com Deep Learning**
Luis Custodio – *ATEP - Amkor Technology Portugal*

16:00 **Qual Redefinição da Incerteza de Medição?**
Olivier Pellegrino; Luca Mari – *IPQ; Università Cattaneo*

16:15 Visita à exposição

18:00 Encerramento 1.º dia

30 de outubro

09:00 Sessão 3 – Apresentação de posters

AN APPROACH TO THE DIGITALIZATION OF SAMPLE RECORDS, TESTS AND TEST REPORTS - THE EXPERIENCE OF CTCV'S ACCREDITED LABORATORIES
Marta Ferreira; Joaquim Valente de Almeida; Diogo Rodrigues – CTCV

DO YOU MEAN IT?
Fernando Sequeira; Neto Pascoal – U. Lisboa; U. Zambeze

DESEMPENHO METROLÓGICO DE UM BANHO TERMORREGULADO: ESTABILIDADE, HOMOGENEIDADE E CAPACIDADE DO PROCESSO
Dora Carinhas; José Rocha; Luís Alves; Paulo Infante - Instituto Hidrográfico; Universidade de Évora

UM PASSO RUMO À METROLOGIA INTELIGENTE: ROBÓTICA PARA OPERAÇÕES AUTOMATIZADAS DE CALIBRAÇÃO DE MASSAS
Amauri B. Camargo Jr.; Isabel A. Lopes; Tiago A. Santos; Mónica S. Antunes; Sílvia F. Domingues – ISQ

CONTRIBUIÇÃO DA METROLOGIA PARA UMA LISBOA SUSTENTÁVEL
Pedro Oliveira; Rosemina Juma – C M Lisboa

DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS VÁLIDOS PARA A IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA INTER-INSTRUMENTAL DE MICROPLÁSTICOS POR ESPECTROSCOPIA M-RAMAN
Rafaela Fernandes; Paul-Tiberiu Miclea; Marta Fadda; Mara Putzu; A. Sacco; Andrea M. Rossi; Andrea M. Giovannozzi; Marta Barbaresi; Matteo Masino; Monica Mattarozzi; Maria Careri; Carla Palma; José Almeida; Claudia Drago; Olivier Pellegrino; Raquel Quendera; Ulrike Braun; Ricardo Bettencourt da Silva – U. Lisboa; Fraunhofer Center for Silicon Photovoltaics; Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica; University of Parma; Instituto Hidrográfico; German Environment Agency; IPQ

REDUÇÃO DE FALSA DETECÇÃO NA INSPEÇÃO AUTOMÁTICA DE PILARES UBM NOS CHIPS SEMICONDUTORES
Paulo Coutinho; Catarina Pereira - ATEP - Amkor Technology Portugal

11:00 Visita à exposição

11:30 Visita aos laboratórios do IPQ

13:00

14:00 ## Apresentações convidadas 3

Moderador: Olivier Pellegrino

14:00 **Metrovac: Da Metrologia de Vácuo à Contribuição para a Transição Energética**
Ana Pires da Fonseca - FCT NOVA

14:30 **Incertezas escondidas em análises químicas automatizadas**
Manuel Matos – ISEL

Sessão tutorial

15:00 **ACREDITAÇÃO DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DO MOVIMENTO HUMANO**
- Calibração de plataformas de força;
- Calibração de sistemas de imagem;
- Utilização de electromiografia de superfície.

Carlos Rodrigues - INESC TEC

16:00 ## Visita à exposição

17:00 ## Sessão de Encerramento

RESUMO DAS COMUNICAÇÕES

APRESENTAÇÕES CONVIDADAS 1

A vida monitorizada dos astronautas
Rui Moura – FCUP

Normalização de Medições em Microfluídica e Órgãos em Chip: Caminhos para Ciência e Tecnologia Universalmente Acessíveis
Vânia Silvério - INESC MN

RESUMO DAS COMUNICAÇÕES

SESSÃO 1 – METROLOGIA APLICADA À QUALIDADE, SAÚDE E SUSTENTABILIDADE

Gestão de Equipamentos de Medição para Garantia da Qualidade e Fiabilidade dos Processos
Isabel Lopes; João Pedro Mendonça; Armindo Oliveira; Filipe Domingues; Cláudia Pires – *Universidade do Minho; EGITRON; IdealProject*

Ensaio de Aptidão no âmbito das Emissões gasosas de CO e O_2 em N_2
Florbela Dias; Cristina Palma; Carlos Costa – *IPQ*

Papel da Metrologia Legal na Metrologia na Saúde
Pedro Rompante – *Maintenance Support Group*

Metrologia e Higiene Ocupacional no Quadro Legal Português – Lacunas e Oportunidades
Francisco Silva; Inês Rainho – *CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro*

Avaliação de Risco e Exposição Alimentar a Nitrato de Utentes de Cantina Escolar
Rafaela Fernandes; Cristina Oliveira; Ricardo Bettencourt da Silva – *Universidade de Lisboa*

CO_2 como Proxy Metrológico para Ocupação e Ventilação em Edifícios Inteligentes
Afonso Magalhães Mota; António Valente – *UTAD; INESC-TEC*

GESTÃO DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO PARA GARANTIA DA QUALIDADE E FIABILIDADE DOS PROCESSOS

Isabel Lopes[1], João Pedro Mendonça[2], Armindo Oliveira[3], Filipe Domingues[4], Claudia Pires[5]

[1]: Centro Algoritmi, Universidade do Minho, Guimarães [2]: Universidade do Minho, Guimarães
[3,4]: EGITRON, Mozelos [5]: IdealProject, Braga

ilopes@dps.uminho.pt

RESUMO

A garantia da qualidade e a fiabilidade dos processos estão intrinsecamente ligados à fiabilidade dos sistemas de medição, o que torna a gestão desses equipamentos um fator crítico para o desempenho organizacional. A norma internacional de gestão da qualidade ISO 9001:2015 estabelece que as organizações devem determinar e disponibilizar os recursos necessários para assegurar resultados válidos e fiáveis. Como todo equipamento de medição possui erros, a calibração é um requisito fundamental para determinar a magnitude desses erros, possibilitando a sua aprovação e aplicação no controlo da produção e em outros processos críticos, incluindo os da área da saúde [1]. Para a gestão eficiente do processo de calibração dos equipamentos de medição e monitorização, propõe-se uma abordagem metodológica que apoia a seleção do método mais adequado para definição dos intervalos de calibração em cada caso, bem como um procedimento de verificação periódica do estado do equipamento [2]. O sistema SIMME (Sistema para Gestão Inteligente de Equipamentos de Medição) foi desenvolvido para integrar as abordagens propostas e apoiar de forma eficiente a gestão dos equipamentos de medição, facilitando a sua implementação e aplicação prática.

PALAVRAS-CHAVE: Calibração e verificação, garantia da qualidade, gráficos I-MR, gráfico EWMA, sistema de apoio à decisão.

REFERÊNCIAS

[1] I. Lopes, C. Pires, T. Alão "Management of Measuring Equipment for Quality Assurance in Manufacturing Processes: A Decision-Making Support System", Advances in Production Management Systems, Volume 733, pág.:3-18 (2024).

[2] M. Sousa, I. Lopes, C. Pires, J.P. Mendonça "Selecting the Method for Setting the Calibration Intervals of Metrological Devices", Flexible Automation and Intelligent Manufacturing: Establishing Bridges for More Sustainable Manufacturing Systems, pág.:77-83 (2024).

This work has been supported by FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia within the R&D Unit Project Scope UID/00319/Centro ALGORITMI (ALGORITMI/UM).

ENSAIO DE APTIDÃO NO ÂMBITO DAS EMISSÕES GASOSAS DE CO E O_2 EM N_2

Florbela A. Dias[1], Cristina Palma[1] e Carlos Costa[1]

[1]: Instituto Português da Qualidade, Rua António Gião, 2, Caparica

florbelad@ipq.pt

RESUMO

O Laboratório de Gases de Referência (LGR) do Instituto Português da Qualidade (IPQ), em parceria com a Relacre, organizou o Ensaio de Aptidão (EAp) REL/EAp/EG/1-25 – Determinação da fração molar de misturas gasosas de monóxido de carbono e oxigénio em nitrogénio [1]. A comparação nacional iniciou-se em junho de 2025 e deverá concluir-se em setembro. O LGR atuou como laboratório de referência, e participaram onze laboratórios acreditados na área das emissões gasosas.

A realização de EAp nacionais é essencial, pois permite identificar falhas, implementar ações corretivas, avaliar técnicas analíticas e harmonizar procedimentos. Este processo possibilita aferir a competência e desempenho dos laboratórios, reforçando a confiança dos clientes e garantindo rastreabilidade a padrões reconhecidos.

O estudo foi desenhado para testar a aptidão dos participantes na análise de uma mistura gasosa bicomponente de monóxido de carbono e oxigénio em nitrogénio, com frações molares de 100 µmol/mol a 700 µmol/mol e 2 cmol/mol a 15 cmol/mol, respetivamente. O monóxido de carbono é um poluente atmosférico proveniente da queima de combustíveis fósseis, enquanto o oxigénio fornece informação sobre a eficiência da combustão, prevenindo riscos de explosão. As gamas selecionadas alinham-se com a legislação nacional: Decreto-Lei n.º 39/2018 e Portarias n.º 676/2006, 675/2009 e 677/2009.

O IPQ preparou misturas primárias por método gravimétrico (ISO 6142-1:2015) e determinou a composição por análise individual (ISO 6143:2001). Utilizaram-se Espectroscopia de Infravermelho Não Dispersivo (NDIR) e sensor Paramagnético. O desempenho foi avaliado no IPQ com base nos relatórios submetidos, aplicando a função "Z'-score" e o Erro Normalizado "En", segundo a ISO 13528:2022 [2].

PALAVRAS-CHAVE: MÉTODO GRAVIMÉTRICO; MULTICOMPONENTE.

REFERÊNCIAS

[1] Relatório final do Ensaio de Aptidão (ECI) REL/EAp/EG/1-25 – Determinação da fração molar de misturas gasosas de monóxido de carbono e oxigénio em nitrogénio.

[2] ISO 13528:2022 – "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons".

PAPEL DA METROLOGIA LEGAL NA METROLOGIA NA SAÚDE

Pedro Rompante[1]

[1]: Maintenance Support Group, Maia

prompante@maintsgroup.pt

RESUMO

A Metrologia na Saúde é um tema atual e cada vez mais importante. Uma unidade hospitalar moderna utiliza muitas centenas de equipamentos de medição, destinados a avaliar a condição dos pacientes e a apoiar o tratamento e diagnóstico. A garantia do rigor das medições é crucial para um ato médico correto, baseado em valores que estão dentro dos erros máximos dos equipamentos.

Em 2023, o Estado Português inclui na Metrologia Legal vários equipamentos médicos de medição que antes estavam na alçada da Metrologia Aplicada. O legislador procurou garantir a fiabilidade das medições de todos os equipamentos, uma vez que a Metrologia Aplicada é de aplicação voluntária.

Do ponto de vista operacional e de compliance, esta alteração levanta questões organizacionais para as quais os hospitais devem estar despertos.

PALAVRAS-CHAVE: METROLOGIA LEGAL; HOSPITAIS; EQUIPAMENTOS MÉDICOS DE MEDIÇÃO;

METROLOGIA E HIGIENE OCUPACIONAL NO QUADRO LEGAL PORTUGUÊS – LACUNAS E OPORTUNIDADES

Francisco Silva[1], Inês Rainho[2]

[1]: Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, iParque 3040-540 ANTANHOL

fsilva@ctcv.pt

RESUMO

A Higiene Ocupacional (HO) pode ser definida como a disciplina de antecipar, reconhecer, avaliar e controlar os perigos e riscos para a saúde no ambiente de trabalho com o objetivo de proteger a saúde e bem-estar dos trabalhadores e salvaguardar a comunidade em geral [1]. Na fase de avaliação é fundamental a medição para se avaliar a exposição dos trabalhadores aos agentes que possam estar presentes no ambiente de trabalho [2]. Sendo a proteção da saúde um objetivo da HO, é fundamental o rigor na avaliação da exposição.

A legislação nacional de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) decorre da transposição de diretivas europeias que regulam a proteção dos trabalhadores contra os riscos decorrentes da exposição a agentes químicos, físicos e biológicos. Encontram-se as seguintes referências relevantes no âmbito da metrologia: **Procedimentos no âmbito da metrologia**: equipamentos das entidades autorizadas na prestação de serviços externos de SST; **Entidades acreditadas**: ensaios de ruído, vibrações mecânicas (VM), radiações óticas artificiais, radiações ionizantes, amianto (análise de materiais), legionella (LG); **Incerteza de medição**: ensaios de ruído, de campos eletromagnéticos (CEM), chumbo; **Calibração de equipamentos**: ruído, VM, LG; **Referências genéricas**: ensaios de ruído, CEM, agentes cancerígenos, mutagénicos e tóxicos para a reprodução, amianto (medição no ar); **Sem referência**: agentes químicos, agentes biológicos, ambiente térmico e iluminação.

O regime de controlo metrológico legal dos métodos e instrumentos de medição é aplicável a instrumentos de medição nas áreas da segurança e saúde. Encontram-se referências apenas a alcoolímetros, sonómetros e dosímetros de radiação ionizante.

É necessário que a legislação de SST considere a metrologia e a acreditação de ensaios como essenciais para a proteção da saúde dos trabalhadores, alargando-se a sua inclusão nos diplomas legais e linhas de orientação para a sua aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: acreditação; calibração; medição; saúde ocupacional; incerteza

REFERÊNCIAS

[1] International Occupational Hygiene Association, https://ioha.net/about/, consultado em 28/08/2025.

[2] Fundacíon Mapfre, "*Manual de higiene industrial*" Fundacíon Mapfre, 2ª edição, (2015), pág.: 15.

AVALIAÇÃO DO RISCO DE INGESTÃO DE NITRATO POR UTENTES DE UMA CANTINA ESCOLAR

Rafaela Fernandes*[1], Cristina Oliveira[1], Ricardo Bettencourt da Silva[1]

[1]: Centro de Química Estrutural - Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa

* *fc51178@alunos.fc.ul.pt*

RESUMO

O nitrato desempenha uma infinidade de papéis na alimentação e na segurança alimentar. Para além de ser um constituinte natural de uma variedade de alimentos, os seus sais atuam frequentemente como conservantes (E251 e E252), inibindo o crescimento de bactérias. Isto aplica-se à conservação de alimentos processados e às práticas tradicionais de conservação nas diferentes culturas europeias, particularmente nos produtos cárneos. Outra razão para a utilização destes sais é o melhoramento das propriedades organoléticas. O excesso de nitrato nos alimentos, particularmente nos vegetais, pode também ser explicada pelas práticas agrícolas intensivas com uso excessivo de fertilizantes. O nitrato participa em múltiplos e complexos processos metabólicos dentro do organismo humano que originam compostos potencialmente cancerígenos, como as *N*-nitrosaminas e as *N*-nitrosamidas. Estas moléculas apresentam estruturas variadas, tornando-se muito difícil identificar, monitorizar e determinar o risco para a saúde humana de cada uma, originando-se um foco legal nos seus precursores, nitrato e nitrito. Embora muitos estudos se concentrem na análise de um único elemento alimentar, por exemplo, um vegetal específico como a alface, o objetivo deste estudo é considerar as múltiplas variáveis que podem afetar a quantidade de nitrato ingerida. Tais variáveis incluem as interações entre os vários componentes do alimento, o método de preparação, o tipo de dieta, entre outros. Para investigar estas questões, analisámos refeições de uma cantina social. O método de extração envolveu a adição de água quente (50-60 °C) a uma porção da refeição triturada e a agitação com uma barra magnética durante 10 minutos. O extrato foi filtrado e centrifugado antes de ser analisado por cromatografia iónica utilizando um detetor UV-vis. Para avaliar o risco da ingestão de nitrato, foi utilizado o método de Monte Carlo para simular parâmetros como o peso da refeição, a concentração de nitrato e o peso do consumidor. Concluiu-se que o risco de ingerir uma quantidade de nitrato acima da dose diária admissível, consumindo exclusivamente duas refeições da cantina por dia, é de 0,16 %.

PALAVRAS-CHAVE: Nitrato; Avaliação de risco; método de Monte Carlo.

CO_2 COMO PROXY METROLÓGICO PARA OCUPAÇÃO E VENTILAÇÃO EM EDIFÍCIOS INTELIGENTES

Afonso Mota[1], António Valente[1,2]

[1]: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Escola de Ciências e Tecnologia, 5000-801 Vila Real, Portugal

[2]: INESC-TEC, CRIIS – Centre for Robotics in Industry and Intelligent Systems, Campus da FEUP, 4200-465 Porto, Portugal

ammota@utad.pt

RESUMO

A ventilação insuficiente em espaços interiores compromete o conforto, a saúde e a produtividade. A determinação do número de ocupantes e da taxa de renovação de ar é fundamental para verificar a conformidade com normas como a ASHRAE 62.1 [1], a EN 16798-1 [2] e o regulamento SCE em Portugal [4], mas continua a ser difícil devido ao custo e à complexidade de medições diretas. Este trabalho apresenta uma abordagem metrológica baseada na concentração de dióxido de carbono (CO_2), que permite estimar em simultâneo a taxa de renovação de ar (ACH) e o número de ocupantes, recorrendo a sensores IoT de baixo custo. A metodologia combina algoritmos de regressão com modelos de balanço de massa, incorporando métricas de confiança (R^2) para avaliar a qualidade das estimativas. Foram desenvolvidos scripts em Python integrados com uma base de dados InfluxDB e um broker MQTT, permitindo calcular a ocupação em janelas móveis, determinar o ACH a partir da regressão de $\log(C–C_e)$ em função do tempo e detetar quedas de CO_2 associadas a episódios de ventilação natural. Ensaios em salas laboratoriais com volumes de 220–240 m^3 evidenciaram ACH médios entre 0,2 h^{-1} e 0,4 h^{-1}, com R^2 superiores a 0,8, e o algoritmo de ocupação reproduziu corretamente a presença de 3 a 10 pessoas, validado por observação direta. Estes resultados demonstram a viabilidade do uso do CO_2 como proxy metrológico para caracterizar ventilação e ocupação, apoiando estratégias de ventilação inteligente. A abordagem proposta fornece uma solução rastreável, acessível e de baixo custo para monitorizar a qualidade do ar interior, com aplicabilidade em edifícios inteligentes e em sistemas dinâmicos de gestão energética.

PALAVRAS-CHAVE: CO_2; Qualidade do Ar Interior; Ventilação; Ocupação; IoT

REFERÊNCIAS

[1] ASHRAE Standard 62.1 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

[2] EN 16798-1:2019 – Energy performance of buildings – Ventilation for buildings.

[3] WHO (2010). Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants.

[4] ADENE (2021). Manual SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.

RESUMO DAS COMUNICAÇÕES

APRESENTAÇÕES CONVIDADAS 2

Locking the Clock: Precision Synchronization to Maximize Quantum Key Rates
Rui Semide - N10GLED

Metrologia para a Transição Energética nas Redes Elétricas
Raquel Silva - R&D Nester

RESUMO DAS COMUNICAÇÕES

SESSÃO 2 – INOVAÇÃO E DESAFIOS EM METROLOGIA

Dados Digitais de Referência para a Medição da Textura Superficial de Materiais Rochosos
Luís Lages Martins; Alexandre Vieira Pinheiro; Álvaro Silva Ribeiro – *LNEC*

Metrologia e Engenharia: Que Desafios?
Maria do Céu L. S. Ferreira – *IPQ*

A Importância da Metrologia e Normalização no Desenvolvimento de Órgãos em Chip – Projeto MFMET II
Elsa Batista; Isabel Godinho; Sara Moura; Fernanda Saraiva; Maria do Céu Ferreira; Marta Serra; António Capela; Vânia Silvério; Álvaro Ribeiro – *IPQ; INESC MN; IST; LNEC*

Eliminação de Erros Aleatórios na Inspeção de Chips Semicondutores através de Classificação Automática com Deep Learning
Luis Custodio – *ATEP - Amkor Technology Portugal*

Qual Redefinição da Incerteza de Medição?
Olivier Pellegrino; Luca Mari – *IPQ; Università Cattaneo*

DADOS DIGITAIS DE REFERÊNCIA PARA A MEDIÇÃO DA TEXTURA SUPERFICIAL DE MATERIAIS ROCHOSOS

Luís Lages Martins[1], Alexandre Vieira Pinheiro[1], Álvaro Silva Ribeiro[1]

[1]: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P., Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa

lfmartins@lnec.pt

RESUMO

Esta comunicação descreve a atividade metrológica desenvolvida no âmbito da produção de dados digitais de referência associados à medição da textura superficial de materiais rochosos. Estes dados visam a validação laboratorial de método de medição fotogramétrica aplicado na observação *in situ* de maciços rochosos, no contexto do estudo do comportamento de barragens de betão e de alvenaria e das obras subterrâneas associadas. Na garantia da segurança deste tipo de obras tem particular interesse o conhecimento rigoroso e fundamentado da resistência ao corte em descontinuidades rochosas com orientação desfavorável. A textura superficial constitui uma grandeza de influência da resistência ao corte dessas mesmas descontinuidades.

Neste âmbito é promovida uma descrição do método e do procedimento de referência adotado na medição da textura superficial de um provete rochoso (superfície de granito com dimensão de 165 mm × 165 mm), suportado no recurso a máquina de medição óptica tridimensional. A elevada dimensão da amostra experimental dos dados obtidos (coordenadas tridimensionais de 68 121 pontos medidos) implicou o desenvolvimento de rotinas computacionais dedicadas, tendo por objetivo a identificação, localização espacial e remoção de erros computacionais e *outliers*. A avaliação da incerteza de medição dos dados de referência foi centrada no estudo experimental das componentes da repetibilidade e reprodutibilidade das medições efetuadas, sendo discutida em detalhe nesta comunicação.

PALAVRAS-CHAVE: TEXTURA SUPERFICIAL; ROCHA; DADOS DE REFERÊNCIA;

METROLOGIA E ENGENHARIA: QUE DESAFIOS?

Maria do Céu L. S. Ferreira
Instituto Português da Qualidade
Rua António Gião, 2
2829-513 Caparica
mcferreira@ipq.pt

RESUMO: Impulsionado pelo desenvolvimento das sociedades e crescimento populacional, o domínio das ciências da engenharia tem, notavelmente contribuído para o avanço da humanidade, ao longo dos séculos. Os registos desta contínua evolução estão presentes na história da civilização onde, na antiguidade, as respetivas origens já evidenciavam a construção de importantes *engenhos*, fundamentais para a espécie humana. O cronograma temporal que nos remete para a atualidade espelha, com os devidos factos, a importância da engenharia em todos os setores da sociedade. A par desta evolução, também a origem da ciência da medição, ou, simplesmente metrologia, aponta para o mesmo período da história, com marcantes etapas cronológicas de evolução ao longo dos séculos. Um simples exercício de retrocesso no tempo permite afirmar que a metrologia e a engenharia estão fortemente interrelacionadas bem como os seus avanços e desenvolvimentos**.** Ambas as ciências, a da medição e a da engenharia, apresentam-se com uma natureza transversal e convergente, ao serviço das mais diversas atividades científicas, técnicas, económicas e legais. Apesar da aplicação da metrologia ser transversal em todas as áreas das especialidades da engenharia, reunindo assim profissionais com conhecimentos científicos e técnicos multidisciplinares, e não obstante os progressos alcançados nos últimos anos, a consciencialização acerca da importância da metrologia no contexto da engenharia ainda se apresenta como um desafio, designadamente em alguns domínios. Neste contexto, pretende-se com este trabalho apresentar o atual "estado da arte" da metrologia no âmbito da engenharia, sensibilizar para o valor estratégico desta disciplina numa vertente transversal e multidisciplinar, indiscutivelmente aplicável em todos os domínios do exercício da profissão.

PALAVRAS-CHAVE: Ciência, Engenharia, Metrologia.

REFERÊNCIAS

- V. Witkovský and I. Frollo, *Measurement Science is the Science of Sciences - There is no Science without Measurement*, Measurement science review, vol. 20, no. 1, pp. 1-5, Feb. 2020, doi: https://doi.org/10.2478/msr-2020-0001.
- A. Robinson, *The Story of Measurement*. Thames & Hudson; Illustrated edition. 2007. ISBN: 978-0-500-51367-5.
- K. Hume, *A History of Engineering Metrology: Part 2-Engineering Measurement,* Measurement and Control, vol. 13, no. 7, pp. 236–241, July 1980, https://doi.org/10.1177/002029408001300701.

A IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE ÓRGÃOS EM CHIP – PROJETO MFMET II

Elsa Batista[1], Isabel Godinho[1], Sara Moura[1], Fernanda Saraiva[1], Maria do Céu Ferreira[1], Marta Serra[1], António Capela[1], Vania Silverio[2,3], Álvaro Ribeiro[4]

[1]IPQ – Instituto Português da Qualidade, I. P.
[2]INESC MN Microsistemas e Nanotecnologias
[3] IST - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
[4]LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
ebatista@ipq.pt

RESUMO

A crescente utilização de órgãos-em-chip em áreas como a biomedicina, indústria farmacêutica e química exige padrões de medição rigorosos e de qualidade. Estes dispositivos simulam funções de órgãos humanos em ambientes controlados, sendo cruciais para testes de medicamentos, estudos toxicológicos e investigação biomédica. No entanto, a ausência de normas específicas limita a sua fiabilidade e rastreabilidade.

O projeto MFMET II – *Establishing Metrology Standards in Microfluidic Devices,* financiado pela Comissão Europeia através do programa *European Partnership on Metrology* (EPM) do Horizonte Europa, tem como objetivo principal o desenvolvimento de normas e metodologias metrológicas aplicadas a dispositivos microfluídicos, com especial foco na tecnologia de órgãos-em-chip [1]. Coordenado pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), o projeto reúne 19 parceiros, incluindo Institutos Nacionais de Metrologia, Universidades, Centros de Investigação e indústria

Este novo projeto de investigação e desenvolvimento (I&D) propõe-se ao desenvolvimento de protocolos para medir grandezas como caudal [2], pressão [3], volume, compatibilidade de materiais, controlo da qualidade bem como contribuir para a avaliação da conformidade de dispositivos médicos. Também visa a criação de padrões de transferência microfluídicos integrados, que servirão como referência para a calibração e validação de sistemas. Os resultados do projeto MFMET II contribuirão diretamente para a elaboração e revisão de normas internacionais, nomeadamente as do comité ISO/TC 48/WG 3, e serão fundamentais para garantir a precisão, reprodutibilidade e segurança dos dispositivos microfluídicos. Ao promover a Normalização e a Metrologia neste campo emergente, o MFMET II fortalece a confiança na utilização de órgãos-em-chip e acelera a sua integração em aplicações clínicas e industriais.

PALAVRAS-CHAVE: Microfluídica, Metrologia, Órgão-em-Chip, Normalização

REFERÊNCIAS

[1] Informação do projeto disponível em https://mfmet.eu

[2] E. Batista, R. F. Martins, V. Silverio, I. Godinho, Advancing Calibration Techniques for Accurate Micro and Nanoflow Measurements, Front. Nanotechnol., 11 June 2025,

[3] O. Büker, K. Stolt, E. Batista, J. Sepulveda, C. Giuliano, A. Morin, D. Nobre, H. Navas, Investigations on the performance of a newly developed pressure-driven flow controller used in microfluidic applications, Measurement: Sensors, 2024,101645

ELIMINAÇÃO DE ERROS ALEATÓRIOS NA INSPEÇÃO DE CHIPS SEMICONDUTORES ATRAVÉS DE CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE DEFEITOS COM DEEP LEARNING

Luis Custodio[1],

[1] Amkor Technology Portugal (ATEP), Av. 1º de Maio, 801 4485-629 Vila do Conde, Portugal
Luis.Custodio@amkor.com

RESUMO

O embedded wafer level ball grid array (eWLB)[1], é uma das mais recentes tecnologias de sucesso na indústria de fabrico de microchips semicondutores, que tem como propósito expandir e incorporar as últimas camadas de interconexões metálicas do chip. Na sua operação realizada na ATEP com equipamentos de nanotecnologia industrial de processos químicos, físicos e litográficos, o processo é iniciado com limpeza da superfície do chip com ataque físico (*dry etch*), seguida de deposição física de um filme metálico de espessura submícron (s*puttered seedlayer*) para semente do processo seguinte de eletrodeposição. Em seguida é aplicado, exposto e revelado um filme polimérico temporário sensível à luz ultravioleta (*photoresist*), sobre o qual é então electrodepositada a camada metálica (*plating* nas regiões expostas) que formam as interconexões do chip. Em seguida é removida (s*trip*) a camada de *photoresist* e da *seedlayer (wet etch)*, e por fim é aplicado, exposto e revelado um filme polimérico definitivo sensível à luz ultravioleta (*PBO*, com aberturas para próxima camada), que serve de proteção elétrica e mecânica. Para completar a operação, os chips são inspecionados com microscopia automática para controlo das estruturas ao nível da forma, posição e dimensões corretas. A inspeção exige a aquisição de vários milhões de imagens para cobrir toda a área da wafer de 300mm que contem dezenas de milhares de chips (cada um com centenas de pilares), sendo as imagens digitalmente comparadas com uma imagem de referência do produto na sua condição ideal (*golden image*). Da inspeção resultam normalmente apenas algumas centenas de alarmes de imagens com defeitos detetados em alguns chips da wafer, e que são sujeitas a revisão humana por operadores especializados. Devido á sensibilidade da inspeção, muitos dos alarmes são imagens de falsa-deteção decorrente de ligeiras micro-variações admissíveis nas dimensões e posições das interconexões. Por vezes o nível de falsa-deteção nas wafers aumenta, sendo exigido um elevado esforço de revisão pelos operadores. Para reduzir esse tipo de impacto, a ATEP desenvolveu, sob coordenação técnica do autor em título, uma soluçao de classificação automática de defeitos (ADC) usando algoritmos de inteligência artificial com modelos de classificação em Deep Learning[2]. Comparando em MSA[3] a performance da nova solução automática com a tradicional manual humana, os resultados mais recentes demonstram tendência para uma eliminação geral dos erros de contribuição aleatória, mantendo-se ainda um nível mínimo de erros de contribuição sistemática associados á eficácia da representatividade usada na seleção de imagens do treino supervisionado com os referidos algoritmos.

PALAVRAS-CHAVE: SEMICONDUTOR, CHIP; WLP, EWLB, AOI; ADC; ATEP;

REFERÊNCIAS

[1] RDL in advanced packaging technologies | Semiconductor Digest

[2] Deep Learning Models for Classification: A Comprehensive Guide - Metana

[3] Measurement System Analysis for Attribute data - Quality Engineer Stuff

QUAL REDEFINIÇÃO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO?

Olivier Pellegrino[1], Luca Mari[2]

[1]: : Instituto Português da Qualidade, PORTUGAL
[2]: Universit`a Cattaneo-LIUC, ITALY
opellegrino@ipq.pt

RESUMO

No intuito de explicar e apresentar à comunidade internacional interessada a respetiva proposta de redefinição da incerteza de medição, o JCGM (*Joint Committee for Guides in Metrology*), o comité para os guias de metrologia do BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures*) organizou um *webinar*, no início de julho de 2025. Com efeito, considerando a evolução da prática e dos meios experimentais e cognitivas existentes, a atual definição, publicada no GUM (*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*) [1] em 1993, pelo Grupo de Trabalho 1 do JCGM (JCGM-WG1) e reforçada pelo VIM (Vocabulário Internacional de Metrologia) [2] da autoria do Grupo de Trabalho 2 do JCGM (JCGM-WG2), necessita de atualização.

Todavia a proposta de redefinição, adotada pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST), dos estados Unidos de América, "A incerteza de medição é a dúvida sobre o valor verdadeiro da mensuranda que fica após efetuada a medição. A incerteza de medição é descrita completa e quantitativamente por uma distribuição de probabilidade sobre o conjunto da mensuranda." merece ser analisada à luz das explicações fornecidas pelo autor da mesma, numa recente publicação [3].

Admitida e conceitualizada como uma entidade matemática, a incerteza de medição poderia ser substituída por uma entidade psicológica? Poderia o valor verdadeiro de uma mensuranda tomar o lugar do/s valor/es verdadeiro/s dos valores medidos? Nem a prática nem os meios existentes e potenciais justificam tais opções.

PALAVRAS-CHAVE: incerteza de medição; erro de medição; valor verdadeiro

REFERÊNCIAS

[1] JCGM 100:2008, Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) 2008 Evaluation of Measurement Data — Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), GUM 1995 with minor corrections;

[2] JCGM 200:2008, Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) 2012 International Vocabulary of Metrology — Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM) 3rd ed, 2008 version with minor corrections;

[3] A. Possolo, Measurement uncertainty redefined: Metrologia, vol. 62, 042101, 2025, https://doi.org/10.1088/1681-7575adfb80

RESUMO DAS COMUNICAÇÕES

SESSÃO 3 – APRESENTAÇÃO DE POSTERS

AN APPROACH TO THE DIGITALIZATION OF SAMPLE RECORDS, TESTS AND TEST REPORTS - THE EXPERIENCE OF CTCV'S ACCREDITED LABORATORIES
Marta Ferreira; Joaquim Valente de Almeida; Diogo Rodrigues – CTCV

DO YOU MEAN IT?
Fernando Sequeira; Neto Pascoal – U. Lisboa; U. Zambeze

DESEMPENHO METROLÓGICO DE UM BANHO TERMORREGULADO: ESTABILIDADE, HOMOGENEIDADE E CAPACIDADE DO PROCESSO
Dora Carinhas; José Rocha; Luís Alves; Paulo Infante - Instituto Hidrográfico; Universidade de Évora

UM PASSO RUMO À METROLOGIA INTELIGENTE: ROBÓTICA PARA OPERAÇÕES AUTOMATIZADAS DE CALIBRAÇÃO DE MASSAS
Amauri B. Camargo Jr.; Isabel A. Lopes; Tiago A. Santos; Mónica S. Antunes; Sílvia F. Domingues – ISQ

CONTRIBUIÇÃO DA METROLOGIA PARA UMA LISBOA SUSTENTÁVEL
Pedro Oliveira; Rosemina Juma – C M Lisboa

DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS VÁLIDOS PARA A IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA INTER-INSTRUMENTAL DE MICROPLÁSTICOS POR ESPECTROSCOPIA M-RAMAN
Rafaela Fernandes; Paul-Tiberiu Miclea; Marta Fadda; Mara Putzu; A. Sacco; Andrea M. Rossi; Andrea M. Giovannozzi; Marta Barbaresi; Matteo Masino; Monica Mattarozzi; Maria Careri; Carla Palma; José Almeida; Claudia Drago; Olivier Pellegrino; Raquel Quendera; Ulrike Braun; Ricardo Bettencourt da Silva – U. Lisboa; Fraunhofer Center for Silicon Photovoltaics; Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica; University of Parma; Instituto Hidrográfico; German Environment Agency; IPQ

REDUÇÃO DE FALSA DETECÇÃO NA INSPEÇÃO AUTOMÁTICA DE PILARES UBM NOS CHIPS SEMICONDUTORES
Paulo Coutinho; Catarina Pereira - ATEP - Amkor Technology Portugal

AN APPROACH TO THE DIGITALIZATION OF SAMPLE RECORDS, TESTS AND TEST REPORTS - THE EXPERIENCE OF CTCV'S ACCREDITED LABORATORIES

Marta Ferreira[1], Joaquim Valente de Almeida[2], Diogo Rodrigues[3]

[1,2,3]: CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, iParque - Lote 6

3040-540 ANTANHOL | Portugal Morada1

mferreira@ctcv.pt

Introduction

CTCV is implementing a strategic digitalization initiative associated with its accredited laboratories. This initiative includes the digitization of test sheets, the redefinition of the sample registration and monitoring process and the automation of the preparation of test reports. The aim of this process is to review work flowcharts, speed up the reporting and approval chain and reinforce productivity, with direct benefits for customers, namely the guarantee of an impartial, documented and agile process, with a guarantee of confidentiality and information security. In this presentation we will present part of the tools developed, the digitalization requirements and the difficulties experienced in implementation and auditing.

Framework

CTCV has three laboratories accredited by the Portuguese Institute of Accreditation (IPAC), in accordance with the normative reference NP EN ISO/IEC 17025:2017.

Within the scope of its laboratory activity, it is necessary to collect test data, record values obtained resulting from the use of equipment, process the data in order to meet not only the needs presented in customer requests as well as indicators and presentation formats. results foreseen in the test standards. Additionally, data processing must be reflected in a report which, in most tests, follows specific regulatory requirements.

The control and rationalization of laboratory processes and information is therefore important to maximize the efficiency of producing results for customers of all accredited laboratories. Additionally, digitalization allows the various procedures and tests carried out by laboratories to represent sources of information to calculate trends, sector averages or evolutions of materials subject to repeated tests throughout the useful life of the equipment. With this data, conformity and quality can be measured, evaluated and certified throughout the entire production process from which the tested products/materials arise [1].

Work developed

The work was developed by a multidisciplinary team in which those responsible for the laboratories, the laboratory technicians, the person responsible for infrastructure management and the data management technician participated. The objective was to radically change the way in which laboratory activities were managed and carried out,

namely the reception of samples, the collection of test data and the preparation of reports through the digitalization of processes that previously involved manual records with paper and pen, which generated an extensive volume of documents.

Based on these premises, the team developed the project in the steps presented below.

- Identification of digitalization priorities
- Review of sample reception and identification processes
- Digitization of test results recording sheets
  - Definition of critical variables
  - Definition of calculation formats
  - Differentiation of data entry cells and calculation cells
  - Display formatting
- Practical testing of the platform
- Collection of simulation data and carrying out calculations to validate the results
- Implementation of data protection mechanisms and unauthorized access
- Implementation of confidentiality and impartiality mechanisms
- Acquisition of mobile platforms
- Training for technicians and operators
- Implementation of methods and validation in internal and external auditing

Conclusion

The focus on digitizing sample records, tests and test reports provided an opportunity for laboratories to balance four critical variables: Productivity, Quality, Cost and Customer Response Time.

Key-words: Digitalização; Acreditação; Tratamento de Dados.

Bibliografy

[1] WEIDLICH, Robin; ALBRECHT, Tobias; DERR, Patrick; RÖGLINGER, Maximilian. Designing a Process-Oriented Digital Twin for Industrial Testing Laboratories. IEEE Transactions on Engineering Management, vol. PP, n.º 99, p. 1-15, jan. 2024. DOI:10.1109/TEM.2024.3481670

DO YOU MEAN IT?

Fernando Sequeira[1,2,3], Neto Pascoal[2,3,4]

[1]: Escola Náutica Infante D. Henrique, Av. Eng. Bonneville Franco, 2770-058 Paço de Arcos

[2]: CEAUL — Centro de Estatística e Aplicações, Campo Grande, 1749-016 Lisboa

[3]: Universidade de Liaboa, Faculdade de Ciências (DEIO), Campo Grande, 1749-016 Lisboa

[4]: Universidade Zambeze, FCT (DCN), Av. Alfredo Lawley, 670, Beira, Moçambique

fjsequeira@ciencias.ulisboa.pt, polenepascoal@gmail.com

RESUMO

O objetivo da Metrologia é medir bem, e registar o resultado da medição de forma normalizada. De medir bem depende mesmo em aplicações náuticas, desde o limite de rotura do cordame de atracação de navios à fiabilidade de qualquer instrumento de um submarino, a saúde e mesmo a vida de passageiros e tripulantes. Mas medir bem tem múltiplos sentidos. Pode ser a obtenção de um resultado tão preciso quanto possível, quando uma medição única é absurdamente cara, como na determinação do peso atómico dos transuranianos. Ou pode ser obter a média de muitas medições imperfeitas mas quase grátis, capitalizando nos resultados do teorema limite central. Neste caso, a determinação do tamanho da amostra por forma a equilibrar confiança, precisão e custo é fundamental, concomitantemente com a escolha da estratégia amostral mais adequada.

Médias de uma amostra há muitas, para Cauchy qualquer valor do mínimo ao máximo. As médias pitagóricas, harmónica, geométrica e aritmética, são as médias-p de Kolmogorov com p=-1, p=0, p=1, respetivamente, e o mínimo e o máximo são-no com p=-∞ e p=∞. O teorema limite central clássico, que resulta da entropia máxima do modelo gaussiano quando a variância truncada é finita, dá lugar às leis estáveis de Lévy noutras situações, e nessas médias-p com p≠1 podem ser mais indicadas. Também no que se refere ao teorema limite extremal, o estimador de Hill do índice extremal obtém-se como logaritmo da média geométrica das estatísticas ordinais de topo, e pode ser generalizado usando médias de ordem p. Por outro lado, por vezes é necessário sacrificar a rica estrutura da escala de medições de razão, passando a uma escala ordinal ou mesmo nominal, e recorrer a pontuações e médias móveis para obter alarmes em controle de qualidade. E a Estatística desenvolveu também metodologias de medir o que é fácil e automático para estimar medições do que é difícil, por exemplo o índice de refração da luz em tiras para avaliar a glicémia de doentes diabéticos. Médias são também uma base para a construção de modelos, como o estudo em curso da curva de crescimento de crianças moçambicanas, de C. Geraldes, E. Trigueirão e N. Pascoal, para comparação com os padrões de crescimento da World Health Organization.

PALAVRAS-CHAVE: Médias de ordem p; Amostragem; Modelos de crescimento.

REFERÊNCIAS

[1] M. F. Brilhante, M. I. Gomes, D. Pestana "A simple generalization of the Hill Estimator", Computational Statistics and Data Analysis, 57, 1: 518-535, (2013.

[2] P. Pestana, M. F. Brilhante "Digital Pheromone-Based Approach for In/Out of Control Classification", submetido.

[3] M. Garzón, A. N. Papoila, M. Alves, L. Pereira da Silva "Comparison of Growth Curve Estimates of Infants in São Tomé Island, Africa, with the WHO Growth Standards: A Birth Cohort Study". Int. J. Environmental Res. and Public Health 16, 10: 1693 (2019).

Conceitos e Ferramentas Estatísticos e Matemáticos aplicados à Metrologia
Medições para todos os tempos, para todos os povos

DESEMPENHO METROLÓGICO DE UM BANHO TERMORREGULADO: ESTABILIDADE, HOMOGENEIDADE E CAPACIDADE DO PROCESSO

Dora Carinhas[1,2], José Rocha[1], Luís Alves[1], Paulo Infante[2]

[1]: Instituto Hidrográfico; Morada1

[2]: CIMA/IIFA e DMAT/ECT, Universidade de Évora; Largo dos Colegiais 2, 7004-516 Évora

dora.carinhas@hidrografico.pt

RESUMO

Na calibração de instrumentos, é crítico demonstrar que os equipamentos de suporte cumprem requisitos da NP EN ISO/IEC 17025. Avaliou-se a homogeneidade e a estabilidade térmica de um banho termorregulado do Laboratório de Calibração do Instituto Hidrográfico, considerando set-points de 5 °C, 15 °C e 29 °C e limites de especificação ±0,001 °C.

Aplicaram-se cartas de controlo de Shewhart ($\bar{X}$–R), estudos de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R) e índices de capacidade (Cp, Cpk) [1]. Obtiveram-se desvios padrão de repetibilidade s_r < 0,0002 °C e reprodutibilidade ≈ 0,0004 °C; a capacidade do processo apresentou Cp > 2,5 e Cpk > 2,0, excedendo metas usuais (≥ 1,33). Abordagens não-paramétricas confirmaram a robustez das conclusões [2].

O banho revelou-se estável e homogéneo, contribuindo de forma reduzida para a incerteza global de medição e suportando calibrações de elevada exigência metrológica. Estes resultados demonstram conformidade com os princípios de competência metrológica da NP EN ISO/IEC 17025 e a adequação do equipamento ao uso pretendido.

PALAVRAS-CHAVE: Banho termorregulado; Capacidade do Processo; Homogeneidade e Estabilidade; Repetibilidade e Reprodutibilidade

REFERÊNCIAS

[1] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 7th ed., Wiley, New York, 2013.

[2] D. Carinhas, *Controlo estatístico de qualidade em ensaios laboratoriais: caso particular de nutrientes em águas salinas*, Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora, 2015.

UM PASSO RUMO À METROLOGIA INTELIGENTE: ROBÓTICA PARA OPERAÇÕES AUTOMATIZADAS NA CALIBRAÇÃO DE MASSAS

Amauri B. Camargo Jr.[1], Isabel A. Lopes.[1], Tiago A. Santos[1], Mónica S. Antunes[1], Sílvia F. Domingues[1].

[1]: Instituto de Soldadura e Qualidade – ISQ, Oeiras, Portugal

abjunior@isq.pt

RESUMO

A crescente procura por medições com elevada qualidade em escalas cada vez menores, nas aplicações que incluem a deteção de microplásticos, o desenvolvimento farmacêutico, a nanotecnologia e o setor aeroespacial, coloca novos desafios à metrologia de massas, em particular no domínio das micro massas. Este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema automatizado para calibração de pequenas (1 mg a 5 g) e micro massas (50 μg a 500 μg), ao integrar robótica, sensores ambientais e software de gestão. A arquitetura inclui: (i) comparador de elevada sensibilidade; (ii) robot cartesiano de três eixos; (iii) sensores climáticos para temperatura, humidade e pressão; (iv) componentes mecânicos como amostrador com seis níveis e dezasseis posições, efetuador com geometria passiva de separação e suporte fixo em liga leve sobre prato autocentrante do comparador; e (v) software gestor que coordena os elementos, executa calibrações e gera relatórios. O sistema proposto permite a calibração de massas entre 50 μg e 5 g sem necessidade de reconfiguração, suspensão ou acessórios móveis adicionais — uma capacidade não garantida pelas soluções comerciais atuais, exceto abordagens como a do sistema robótico a5, que requer suspensão por acessórios [2]. Utiliza-se um suporte fixo, previamente tarado, com geometria passiva de separação, colocado sobre prato autocentrante do comparador. Esta configuração assegura que apenas a massa é manipulada, reduzindo o contacto direto, e consequente degradação dos padrões [1]. Esta abordagem contribui para avanços neste campo ao simplificar a solução.

PALAVRAS-CHAVE: Metrologia inteligente; Automatização; Calibração de massas; Robótica; Transição digital

REFERÊNCIAS

[1] Y. Ota, M. Ueki, N. Kuramoto, "Developing an automated mass comparator for submilligram weights to achieve the weight calibration with the world's best calibration capability", Measurement, Vol. 198, Art. 111320, 2022.

[2] M. Kliebenschaedel, "Mass Calibration with Robotic Mass Comparators", IMEKO World Congress, Praga, 2015.

CONTRIBUIÇÃO DA METROLOGIA PARA UMA LISBOA SUSTENTÁVEL

Pedro Oliveira[1], Rosemina Juma[2]

[1, 2]: Câmara Municipal de Lisboa, Av.Infante D. Henrique Lote 1

pedro.oliveira@cm-lisboa.pt

RESUMO

No âmbito do Contrato Climático da Cidade de Lisboa 2030 (CCC Lisboa 2030), o setor dos transportes assume um papel central na estratégia de neutralidade climática, uma vez que representa cerca de 46% das emissões totais de gases com efeito de estufa na cidade. A descarbonização da mobilidade urbana - através da eletrificação das frotas, do reforço do transporte público sustentável, da promoção da mobilidade ativa e da redução da dependência do automóvel individual - é considerada decisiva para atingir a neutralidade climática até 2030 - redução de 80% das emissões de gases com efeito de estufa até 2030 em relação a 2002.

Cidades sustentáveis exigem sistemas de transporte seguros, eficientes, acessíveis e ambientalmente responsáveis. A sua concretização implica medições rigorosas e monitorização contínua dos impactes, priorizando o transporte público e as formas de mobilidade ativa, como caminhar e pedalar. Estas medidas contribuem para reduzir emissões, melhorar a qualidade do ar, aumentar a segurança rodoviária e garantir infraestruturas inclusivas que respondam às necessidades de toda a população, incluindo os grupos mais vulneráveis.

Com foco na transição energética e na inovação, o Serviço de Metrologia da Câmara Municipal de Lisboa (SM-CML) concretizou uma medida pioneira ao instalar o primeiro banco de ensaios de rolos 4x4 em Portugal, destinado ao controlo metrológico de taxímetros em viaturas elétricas e híbridas. Esta iniciativa, particularmente relevante face à meta de redução de emissões, reforça o compromisso da cidade com a eletrificação da mobilidade.

Inserida no CCC Lisboa 2030 e alinhada com os princípios de sustentabilidade e neutralidade climática, esta ação integra também os compromissos ESG (Environmental, Social and Governance) assumidos pela cidade. Atualmente, cerca de 20% das verificações metrológicas de taxímetros realizadas pelo SM-CML já correspondem a viaturas elétricas ou híbridas.

PALAVRAS-CHAVE: metrologia legal; taxímetros; eletrificação da mobilidade; transição energética; CCC Lisboa2030; Neutralidade Climática

REFERÊNCIAS

[1] CML et al, "Contrato Climático da Cidade de Lisboa 2030", (2023);

DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS VÁLIDOS PARA A IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA INTER-INSTRUMENTAL DE MICROPLÁSTICOS POR ESPECTROSCOPIA μ-RAMAN

Rafaela Fernandes[1], Paul-Tiberiu Miclea[2], Marta Fadda[3], Mara Putzu[3], Alessio Sacco[3], Andrea M. Rossi[3], Andrea M. Giovannozzi[3], Marta Barbaresi[4], Matteo Masino[4], Monica Mattarozzi[4], Maria Careri[4], Carla Palma[5], José Almeida[5], Claudia Drago[6], Olivier Pellegrino[7], Raquel Quendera[7], Ulrike Braun[6], Ricardo Bettencourt da Silva[1]*

[1]: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, PORTUGAL
[2]: Fraunhofer Center for Silicon Photovoltaics (CSP), GERMANY
[3]: Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM), ITALY
[4]: Department of Chemistry, Life Sciences and Envir. Sustainability, University of Parma, ITALY
[5]: Instituto Hidrográfico, PORTUGAL
[6]: Umweltbundesamt, German Environment Agency, GERMANY
[7]: Instituto Português da Qualidade, PORTUGAL
* rjsilva@ciencias.ulisboa.pt

RESUMO

A avaliação do impacto da contaminação por microplásticos na saúde humana requer a identificação fiável do tipo de polímero destas partículas. A espectroscopia μ-Raman é uma técnica popular que identifica microplásticos através da comparação de espectros de referência e das partículas. A identificação automática requer um algoritmo para quantificar a semelhança entre estes espectros e a determinação de uma correlação mínima acima da qual a identificação apresenta taxas adequadamente elevadas e baixas de resultados verdadeiros e falsos, respetivamente. Idealmente, o algoritmo e a correlação mínima devem garantir a sua aplicabilidade para diferentes espectrómetros e parâmetros de recolha de espectros. Esta investigação apresenta uma metodologia para determinar o melhor algoritmo para a identificação de polímeros, utilizando dados recolhidos em diferentes instrumentos e laboratórios, associados a uma taxa de verdadeiros positivos (*TP*) de 95 % e uma taxa de falsos positivos (*FP*) inferior a 5 %. A determinação da correlação mínima foi realizada pelo método "bootstrap". A distribuição normal da correlação entre os espectros de referência e de uma partícula de um material diferente permite a determinação da *FP*. A qualidade da identificação foi testada com base em três coeficientes de correlação não ponderados e três ponderados. A identificação das micropartículas de PET é ótima considerando o coeficiente de correlação de Pearson (*P5*»P = 0,6244, *TP* = 95 %, *FP* = $4{,}9\times10^{-7}$ %). Os espectros com razão sinal-ruído inferiores a 10 foram encaminhados para identificações manuais. A metodologia desenvolvida para o estabelecimento de critérios de identificação de microplásticos mostrou ser adequada e robusta a diferentes espectrómetros e condições de recolha de espectros.

PALAVRAS-CHAVE: Microplásticos; Identificação automática; μ-Raman

REDUÇÃO DE FALSA DETECÇÃO NA INSPEÇÃO DE PILARES UBM NOS CHIPS SEMICONDUTORES

Paulo Coutinho[1], Catarina Pereira[2]

[1,2]: Amkor Technology Portugal (ATEP), Av. 1º de Maio, 801 4485-629 Vila do Conde, Portugal
Paulo.Coutinho@amkor.com

RESUMO

Os pilares UBM (*Under-Bump-Metallization*) [1][2] são elementos essenciais dos microchips semicondutores fabricados na ATEP, possuindo alguns mícrons de espessura com diâmetro circular dezenas vezes maior, e atuam como pontes entre a camada final de interconexões metálicas do chip (*interconnects final layer*), e a última camada adicionada de contactos de solda. A produção destes micropilares é efetuada com nanotecnologia industrial usando vários processos químicos, físicos e litográficos: Primeiramente, é feita limpeza da microsuperfície do chip através de *Etch* Físico, seguido de Deposição Física de fino filme metálico de alguns nanómetros de espessura (*sputtered seedlayer*) para semente do posterior processo de eletrodeposição (*plating*). Seguidamente é aplicado, exposto e revelado um filme polimérico temporário que é sensível à luz ultravioleta (*photoresist*), e sem seguida é electrodepositada uma sequência de camadas metálicas (*plating* nas regioes expostas), que constituirão o pilar UBM, sendo por fim removido o *photoresist* e *seedlayer* através de Etch químico, revelando assim os pilares UBM. Após formados, os pilares são inspecionados em microscópios de inspeção ótica automática (AOI) para garantir o seu controlo ao nível da forma, posição e dimensões corretas. O método de deteção desvios por estes microscópios exige a aquisição de vários milhões de imagens de modo a cobrir toda a área da wafer de 300mm que contem dezenas de milhares de chips (com centenas de pilares em cada chip.). Cada uma dessas imagens são comparadas de forma automática com uma imagem de referência do chip na sua condição ideal (*golden image*). Da inspeção a cada wafer, é obtido apenas um conjunto resultante de algumas centenas de imagens com alarme onde foram detetados potenciais defeitos em alguns chips da wafer, e que são depois sujeitas a revisão humana por operadores especializados. Devido á elevada sensibilidade da inspeção, a maioria desses potenciais alarmes acabam por se confirmar como falsa-deteção devido a ligeiras micro-variações admissíveis na dimensão e posição dos pilares, sendo que, por vezes os alarmes variam em quantidade, afetando a própria capacidade de inspeção. A solução desenvolvida pelos autores para minimizar os referidos constrangimentos, consistiu na introdução de um novo modelo de zonas de inspeção com sensibilidade mais seletiva em torno do pilar, e que permite absorver mais eficazmente as referidas variações de dimensão e posição dos pilares, diminuindo desta forma os episódios de considerável incidência de elevada falsa-deteção na inspeção [3].

PALAVRAS-CHAVE: SEMICONDUTOR, WAFER; CHIP; UBM; AOI, ATEP

REFERÊNCIAS

[1] Understanding Wafer Bumping Packaging Technology - AnySilicon

[2] Scaling Bump Pitches In Advanced Packaging

[3] Measurement System Analysis for Attribute data - Quality Engineer Stuff

RESUMO DAS COMUNICAÇÕES

APRESENTAÇÕES CONVIDADAS 3

Metrovac: Da Metrologia de Vácuo à Contribuição para a Transição Energética
Ana Pires da Fonseca - FCT NOVA

Incertezas escondidas em análises químicas automatizadas
Manuel Matos – ISEL

INCERTEZAS ESCONDIDAS EM ANÁLISE QUÍMICAS AUTOMATIZADAS

Manuel Matos[1,2], Hugo Félix da Silva[1,3], Nelson Frade da Silva[1,3]

[1]: ISEL, Av. Cons. Emídio Navarro, 1, 1959-007 Lisboa

[2]: IT – Lisboa, Instituto Superior Técnico - Torre Norte - Piso 10, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

[3]: Centro de Química Estrutural, Institute of Molecular Sciences, DQB-FCUL, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

manuel.matos@isel.pt

RESUMO

Primeiro com os processos automáticos, depois com a robotização e atualmente com as medições realizadas com o auxílio de rotinas e programas suportados em IA (Inteligência Artificial ou Aprendizagem Automática) estaremos a caminhar para a redução significativa das incertezas associadas aos processos de fabrico. Também os processos químicos e físicos de análise e mesmo os processos de diagnóstico clínico são atualmente suportados em rotinas computacionais. Estas rotinas, até pela manutenção do segredo dos seus algoritmos, não revelam completamente os modelos de decisão envolvidos. Atuam como BlackBoxes pelas quais passam os dados, fornecendo-nos resultados.

Este avanço tecnológico coloca os técnicos e os auditores numa situação complexa. A automatização de processos é inevitavelmente benéfica em termos da sua precisão, embora levante questões relevantes quanto à sua exatidão. Neste contexto avaliaram-se dados obtidos em ensaios de Espetrometria de Absorção Atómica, uma técnica de análise que permite quantificar elementos (essencialmente metálicos) em diversos tipos de amostras. O programa de tratamento de dados associado ao equipamento foi analisado de forma detalhada, cuidadosa e passo-a-passo. Constatou-se que o processo mais crítico era a análise dos picos de absorvância que deveriam ter uma forma gaussiana e que por vezes não a apresentavam. A rotina considera apenas o máximo de absorção de cada pico sem atender à sua forma, que, como referido, se deve apresentar como gaussiana. Neste sentido, serão apresentados os teores de diversos metais obtidos e as respetivas incertezas calculados automaticamente e também os valores calculados com seleção manual de picos de absorção. Constata-se que os melhores resultados são obtidos através da seleção manual. Tal evidência realça a necessidade de validação de dados analíticos obtidos automaticamente bem como das respetivas incertezas.

PALAVRAS-CHAVE: Incerteza; Rotinas Automáticas; Absorção Atómica; RSD.

RESUMO DAS COMUNICAÇÕES

SESSÃO TUTORIAL

ACREDITAÇÃO DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DO MOVIMENTO HUMANO
- Calibração de plataformas de força;
- Calibração de sistemas de imagem;
- Utilização de electromiografia de superfície.

Carlos Rodrigues - INESC TEC

A ACREDITAÇÃO DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DO MOVIMENTO HUMANO

Carlos Rodrigues[1]

[1]: Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência, 4200-465 Porto

carlos.b.rodrigues@inesctec.pt

RESUMO

A análise clínica da marcha tem vindo a impor-se como um contributo determinante para a avaliação, planeamento e intervenção em diversas patologias que vão desde as contraturas adquiridas às deformidades congénitas [1]. Para isso, torna-se imperiosa a necessidade de acreditação dos laboratórios de análise do movimento humano, e em particular de análise clínica da marcha, em virtude das implicações que os resultados da análise podem determinar em termos de avaliação, planeamento e intervenção. Assim, atendendo nomeadamente às linhas de orientação definidas pela sociedade de análise clínica do movimento (CMAS), as certificações dos laboratórios de análise do movimento implicam a implementação de um conjunto de procedimentos próprios de acordo com as normas CMAS [2]. Para isso, o cumprimento dos requisitos mínimos implica a definição de uma declaração de finalidade, a criação de registos de técnicos, auditores internos, equipamentos, protocolos de recolha, processamento e relatórios de dados, formulários dos métodos utilizados, registos de repetibilidade dos técnicos, registos dos pacientes com pelo menos 6 amostras prévias à auditoria externa, registos de calibração dos equipamentos, registos das auditorias internas e externas, bem como um registo mestre de todos os protocolos e formulários. Desta forma, torna-se necessário definir antes de mais, qual o tipo de testes a realizar, sendo esta uma decisão determinante da quantidade e complexidade dos protocolos necessários, bem como da sua repetibilidade e requisitos normativos dos dados. Sendo o calendário característico de certificação correspondente a 1 ano, com um período inicial de 6 meses necessário para definir e implementar as práticas de trabalho, as tarefas mais exigentes centram-se habitualmente na definição das bases de dados e nos testes de repetibilidade dos técnicos, sendo necessário assegurar a existência de um ciclo efetivo de auditoria interna, com a cobertura da totalidade dos aspetos das normas, para agendamento da auditoria externa. A auditoria externa é realizada em geral por dois auditores com a cobertura da totalidade das normas, sendo necessário que o laboratório se encontre adequadamente preparado, e elaborado um plano para abordar desconformidades.

PALAVRAS-CHAVE: Acreditação; Laboratórios; Movimento humano;

REFERÊNCIAS

[1] J. Perry, J. M. Burnfield "*Gait Analysis: Normal and Pathological Function*" SLACK incorporated, 2ª ed., (2010), pág.: 281-340.

[2] CMAS "*Clinical Movement Analysis Society Standards*" CMAS, (2024), pág.: 1-32.

CONFMET 2025

Conferência Nacional de Metrologia

"Medições para todos os tempos, para todos os povos"

29 e 30 de outubro de 2025
IPQ, Caparica

Patrocinadores

Media Partners