



10º Congresso **ATEHP**

Gestão Sustentável de Activos
Físicos Hospitalares

Coimbra 2024



A Metrologia como suporte da Qualidade Hospitalar

Paulo Cabral

pc@iep.pt

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 26 de setembro de 2024

Plano da apresentação

Coimbra 2024

- ✓ Perspetiva histórica das medições na Saúde
- ✓ Importância da Metrologia na Engenharia Hospitalar
- ✓ Conceitos fundamentais
- ✓ Metrologia legal e Saúde
- ✓ O SI na atualidade
- ✓ Perspetivas futuras

Gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares



A maior parte das pessoas não precisa de saber nada sobre Metrologia...

... desde que tudo esteja a ser correctamente medido!

Do 'João Semana' à Medicina baseada na evidência

10º Congresso ATEHP
Coimbra 2024

O século XX revolucionou todas as áreas do conhecimento humano

eletricidade → transístor → computador → internet → AI → ...

Essa evolução desafiou os limites da Física e da Engenharia

Exige medições cada vez mais rigorosas | mais fiáveis | menores incertezas | resultados obtidos mais rapidamente



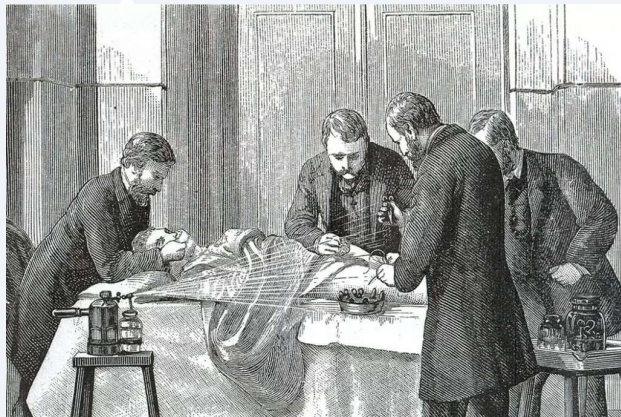
Ilustração de Roque Gameiro para o romance de Júlio Dinis "As Pupilas do Senhor Reitor" (séc. XIX)

Gestão Sustentável de Activos Físicos H

«A Medicina é e será sempre a primeira das ciências enquanto a vida for o primeiro dos bens.»

— Queiroz Velloso, Historiador, formado em Medicina (1860 - 1952)

As ciências médicas não poderiam ficar imunes à (r)evolução tecnológica do séc. XX



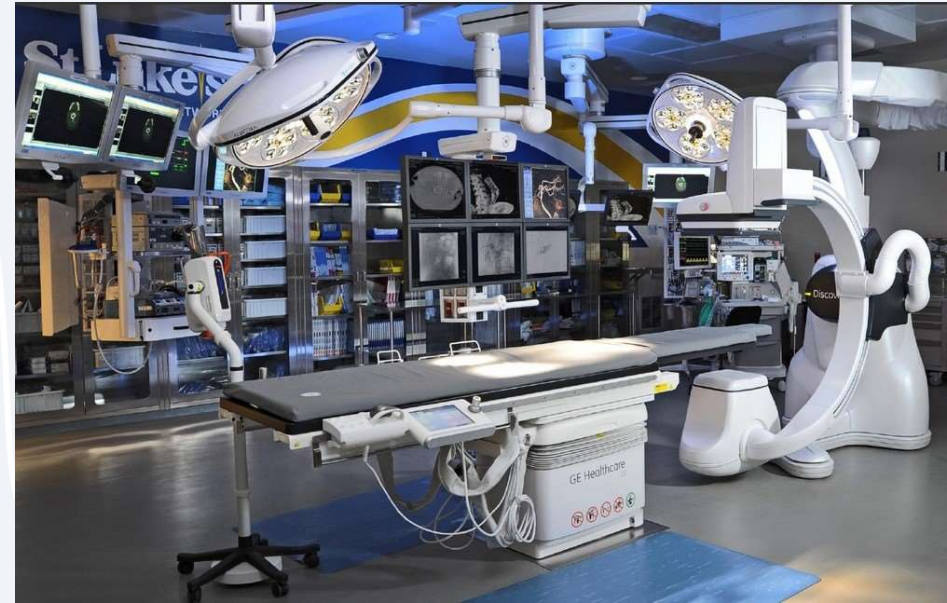
A "arte de curar" evoluiu assim de práticas que no final do século XIX eram ainda muito empíricas (por vezes sem fundamento científico) para a Medicina baseada na evidência que hoje conhecemos

Isso propiciou enormes avanços na esperança de vida e na sua qualidade, impensáveis há apenas algumas décadas

A Engenharia e a Metrologia são hoje fundamentais no setor da Saúde

Coimbra 2024

- A generalidade dos meios de diagnóstico, cirurgia e terapêutica que se encontram numa unidade hospitalar moderna utilizam as tecnologias mais avançadas que a Engenharia desenvolve
- Medem uma multiplicidade enorme de parâmetros físicos, químicos e biológicos, dos quais dependem vidas humanas
- Exigem níveis de rigor frequentemente a desafiar os limites da tecnologia



Por tudo isto, a Saúde é hoje indissociável da Medição — isto é, da Metrologia

Engenharia Hospitalar: “ponte” entre os profissionais de Saúde e a Metrologia

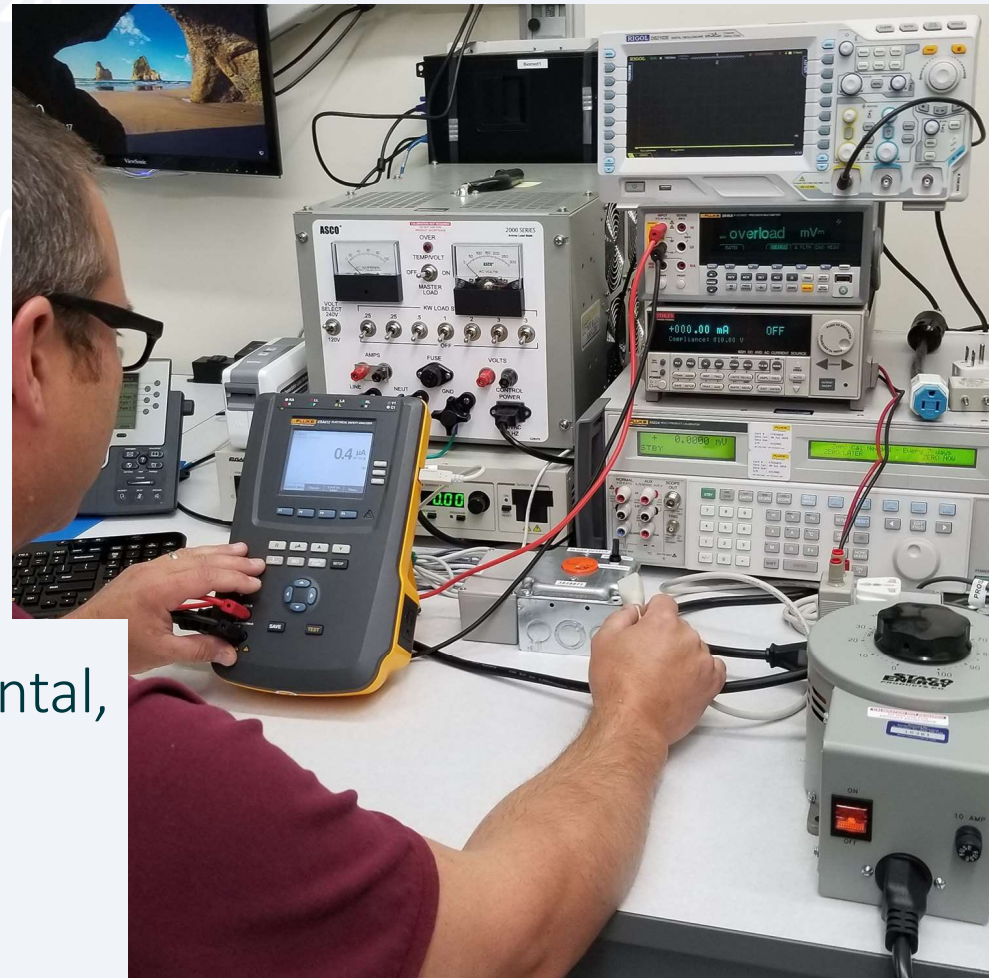
instalações | equipamentos | ‘utilities’



Para que possa existir confiança nos valores apresentados pelos equipamentos é essencial
calibrar | ensaiar | validar

A missão da Engenharia Hospitalar é fundamental, ao assegurar

- a adequada gestão dos equipamentos
- a sensibilização dos profissionais de Saúde





ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

10º Congresso ATEHP

Coimbra 2024

A Ordem dos Engenheiros reconheceu a importância que a Metrologia tem em todas as Especialidades da Engenharia

Especialização em Metrologia criada em 2014

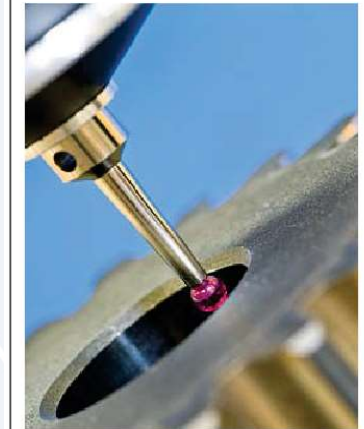
Título de **Especialista em Metrologia** outorgado aos Engenheiros que o requeiram e que reúnam as condições legalmente definidas no *Regulamento das Especializações* (Diário da República, 2.ª série, 2018-05-02 — *presentemente em revisão, na sequência da publicação da Lei 11/2024 que alterou o Estatuto da Ordem dos Engenheiros*)

Gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares



ORDEM DOS ENGENHEIROS CRIA ESPECIALIZAÇÃO EM METROLOGIA

O Conselho Diretivo Nacional da Ordem dos Engenheiros (OE) aprovou recentemente a criação da Especialização Horizontal em Metrologia, uma área do conhecimento relativo à medição, com uma natureza transversal a todas as Especialidades da Engenharia e que serve um vasto conjunto de atividades económicas, científicas e legais.



A Metrologia abrange a realização, o desenvolvimento e a manutenção dos padrões nacionais das unidades de medida; 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; a aprovação de instrumentos de medição para aplicações comerciais, industriais e fiscais e outras áreas regulamentadas; e o acompanhamento dos instrumentos durante a sua vida útil.

10^o Congresso ANEPH
Coimbra 2024

Os profissionais de Saúde também precisam de ter conhecimentos básicos de Metrologia

«A basic understanding of metrology is essential for the daily practice of medicine. In intensive care, clinical decision-making is often determined by measurements of physiological and other variables to an extent unrivalled by most other medical specialties. Therapeutic success and ultimately outcomes in the critically ill depend on the correct interpretation of such measurements. Therefore, physicians should be aware of metrological concepts and understand the limitations and constraints.

In addition, the interactions between medicine and other scientific disciplines mandate a common language. Since international consensus definitions exist, we must use them and promote them in the medical research and literature.»

Gestão Sustentável de Activos Físicos

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4272233/>

REVIEW ARTICLE

Metrology in Medicine: From Measurements to Decision, with Specific Reference to Anesthesia and Intensive Care

Pierre Squara, MD,* Michael Imhoff, MD, PhD,† and Maurizio Cecconi, MD, PhD‡

Metrology is the science of measurements. Although of critical importance in medicine and especially in critical care, frequent confusion in terms and definitions impact either interphysician communications or understanding of manufacturers' and engineers' instructions and limitations when using devices. In this review, we first list the terms defined by the International Bureau of Weights and Measures regarding quantities and units, measurements, devices for measurement, properties of measuring devices, and measurement standards. The traditional tools for assessing the most important measurement quality criteria are also reviewed with clinical examples for diagnosis, alarm, and titration purposes, as well as for assessing the uncertainty of reference methods. (Anesth Analg 2015;120:66–75)

The International Bureau of Weights and Measures defines metrology as the science of measurement, embracing both experimental and theoretical determinations at any level of uncertainty in any field of science and technology.¹

Measurements of physiological, biochemical, physical, and other patient-related variables are not only ubiquitous in intensive care medicine and beyond, but the results from such measurements also provide essential information for critical decision-making in clinical practice, as well as for research and technology development. Erroneous measurements can jeopardize patient safety and can expose the most critically ill patients to severe hazards. If physiological variables cannot be measured properly, then therapy-targeting changes in those variables cannot be adjusted properly.

Understanding metrological concepts and recognizing limitations and constraints help to interpret clinical study results and in technological assessment of new medical devices. It is crucially important that physicians share with other scientists the same understanding of objectives, terms, units, and criteria attributed to measurements. This is of particular importance in anesthesiology and intensive care medicine, owing to the large and increasing number of medical devices that are involved in clinical decision-making.

This review addresses the most frequent metrological misunderstandings encountered in critical care and their impact on daily practice. Following other authors,² it is also a plea for avoiding frequent ambiguity in the use of terms and aligning our terminology to the most recent common standards. Finally

and most importantly, we try to provide guidance for metrological concepts and their relevance for clinical decision-making.

DEFINITIONS OF IMPORTANT CONCEPTS
The complete metrological list of terms divided into 5 main headings are Quantities and Units, Measurement, Devices for Measurement, Properties of Measuring Devices, and Measurement Standards (Etalons) and can be found in the Joint Committee for Guides in Metrology.³ A summary is given in Table 1.

Quantities and Units
A quantity is a property of a phenomenon, body, or substance, to which is attributed a magnitude that can be expressed as a number and a reference. A quantity is a scalar. However, a vector or a tensor, the components of which are quantities, is also considered to be a quantity. A reference can be a measurement unit, a measurement procedure, a reference material, or a combination of such. A quantity is characterized by a dimension, a unit, and a value. There are 7 base quantities on which international quantities are based. They are listed in Table 2 with 5 other quantities often used in medicine. The complete list can be obtained from the International Bureau of Weight And Measures.³

Measurement
A measurement is a process of experimentally obtaining one or more values that can reasonably be attributed to a quantity. The true value of a quantity is unique at a specific time and always unknowable. Therefore, a measurement result is generally expressed as a single measured quantity value and a measurement uncertainty. The measurand is the quantity to be measured. A measurement method is based on a principle: a physical, chemical, or biological phenomenon serving as the basis of measurement. For example, the thermoelectric effect is a measurement method of temperature and the infrared spectroscopy of the HbO₂ concentration. A reference measurement procedure is a procedure accepted as providing measurement results that fit for their intended use. Although it has no international definition, a "gold standard" is supposed to be the best practically available reference method. The difference between a measurement and a reference value is characterized by different properties.

From the *ICU Department, Réanimation CERIC, Clinique Ambroise Paré, Neuilly, France; †Abteilung für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany; and ‡Adult Critical Care, Intensive and Anaesthesia, St. George's Hospital and St. George's University of London, London, United Kingdom.

Accepted for publication August 21, 2014.

Funding: None.

The authors declare no conflicts of interest.

Reprints will not be available from the authors.
Address correspondence to Pierre Squara, MD, ICU Department, Clinique Ambroise Paré, 27 bd Victor Hugo, 92200 Neuilly, France. Address e-mail to pierre.squara@orange.fr.

Copyright © 2014 International Anesthesia Research Society. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 3.0 License, where it is permissible to download and share the work provided it is properly cited. The work cannot be changed in any way or used commercially.
DOI: 10.1213/ANE.0000000000000477

Terminologia 10º Congresso ATEHP

VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia

Coimbra 2024

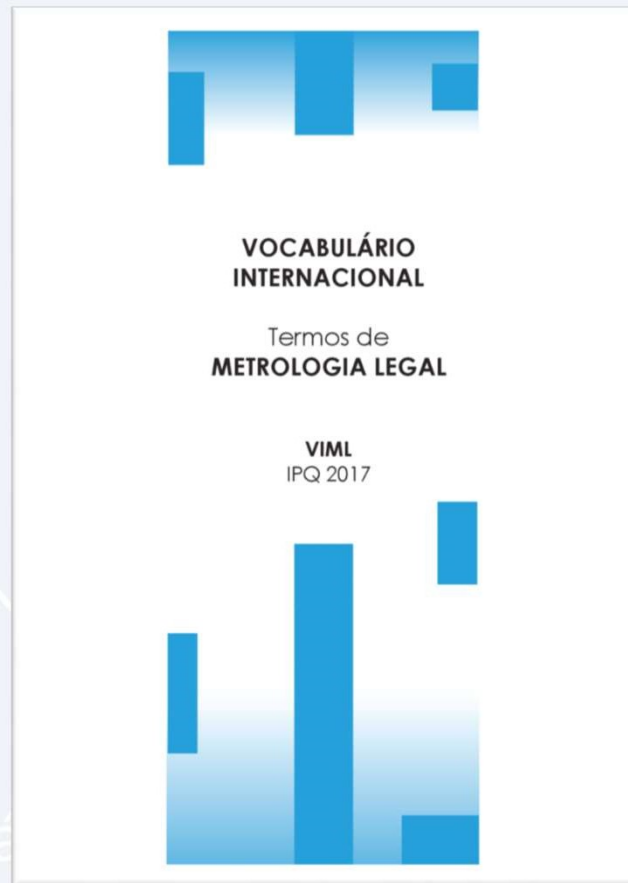
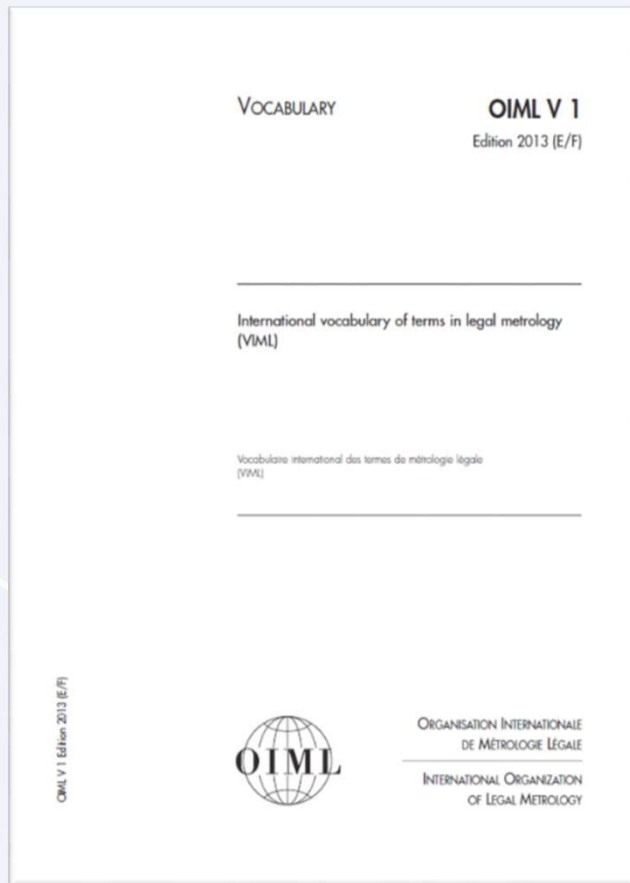


mensuranda
erro
repetibilidade
reprodutibilidade
incerteza
calibração
rastreamento
validação
grandeza de influência
correção
resolução
erro máximo admissível
padrão

Terminologia 10º Congresso ATEHP

VIML – Vocabulário Internacional de Metrologia Legal

Coimbra 2024



metrologia legal

controlo metrológico legal

aprovação de modelo

verificação de um instrumento
de medição

primeira verificação

verificação periódica

Hospitalares

Rastreabilidade metrológica ATEHP



Definições SI

Padrões internacionais

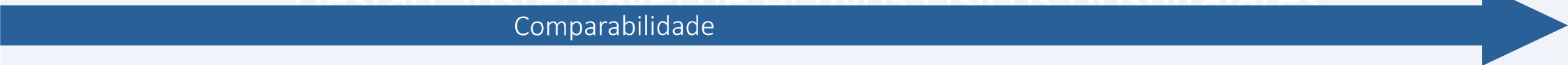
Institutos nacionais de metrologia

Laboratórios de calibração

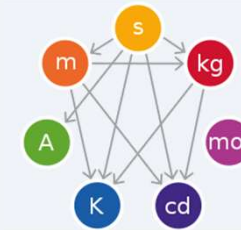
Utilizadores

Gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares

Comparabilidade



Unidades SI – até 2018



10º Congresso ATEHP

comprimento	metro	m	O metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vazio, durante um intervalo de tempo de $1 / 299\,792\,458$ s
massa	quilograma	kg	O quilograma é a unidade de massa e é igual à massa do protótipo internacional do quilograma, existente em Sèvres
tempo	segundo	s	O segundo é a duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre os 2 níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133
temperatura termodinâmica	kelvin	K	O kelvin é a fração $1 / 273,16$ da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água
corrente elétrica	ampere	A	O ampere é a intensidade de uma corrente elétrica constante que, mantida em dois condutores paralelos, retilíneos, de comprimento infinito, de secção circular desprezável e colocados à distância de um metro um do outro, no vazio, produza entre estes condutores uma força igual a 2×10^{-7} N por metro de comprimento
quantidade de matéria	mole	mol	A mole é a quantidade de matéria de um sistema contendo tantas entidades elementares quantos os átomos que existem em 0,012 kg de carbono 12. Ao utilizar a mole as entidades elementares devem ser especificadas e podem ser átomos, moléculas, íões, eletrões, outras partículas ou agrupamentos especificados de tais partículas
intensidade luminosa	candela	cd	A candela é a intensidade luminosa, numa direção dada, de uma fonte de luz que emite uma radiação monocromática de frequência 540×10^{12} Hz e cuja intensidade radiante nessa direção é de $1/683$ W/sr

O 'novo' SI

10º Congresso ATEHP

Coimbra 2024

Mudança de Paradigma

novas definições utilizam formulação de “constante explícita” (em vez de “unidade explícita”), que permitem separar a **definição** da **realização** das unidades, a partir das equações da Física

⇒ SI quântico

unidades definidas considerando propriedades microscópicas e considerando a natureza quântica de vários fenómenos

Gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares

Unidades SI – desde 2019

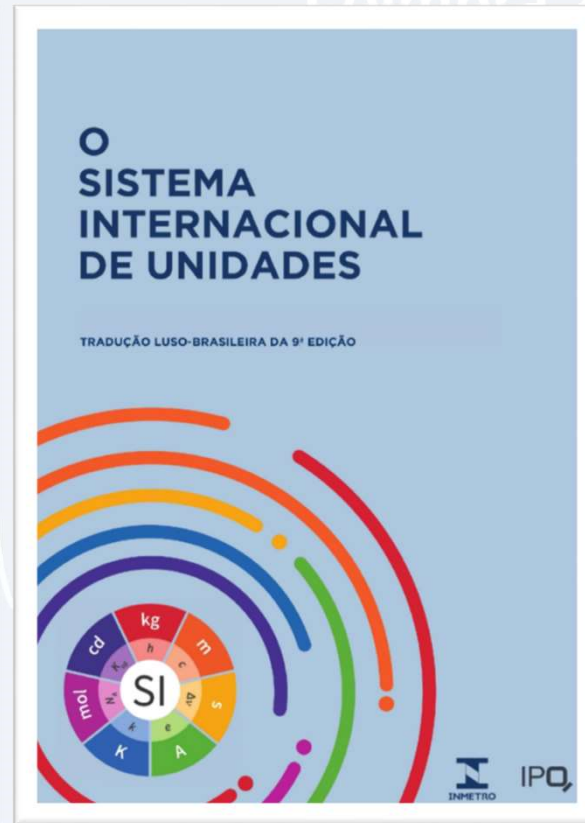
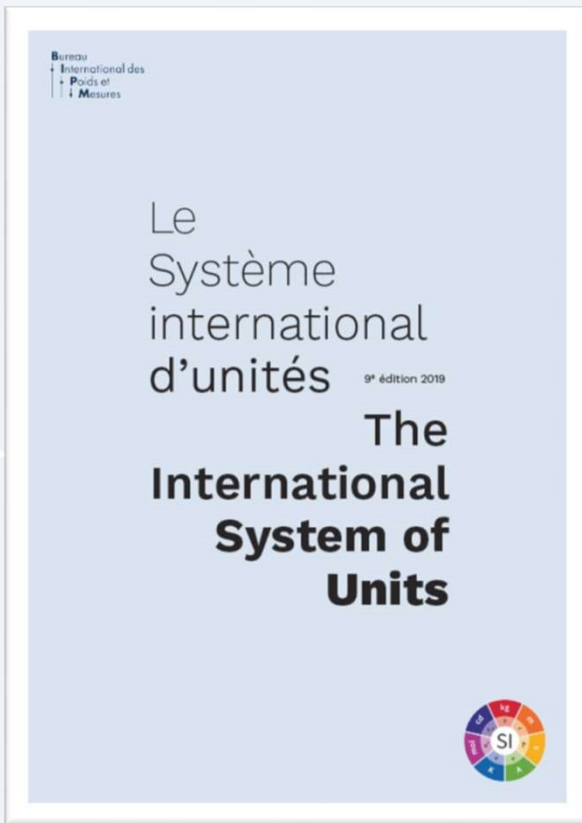
ATEHP



Unidade	é definida fixando o valor numérico da constante (...)
metro	velocidade da luz no vácuo é exatamente 299 792 458 metros por segundo, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
quilograma	constante de Planck h é exatamente $6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ joule segundo, $\text{J}\cdot\text{s}$
segundo	frequência da transição hiperfina no estado fundamental do átomo de césio 133 $\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$ é exatamente 9 192 631 770 hertz, Hz
kelvin	constante de Boltzmann k é exatamente $1,380\ 649 \times 10^{-23}$ joule por kelvin, $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$
ampere	carga elétrica elementar e é exatamente $1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ coulomb, C
mole	constante de Avogadro N_A é exatamente $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ por mole, mol^{-1}
candela	eficácia luminosa de uma radiação monocromática de frequência 540×10^{12} Hz é exatamente 683 lumen por watt, $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$

Brochura SI Congresso ATEHP DL 76/2020

Coimbra 2024



Diário da República, 1.ª série

N.º 188

25 de setembro de 2020

Pág. 12

PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS

Decreto-Lei n.º 76/2020

de 25 de setembro

Sumário: Adapta ao progresso técnico as novas definições das unidades de base do Sistema Internacional de Unidades, transpondo a Diretiva (UE) 2019/1258.

O Sistema Internacional de Unidades (SI), formalmente adotado pela 11.ª reunião da Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), em 1960, foi a nova designação do sistema métrico decimal consagrado internacionalmente através da Convenção do Metro, Tratado celebrado em Paris, em 20 de maio de 1875, por 17 países, incluindo Portugal.

O SI, utilizado em todo o mundo como sistema de unidades universal e coerente em todos os aspetos da vida e como linguagem da ciência, da tecnologia, da indústria e do comércio, define os nomes, os símbolos e as definições das unidades de medida, bem como os prefixos e os símbolos dos múltiplos e submúltiplos das mesmas unidades e contempla ainda recomendações para a respetiva escrita e a utilização dos símbolos aprovados pela CGPM.

Gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares

Metrologia Legal na Saúde ATEHP



Diário da República, 1.ª série

N.º 69

7 de abril de 2022

Pág. 2

PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS

Decreto-Lei n.º 29/2022

de 7 de abril

Sumário: Aprova o regime geral do controlo metrológico legal dos métodos e dos instrumentos de medição.

Artigo 2.º

Âmbito de aplicação

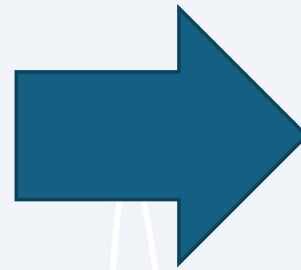
O controlo metrológico legal aplica-se:

- a) Aos instrumentos de medição, utilizados em transações comerciais, em operações fiscais ou salariais, na segurança, **na saúde**, na energia e no ambiente;
- b) Às quantidades dos produtos pré-embalados;
- c) Às garrafas recipientes de medida.

Metrologia Legal na Saúde ATEHP

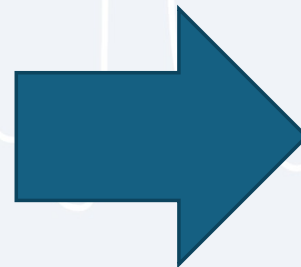
Coimbra 2024

- Aumento da esperança de vida
- Alteração da pirâmide etária
- Aumento das viagens internacionais
- Inovações na medicina



Procura crescente dos serviços de Saúde

-
- Conformidade com normas e outras especificações
 - Obtenção de resultados idênticos (independentes do local e do operador)
 - Rastreabilidade ao SI
 - Confiança nas medições



Necessidade de controlo tanto dos instrumentos tradicionais como em novos domínios de medição

Gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares

Metrologia Legal na Saúde

Regulamentos de Controlo Metrológico Legal em Vigor

ATEHP

Coimbra 2024

Instrumentos de Pesagem Não Automáticos

Portaria 320/2019, de 19 de setembro

Instrumentos de Medição da Pressão Arterial

Portaria n.º 354/2023, de 14 de novembro

Radiações Ionizantes

Portaria n.º 356/2023, de 14 de novembro

Termómetros Clínicos

Portaria n.º 367/2023, de 15 de novembro

Tonómetros

Portaria n.º 368/2023, de 15 de novembro

Outros Regulamentos em preparação...

Gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares

Metrologia na Saúde

Alguns guias disponíveis

10º Congresso ATEHP

Coimbra 2024

IPO

Comissão Setorial
para a
Saúde

Metrologia na Saúde

Guia de Boas Práticas

Instituto Português da Qualidade



Comissão Setorial
para a
Saúde

A Metrologia na Saúde

Guia de Boas Práticas - Parte II
Capítulo III

Bombas de Perfusão

Comissão Setorial
para a
Saúde

A Metrologia na Saúde

Guia de Boas Práticas - Parte II
Capítulo I

Instrumentos de Medição
da Pressão Arterial

REPÚBLICA
PORTUGUESA

Comissão Setorial
para a
Saúde

A Metrologia na Saúde

Guia de Boas Práticas - Parte II
Capítulo II

Termómetros Clínicos

REPÚBLICA
PORTUGUESA

Comissão Setorial
para a
Saúde

A Metrologia na Saúde

Guia de Boas Práticas - Parte II

Capítulo IV

Desfibriladores

Metrologia na Saúde

Organizações internacionais relevantes

10º Congresso ATEHP
Coimbra 2024



EURAMET Metrology for Health

<https://www.euramet.org/metrology-for-societys-challenges/metrology-for-health>

'Metrology for Health' task group

<https://www.welmec.org/>

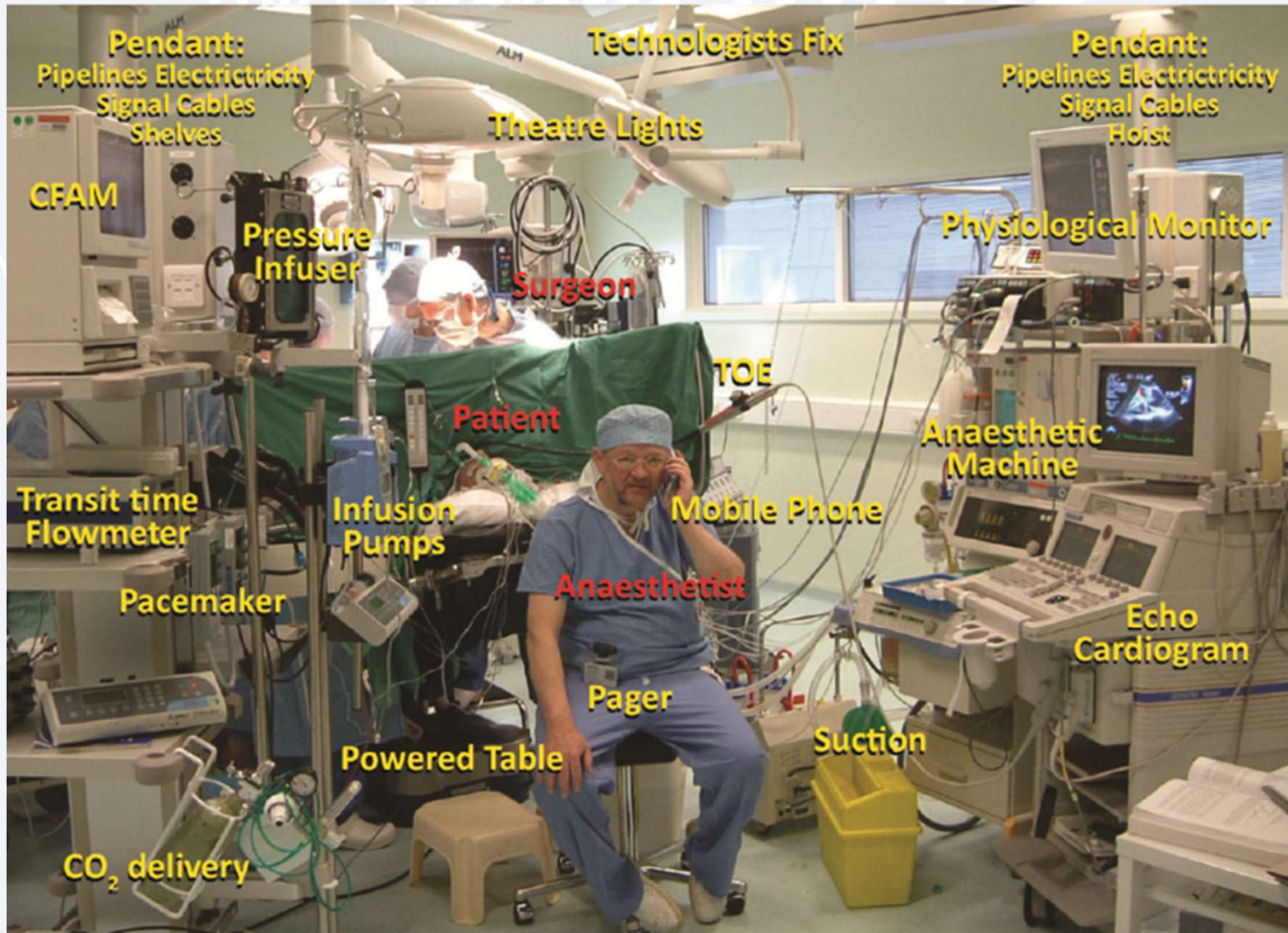


Legal metrology and health

<https://www.oiml.org/en/about/legal-metrology/health>

gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares

Compatibilidade Eletromagnética (EMC)



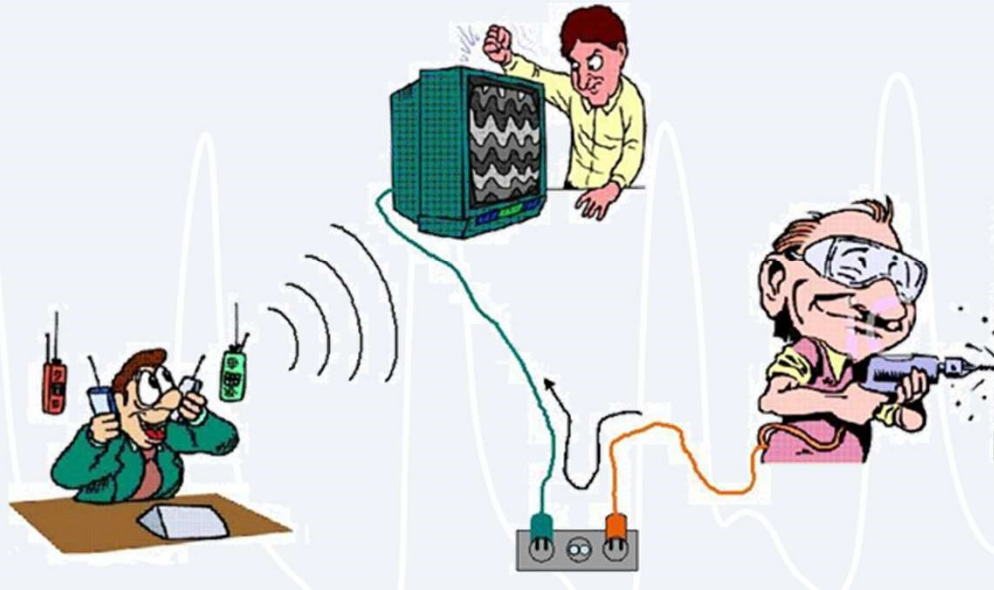
Compatibilidade Eletromagnética : o que é?

10º Congresso ATEHP

IMUNIDADE

Capacidade do equipamento para funcionar satisfatoriamente...

EMISSÃO



... sem introduzir perturbações electromagnéticas intoleráveis noutro equipamento nesse ambiente eletromagnético.

Gestão sustentável de ACTIVOS FISICOS HQ

TIPO DE AMBIENTE

Regra básica da EMC

10º Congresso ATEHP

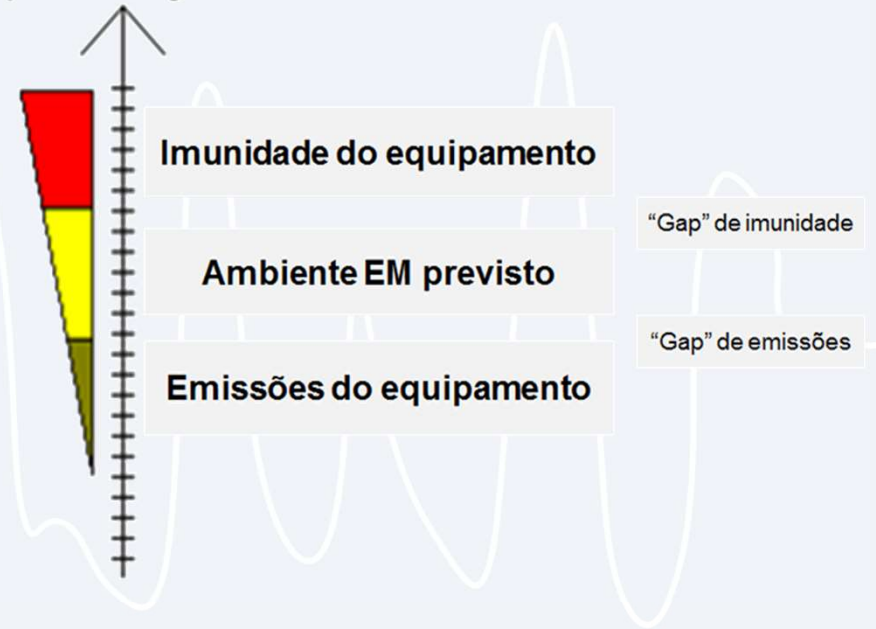
Coimbra 2024

$$\hat{I} > E$$

I : imunidade do equipamento

E : nível de emissões / nível EMI ambiente

perturbações



Gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares

EMC inclui a Cibersegurança

10º Congresso ATEHP

Coimbra 2024



Monitorização remota dos pacientes

Telemedicina

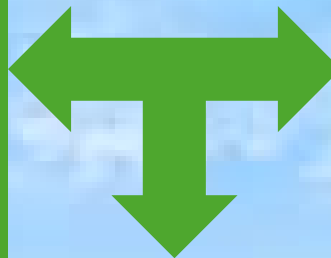


Gestão Sustentável de Atividades Hospitalares



DESAFIOS SOCIAIS E TECNOLÓGICOS

- População cada vez mais envelhecida
- Escassez de médicos especialistas
- Crescente sensibilidade social
- Telemedicina
- Monitorização remota dos pacientes (sensores no vestuário, gadgets, implantes)
- ...



- Artificial Intelligence
- Robotics
- Virtual Reality
- IoT
- Cybersecurity
- Big Data
- Digital Calibration Certificates
- ...

MEDIÇÕES | ENSAIOS



CIMSaúde

Centro de Instrumentação
e Metrologia na Saúde

Parceria entre

isep

Instituto Superior de
Engenharia do Porto



iep
instituto
electrotécnico
português



SÃO JOÃO

Gestão <https://www2.isep.ipp.pt/cimsaude/> dos Hospitales

SIMPOMET – Simpósio de Metrologia

O maior evento periódico dedicado à ciência da medição que se realiza em Portugal

Coimbra 2024

Promovido por

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

iep
instituto
electrotécnico
português

catim



SÃO JOÃO

<https://www.isep.ipp.pt/simpmet>

SIMPOMET'25

Porto | 28 Maio 2025

Gestão Sustentável de Activos Físicos Ho

SIMPÓSIO DE METROLOGIA 2013

15 MAIO | AUDITÓRIO E INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

www.isep.ipp.pt/simpmet2013

PROGRAMA

09:30 - Abertura Inauguração do Simpósio / Entrega de documentação	Tema 2 - A Metrologia na Era da Saúde Benedicta Gomes Simões - ISEP
10:00 - Base de Dados Carla Sá - Diretora do Departamento de Metrologia do ISEP João Paulo - Presidente do ISEP Inês Lopes - Coordenadora do ISEP	14:00 - Metrologia na Defesa Luís Manuel Coimbra Ulisses de Simões - Teófilo M. Sá de A. Coimbra
Tema 1 - A Metrologia em Portugal "Metrologia" Lúcia Portugal - CATIM	14:45 - Metrologia Hospitalar Francisco Sá - ISEP - Hospital de São João
10:30 - Atividade de abertura aos técnicos para metrologia de saúde José Gomes - CATIM	15:15 - Processos para a Saúde Margarida Paiva Carvalh - ISEP
11:00 - Atualização de Normas de Metrologia José Mendes - (Coordenador Metrologia)	16:00 - Saúde de equipamentos na indústria farmacêutica Gonçalo Mendes - ISEP
11:30 - Processos para a Saúde Margarida Paiva Carvalh - ISEP	16:45 - Metrologia em Saúde Margarida Paiva Carvalh - ISEP
11:45 - A Metrologia na Qualidade 2023: Uma Experiência de Colaboração Carla Sá - (Presidente do ISEP)	17:00 - Encerramento
12:15 - Estado do Equipamento de Metrologia e Métodos de Calibração Carla Sá - (Presidente do ISEP)	
12:45 - Almoço	

Patrocinadores: ISEP, IEP, CATIM, MIRA, INLAC, Uräger, AntAgro

SPMet

Sociedade Portuguesa
de Metrologia

10º Congresso **ATEHP**

Coimbra 2024

<http://www.spmet.pt>

9.º Encontro Nacional da SPMet

**METROLOGIA PARA A
SUSTENTABILIDADE**

Porto (ISEP), 25 de outubro de 2024



Gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares



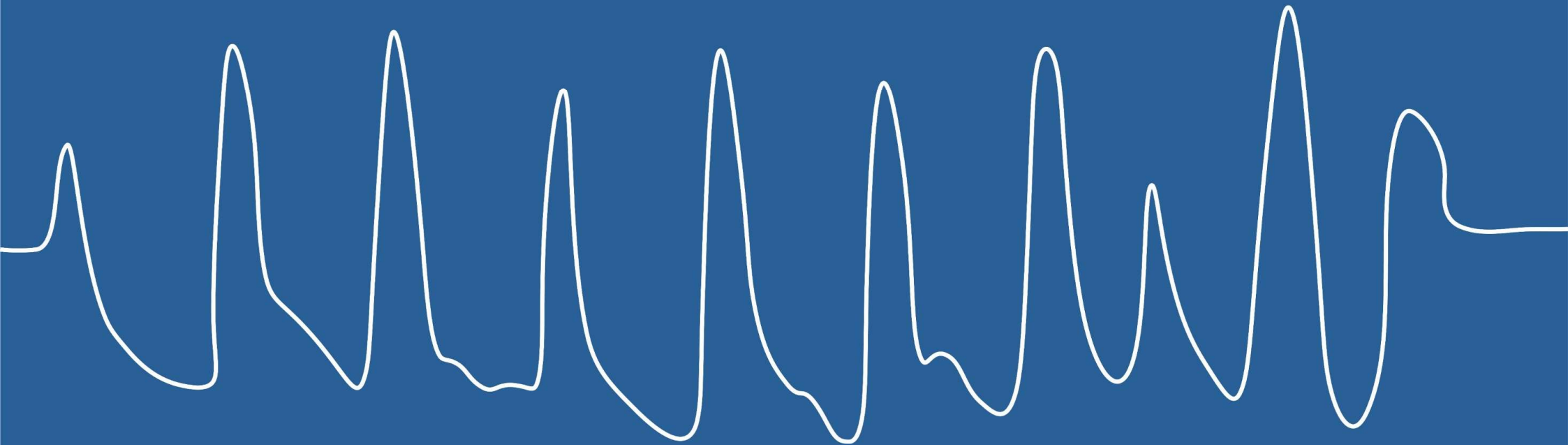
Obrigado pela atenção!

Paulo Cabral

pc@iep.pt | +351 966 272 019

10º Congresso **ATEHP**

Coimbra 2024



Gestão Sustentável de Activos Físicos Hospitalares