

**Sandra Paula de Almeida e Castro**

ESTUDO DE CAMPO DE VERIFICAÇÃO METROLÓGICA DE TERMÓMETROS  
CLÍNICOS TIMPÂNICOS.

Orientador: Professor Doutor Manuel Azevedo  
Co-orientador: Engenheiro Carlos Sousa

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Física – ISEP

Porto, 28 de Julho de 2014



## Agradecimentos

Pretendo em primeiro lugar, prestar o meu agradecimento a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que pudesse realizar esta tese.

A realização deste trabalho em muito se fica a dever a todos os elementos do Centro Hospitalar São João, em particular a equipa do Laboratório de Metrologia do mesmo hospital a quem dirijo os meus sinceros agradecimentos pela rica experiência laboral e pedagógica que me proporcionaram e pelo contributo indispensável que me deram, em especial, ao Eng.º Emanuel Silva, Eng.º Rúben Mendes, Eng.º Filipe Moreira e ao Técnico José Rodrigo.

Agradeço aos meus orientadores, Prof.º Doutor Manuel Azevedo e ao Eng.º Carlos Sousa, pela sua disponível orientação, paciência e simpatia.

À todos os docentes pelo acompanhamento exercido durante o mestrado e apoio transmitido ao longo do meu percurso no Instituto Superior de Engenharia do Porto onde foi possível realizar a minha tese.

Ao colaborador da área de correspondentes e vendas de publicações do Instituto Português da Qualidade, Senhor Arlindo Antunes, que sempre se mostrou disponível para esclarecer as minhas dúvidas.

Um agradecimento muito sentido para os meus pais e irmão, Joaquim Castro, Maria Castro, e Eduardo Castro, que sem eles nada seria possível.

Não posso deixar de passar em claro, pessoas que considero especiais na minha vida e que sempre me acompanharam e conviveram comigo nos últimos anos, em especial (Afonso, Ana, Beta, Gui e Diogo Dinis).

Acredito que o carácter de uma pessoa é construído todos os dias, com as experiências que se vivem e com as pessoas com quem nos cruzamos. A todas essas pessoas, que não consigo referir aqui, obrigada.



## Resumo

Avaliação da variação da temperatura corporal, e a monitorização da mesma é bastante importante na prática clínica sendo, por vezes, a base de muitas decisões clínicas. Atualmente, os termómetros digitais, em particular os timpânicos são amplamente utilizados, em contexto hospitalar e domiciliário.

Muitos estudos têm sido efetuados para determinar a validade das medições obtidas através de termómetros timpânicos.

Os defensores destes termómetros afirmam que, se forem utilizados de forma adequada e periodicamente calibrados, a avaliação da temperatura corporal com este tipo de termómetros é eficaz, cómoda, rápida, pouco invasiva e mais higiénica reduzindo o número de infeções cruzadas (Farnell Maxwell & Tan, Rhodes & Philips, 2005). A Metrologia como a ciência das medições e suas aplicações ((VIM<sup>1</sup>: 2.2) (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012)), abrange todos os aspetos teóricos e práticos que asseguram a exatidão e precisão exigida num processo, procurando garantir a qualidade de produtos e serviços através da calibração de instrumentos de medição e da realização de ensaios, sendo a base fundamental para a competitividade das empresas.

Só após o ano 1990, com a publicação dos resultados do Harvard Medical Practice Study (T A BRENNAN, 2004), sobre aduentos adversos na área da saúde, começaram a surgir preocupação com o risco do uso de equipamentos e instrumentos sem a adequada avaliação metrológica. Neste estudo concluiu-se que 3,7 % dos pacientes hospitalizados sofriam eventos adversos devido ao uso inadequado de equipamento médico, sendo que 13,6% destes eram mortais. Pegando nesta realidade e sabendo que o não controlo de Equipamento de Monitorização e Medição é uma das causas de obtenção de 36 % de não conformidades - 7.6 (NP EN ISO 9001:2008), em Auditorias da Qualidade em Serviços de Saúde (Luís Marinho – Centro Hospitalar São João), fez todo o sentido o estudo e trabalho desenvolvido.

Foi efetuado um estudo, no que se refere a normalização em vigor e verificou-se que a nível metrológico muito trabalho terá que ser realizado no serviço nacional de saúde por forma este fornecer o suporte material fiável ao sistema de medições, essencial aos mais diversos sectores da saúde.

Sabendo-se que os ensaios/calibrações são necessários e não são negligenciáveis na estrutura de custos das instituições de saúde, e por isso são vistas como mais uma fonte de despesas, é intenção com a realização deste trabalho, contribuir em parte para superação deste tema.

Este trabalho passou pela execução/realização de um procedimento de calibração para termómetros timpânicos, tendo a necessidade de desenvolver/projetar um corpo negro. A amostra em estudo é constituída por cinco termómetros timpânicos hospitalares em uso dos diferentes serviços do CHSJ<sup>2</sup>, selecionados completamente ao acaso. Um termómetro clínico no mínimo terá que ser calibrado a temperatura 35 °C e 42 °C. A calibração deverá ser realizada anualmente e por entidade acreditada. O erro máximo admissível é de  $\pm 0,2$  °C (nas condições ambientais de funcionamento). Sem a confirmação metrológica, não é possível garantir a qualidade do produto ou serviço.

A Metrologia na área da saúde desperta a exigência por produtos e serviços de qualidade. Esta tencionará ser encarada como um pilar de sustentabilidade para a qualidade na saúde, sendo absolutamente necessária a implementação de novos procedimentos e atitudes.

**Palavras-Chave:** Calibração, Termómetros Timpânicos, Normalização, Metrologia na Saúde, Metrologia Legal, Procedimento de Calibração, Qualidade nos Serviços de Saúde.

---

<sup>1</sup>Vocabulário Internacional de Metrologia-1ª edição luso-brasileira em português do VIM (JCGM 200:2012)

<sup>2</sup>Centro Hospitalar São João



## Abstract

Field study of metrological verification of clinical tympanic thermometers: Through the Center for Metrology and Instrumentation in Health, Instituto Superior de Engenharia of Oporto, the entitled project was conducted due to their proposal. In order to accomplish this project successfully, integration in the team of the Department of Metrology of the São João Hospital (Centro Hospitalar São João) was necessary.

In preparing this article I intend to: deepen my knowledge regarding the control of tympanic temperature; develop a calibration procedure of hospital tympanic thermometers; acquire skills that allow me in the future to develop more research / work and thus contribute to the enrichment of knowledge within the Instrumentation Engineering and Metrology.

Temperature measurement is a critical component in the diagnosis of disease. Thus, assessment of body temperature variation and monitoring it is very important in clinical practice as it is sometimes the basis of many clinical decisions. Currently, digital thermometers are widely used in the hospital and home context.

Metrology in the health field created the demand for products and services with good quality. This will be seen as the pillar of sustainability for quality in health where the implementation of new procedures and attitudes are essential.



## Preâmbulo

No âmbito do Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, foi proposto através do Centro de Instrumentação e Metrologia na Saúde, da mesma instituição, a realização de um projeto intitulado: Estudo de campo de verificação metrológica de termómetros clínicos, conducente à realização de um trabalho e posterior redação de tese de Mestrado.

Por forma a colaborar na qualidade dos serviços de saúde, no enriquecimento do conhecimento no âmbito da Engenharia de Instrumentação e Metrologia, a realização prática e concretização deste trabalho foi possível com a integração na equipa do Departamento de Metrologia do CHSJ<sup>3</sup>. A escolha surgiu pelo facto de este ser considerado um hospital de referência Nacional e Internacional, possuir um número significativo de termómetros timpânicos (295) e deter um Laboratório de Metrologia inserido no serviço de certificação, sendo o único centro hospitalar do norte do país, detentor de um laboratório de Metrologia.

Com a elaboração do presente trabalho pretendo aprofundar os meus conhecimentos no que concerne ao controlo e medição da temperatura timpânica; aos respetivos Equipamentos de Monitorização e Medição da temperatura corporal; conhecer os instrumentos necessários para essa avaliação; elaborar um procedimento para calibração de termómetros timpânicos; adquirir competências que me permitam, futuramente, desenvolver novos trabalhos e, desta forma, contribuir para o enriquecimento do conhecimento em Engenharia de Instrumentação e Metrologia.

O tema desta tese surgiu na constatação, da existência de alguns equipamentos e instrumentos sem adequada avaliação metrológica, concretamente nos termómetros timpânicos em Portugal.

Ausência de aplicação da normalização pode futuramente gerar descrédito nos sistemas de qualidade das organizações de saúde. O controlo metrológico dos instrumentos de medição tem por objetivo garantir a exatidão do resultado das medições dentro de limites regulamentares.

---

<sup>3</sup>Centro Hospitalar São João



## Acrónimos

- ACES - Agrupamento de Centros de Saúde
- ARSNorte - Administração Regional de Saúde do Norte
- CEN - Comité Europeu de Normalização
- CE - Conformidade Europeia
- CHSJ - Centro Hospitalar São João
- CVE - Calibração, Verificação e Ensaio
- CHSJ - Centro Hospitalar São João
- CEI - Comissão Eletrotécnica Internacional
- EMM - Equipamento de Monitorização e Medição
- EMA - Erro máximo admissível
- HSA - Hospital Santo António
- HSM - Hospital Santo Maria
- IPQ - Instituto Português da Qualidade
- IP - Impresso
- ISO - Organização Internacional de Normalização
- ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto
- IPAC - Instituto Português de Acreditação
- IM - Instrumentos de medição
- MID - Diretiva dos Instrumentos de Medição
- NP - Norma Portuguesa
- OIML - Organização Internacional de Metrologia Legal
- PR - Procedimento
- SI - Sistema Internacional de Unidades
- SNS - Serviço Nacional de saúde
- VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia
- Vef - Graus de liberdade efetivos



# Índice

|  |    |
|--|----|
| 1. Introdução  | 1  |
| 1.1. Objetivo  | 2  |
| 1.2. Organização do Relatório  | 3  |
| 2. Enquadramento Teórico   | 5  |
| 2.1. A Importância da Metrologia na Área da Saúde  | 5  |
| 2.1.1. Metrologia  | 5  |
| 2.1.2. Regulação Metrológica - Para Dispositivos Médicos                                     | 6  |
| 2.1.3. Normalização  | 6  |
| 2.1.4. Normas Nacionais, Europeias e Internacionais - Para Termómetros Clínicos              | 8  |
| 2.2. Temperatura Humana  | 11 |
| 2.2.1. Fisiologia da Termorregulação   | 15 |
| 2.2.2. Medição da Temperatura Corporal   | 17 |
| 2.3. Temperatura - Conceitos Físicos   | 19 |
| 3. Material e Métodos  | 23 |
| 3.1. Desenho do Estudo   | 25 |
| 3.2. Verificação e Validação Metrológica   | 26 |
| 3.3. Equipamentos Utilizados   | 29 |
| 3.4. Procedimento de Verificação Metrológica - Calibração                                    | 34 |
| 3.4.1. Objectivo   | 35 |
| 3.4.2. Âmbito  | 35 |
| 3.4.3. Definição e Siglas  | 35 |
| 3.4.4. Responsabilidades   | 35 |
| 3.4.5. Documentos Associados   | 35 |
| 3.4.6. Legenda   | 35 |
| 3.4.7. Equipamentos  | 36 |
| 3.4.8. Condições Ambientais  | 36 |
| 3.4.9. Critérios de Aceitação (Valores Máximos Admitidos)                                    | 36 |
| 3.4.10. Modo Operatório  | 36 |
| 3.4.11. Efetuar o Ajuste   | 36 |
| 3.4.12. Emissão do Certificação de Calibração  | 39 |
| 4. Resultados  | 41 |
| 4.1. Ficha de Calibração   | 41 |
| 4.2. Erro do Instrumento de Medição  | 43 |
| 4.3. Cálculo da Incerteza  | 43 |
| 5. Conclusões e Recomendações  | 57 |
| 6. Bibliografia  | 59 |
| 6.1. Bibliografia  | 59 |
| A. Procedimento para avaliação da temperatura timpânica recorrendo aos termómetros GENIUS 2. | 63 |
| B. Características do Banho de bloco seco da Isotech   | 65 |

|   |     |
|---|-----|
| C. Relatório de Ensaio - Banho de Bloco Seco  | 69  |
| D. Certificado de calibração - Termómetro Padrão Pt1000   | 75  |
| E. Tabela com os valores de emissividade mais comuns.   | 79  |
| F. Procedimento de Calibração, Verificação e Ensaio - Centro Hospitalar São João.                                   | 83  |
| G. Equipamento de verificação dos termómetros digitais timpânicos - Marca GENIUS2 e respectivo relatório.           | 91  |
| H. Resultados e respetivas folhas de cálculo, adquiridos para os termómetros timpânicos calibrados.                 | 93  |
| I. Resultados e respetivas folhas de cálculo, adquiridos para os termómetros timpânicos calibrados-<br>Continuação. | 107 |

## Lista de Figuras

|  |    |
|--|----|
| 1.1. Hipotálamo . . . . .  | 2  |
| 2.1. Exemplo de um termómetro digital auricular . . . . .  | 12 |
| 2.2. Sistema de termorregulação . . . . .  | 13 |
| 2.3. Corte verticotransversal do canal auditivo . . . . .  | 15 |
| 2.4. Diagrama de blocos genérico de um termómetro timpânico . . . . .                                | 19 |
| 2.5. Temperatura Termodinâmica do ponto triplo da água . . . . .                                     | 20 |
| 2.6. Termografia Infravermelha . . . . .   | 21 |
| 3.1. Termómetro digital auricular/timpânico . . . . .  | 23 |
| 3.2. GENIUS <sup>TM</sup> 2 . . . . .  | 30 |
| 3.3. Banho de bloco seco-Isotech Venus . . . . .   | 30 |
| 3.4. Sensor Padrão Tipo Pt1000 . . . . .   | 31 |
| 3.5. Black Body Insert (Corpo Negro) . . . . .   | 31 |
| 3.6. Desenho técnico- Black Body Insert( Corpo negro) . . . . .                                      | 32 |
| 3.7. Vista superior do Corpo negro . . . . .   | 33 |
| 3.8. Vista superior do Corpo negro, abertura da peça . . . . .                                       | 33 |
| 3.9. Introduzir o Block Body Insert . . . . .  | 37 |
| 3.10. Inserir o Termómetro padrão Pt1000 no Block Body Insert . . . . .                              | 37 |
| 3.11. Ligar o Banho de bloco Seco . . . . .  | 38 |
| 3.12. Seleccionar a Temperatura pedida . . . . .   | 38 |
| 3.13. Registar a Temperatura indicada no indicador do Termómetro Timpânico . . . . .                 | 39 |
| 4.1. Ficha de calibração . . . . .   | 41 |
| 4.2. Black Body Insert . . . . .   | 42 |
| 4.3. Gráfico com as respetivas fontes de contribuição da incerteza, para T=35 °C e 37 °C . . . . .   | 48 |
| 4.4. Gráfico com as respetivas fontes de contribuição da incerteza, para T=40,6 °C e 42 °C . . . . . | 49 |
| 4.5. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 35 °C . . . . .                                     | 50 |
| 4.6. Folhas com o cálculo da incerteza para a T=37 °C . . . . .                                      | 51 |
| 4.7. Folhas com o cálculo da incerteza para a T=40,6 °C . . . . .                                    | 52 |
| 4.8. Folhas com o cálculo da incerteza para a T=42 °C . . . . .                                      | 53 |
| 4.9. Certificado calibração N°: CTR001/14 . . . . .  | 54 |
| 4.10. Certificado calibração N°: CTR001/14 . . . . .   | 55 |
| A.1. Termómetros Timpânicos da marca COVIDIEN, modelo GENIUS <sup>TM</sup> 2 . . . . .               | 64 |
| B.1. Características do banho de bloco seco da Isotech . . . . .                                     | 66 |
| B.2. Especificações do banho de bloco seco da Isotech . . . . .                                      | 67 |
| C.1. Relatório de ensaio - Banho Seco . . . . .  | 70 |
| C.2. Relatório de ensaio - Banho Seco(1/4) . . . . .   | 71 |
| C.3. Relatório de ensaio - Banho Seco (2/4) . . . . .  | 72 |
| C.4. Relatório de ensaio - Banho Seco (3/4) . . . . .  | 73 |
| C.5. Relatório de ensaio - Banho Seco (4/4) . . . . .  | 74 |
| D.1. Certificado de calibração - Termómetro Padrão Pt1000 . . . . .                                  | 76 |

|  |     |
|--|-----|
| D.2. Relatório de ensaio - Banho Seco(Continuação) . . . . .                   | 77  |
| E.1. Valores de emissividade mais comuns para vários materiais . . . . .       | 80  |
| E.2. Valores da variação da emissividade com o ângulo de visão . . . . .       | 81  |
| G.1. Equipamento de verificação da Temperatura Timpânica da Covidien . . . . . | 91  |
| G.2. Relatório emitido pelo equipamento da Covidien . . . . .                  | 92  |
| H.1. Ficha de calibração para o nº de série:13577497 . . . . .                 | 93  |
| H.2. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 35 °C . . . . .               | 94  |
| H.3. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 37 °C . . . . .               | 95  |
| H.4. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 40,6 °C . . . . .             | 96  |
| H.5. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 42 °C . . . . .               | 97  |
| H.6. Certificado calibração Nº: CTR0002/14 . . . . .                           | 98  |
| H.7. Certificado calibração Nº: CTR0002/14 . . . . .                           | 99  |
| H.8. Ficha de calibração para o nº de série:13567295 . . . . .                 | 100 |
| H.9. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 35 °C . . . . .               | 101 |
| H.10.Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 37 °C . . . . .               | 102 |
| H.11.Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 40,6 °C . . . . .             | 103 |
| H.12.Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 42 °C . . . . .               | 104 |
| H.13.Certificado calibração Nº: CTR0003/14 . . . . .                           | 105 |
| H.14.Certificado calibração Nº: CTR0003/14 . . . . .                           | 106 |
| I.1. Ficha de calibração para o nº de série:13567541 . . . . .                 | 108 |
| I.2. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 35 °C . . . . .               | 109 |
| I.3. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 37 °C . . . . .               | 110 |
| I.4. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 40,6 °C . . . . .             | 111 |
| I.5. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 42 °C . . . . .               | 112 |
| I.6. Certificado calibração Nº: CTR0004/14 . . . . .                           | 113 |
| I.7. Certificado calibração Nº: CTR0002/14 . . . . .                           | 114 |
| I.8. Ficha de calibração para o nº de série:13567569 . . . . .                 | 115 |
| I.9. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 35 °C . . . . .               | 116 |
| I.10. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 37 °C . . . . .              | 117 |
| I.11. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 40,6 °C . . . . .            | 118 |
| I.12. Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 42 °C . . . . .              | 119 |
| I.13. Certificado calibração Nº: CTR0005/14 . . . . .                          | 120 |
| I.14. Certificado calibração Nº: CTR0005/14 . . . . .                          | 121 |

## Lista de Tabelas

|  |    |
|--|----|
| 2.1. NP EN 12470-1/5:2009 Vs ISO 80601-2-56:2009 / EN ISO 80601-2-56:2012 . . . . .                  | 10 |
| 2.2. Variações da temperatura . . . . .  | 11 |
| 2.3. Locais para medida da temperatura corporal . . . . .  | 12 |
| 3.1. Termómetros Digitais Timpânicos em Serviço nos Principais Hospitais da cidade do Porto. . . . . | 24 |
| 3.2. Termómetros digitais axilares distribuídos aos ACES - Norte . . . . .                           | 24 |
| 4.1. Valor de Vef . . . . .  | 46 |
| 4.2. Resultados obtidos para o termómetro timpânico com o número série: 13578297 . . . . .           | 47 |
| 4.3. Resultados obtidos para o termómetro timpânico com o número série: 13577497 . . . . .           | 47 |
| 4.4. Resultados obtidos para o termómetro timpânico com o número série: 13567295 . . . . .           | 47 |
| 4.5. Resultados obtidos para o termómetro timpânico com o número série: 13567541 . . . . .           | 47 |
| 4.6. Resultados obtidos para o termómetro timpânico com o número série: 13567569 . . . . .           | 47 |



# 1. Introdução

A temperatura corporal é um dos cinco sinais vitais a avaliar pelos profissionais de saúde, de forma sistemática e correta, durante o período de internamento, um aumento da temperatura corporal, poderá implicar a procura de uma causa para esta ocorrência, a prescrição de um tratamento e/ou o prolongamento do internamento.

Deste modo, a avaliação da variação da temperatura corporal, nas diferentes partes do corpo, e a monitorização da mesma é bastante importante na prática clínica sendo, por vezes, a base de muitas decisões clínicas.

A temperatura corporal começou a ser estudada por Sanctorius no ano de 1638. Foi o primeiro investigador a perceber as variações da temperatura, a partir dessa percepção, começou a utilizar um instrumento para a verificação do calor corporal com o intuito de iniciar ou não uma terapêutica. A descoberta estimula diversos investigadores até os dias atuais(SUND-LEVANDER M, 2002).

Em 1851, o pesquisador Wunderlich obteve um avanço importante para a medicina introduzindo um instrumento de temperatura, no qual originou o termómetro de mercúrio, utilizando a região axilar para a medida. Assim, definiu o estado da temperatura corporal no valor de 37 °C, com uma faixa de variabilidade entre 36,2 °C e 37,5 °C. O valor da temperatura acima de 37,5 °C definiu-se como estado febril e maior ou igual a 38 °C como estado de febre. Outro achado significativo foi a percepção do valor da temperatura em relação ao género, declarando que esta, em mulheres, poderia ser mais elevada quando comparada à temperatura em homens(SUND-LEVANDER M, 2002).

Desde então, a temperatura corporal passou a ser utilizada como um método de estimativa da temperatura central.

O centro regulador da temperatura é o hipotálamo, figura 1.1. Nele encontramos os termorreceptores que o auxiliam nessa função. A temperatura corporal de um indivíduo pode sofrer variações durante as 24 horas devido a vários fatores como: alterações emocionais, influência da temperatura ambiente, atividade física, roupas inadequadas, processos patológicos e ritmo circadiano.

A monitorização da medida da temperatura pode ser realizado pelo método timpânico, por via oral, retal, ou axilar(YARON M, 1995).

Surgiram novos instrumentos que incorporaram outros princípios para medida da temperatura como, por exemplo, o termómetro de radiação Infravermelho e, dentre eles, os termómetros timpânicos.

Fontes de inúmeras pesquisas, os termómetros timpânicos foram desenvolvidos para captar a temperatura do Tímpano e tecidos vizinhos, local mais indicado para a medida da temperatura corporal.

A metrologia, enquanto ciência da medição, fornece o suporte material fiável ao sistema de medições, essencial aos mais diversos sectores, nomeadamente nos da saúde.

Neste contexto, a minha contribuição em conjunto com o Departamento de Metrologia do CHSJ<sup>1</sup>, consistiu na elaboração de um procedimento de calibração de termómetros timpânicos. O controlo metrológico dos IM<sup>2</sup> tem por objetivo garantir a exatidão do resultado das medições dentro de limites regulamentares.

A Metrologia desempenha um papel importantíssimo na economia e ao nível do bem estar das populações, ao contribuir para o rigor, credibilidade e transparência das medições, seja no comércio, seja em todas as demais aplicações, constituindo um elemento chave no desenvolvimento económico e social do país.

As normas dão um enorme contributo em muitos aspetos das nossas vidas, embora muitas vezes, seja um contributo impercetível para o cidadão. Permitem um aumento dos níveis de qualidade, segurança, eficiência, bem como no fornecimento de todos estes benefícios, com um custo mais económico.

---

<sup>1</sup>Centro Hospitalar São João

<sup>2</sup>Instrumentos de medição

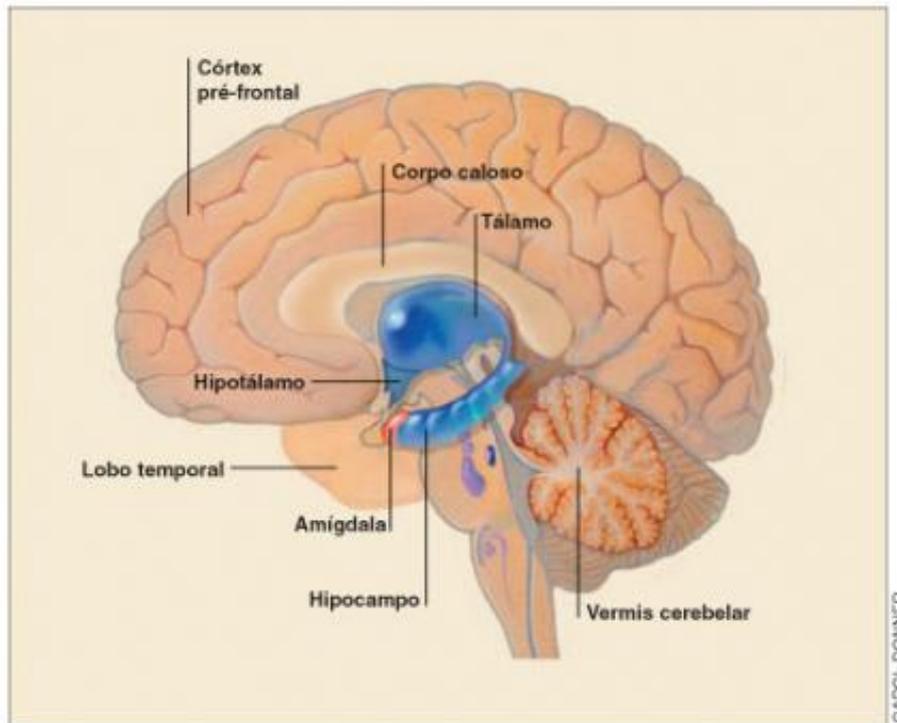


Figura 1.1.: Hipotálamo (GISELE DORIGAN, Junho 2014)

A Metrologia Legal é a área responsável pelo controlo metrológico e elaboração da legislação metrológica, garantindo a exatidão do resultado das medições dentro dos limites regulamentares. Desta forma o controlo Metrológico tem papel determinante na defesa do consumidor e dos cidadãos em geral.

### 1.1. Objetivo

Esta tese teve como objetivo o estudo de campo de verificação metrológica de termómetros clínicos timpânicos. Neste sentido elaborou-se um procedimento para calibração de termómetros timpânicos.

No contexto do objetivo geral, este trabalho teve os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisa de normas e recomendações para a calibração de termómetros clínicos hospitalares.
- Avaliar a nível de centros de saúde (ARSNorte) e de alguns dos principais hospitais do País, que tipos de termómetros encontram-se em prática clínica.
- Saber no âmbito da Metrologia o que existe e o que é feito em Portugal, relativamente aos termómetros clínicos hospitalares.
- Definir qual o procedimento de calibração, cujas medições sejam mais reprodutivos e fiáveis em comparação com o que existe atualmente no mercado para termómetros timpânicos hospitalares.
- Pesquisa de entidades acreditadas Nacionais e Internacionais para a realização de ensaios de calibração, com o objetivos de validar todo o procedimento concebido.

## 1.2. Organização do Relatório

A tese está dividida em cinco capítulos e nove apêndices. A estrutura adotada pretende descrever, sequencialmente, a apresentação e o desenvolvimento de todo o trabalho realizado.

Capítulo 1: Enquadramento do tema e fixam-se os principais objetivos para o trabalho.

Nestes primeiros pontos apresentam-se as razões que estiveram na origem da escolha deste tema bem como os objetivos a atingir.

Capítulo 2: Enquadramento teórico. Refere-se a importância da Metrologia na Área da Saúde, serão elucidados os conhecimentos nesta área.

É efetuado o estudo sobre a temperatura humana e respetivas derivações, abordam-se de forma sumariada os conceitos físicos inerentes a temperatura.

Capítulo 3: É explanada a metodologia do trabalho, ou seja, será efetuada a caracterização do estudo, os objetivos do mesmo, a população-alvo, método de seleção dos termómetros, bem como a descrição dos equipamentos utilizados.

São descritas as atividades desenvolvidas no sentido de elaboração/realização do Procedimento para Calibração de termómetros timpânicos.

Capítulo 4: São apresentados os vários resultados obtidos após a realização da calibração de cinco termómetros timpânicos.

Terminando, no Capítulo 5: São sumariadas as principais conclusões decorrentes do trabalho desenvolvido e, posteriormente, são apresentadas recomendações para trabalhos futuros.

O trabalho possui ainda oito apêndices.

No apêndice A, indica-se o procedimento a seguir para avaliação da temperatura timpânica, recorrendo ao termómetro GENIUS<sup>TM</sup> 2.

Apêndice B, apresentam-se as características do Banho de bloco seco da Isotech.

No apêndice C e D, consta respetivamente o relatório de ensaio do Banho seco e o certificado de calibração do termómetro Padrão Pt1000.

Apêndice E, apresentam-se duas tabelas com os valores de emissividades para diversos materiais, tendo como fonte a consulta da bibliografia apresentada.

Apêndice F, diz respeito ao Procedimento de Calibração, Verificação e Ensaio - Centro Hospital São João, consultado na elaboração do procedimento para calibração de termómetros timpânicos.

Apêndice G, é mostrado o equipamento de verificação dos termómetros digitais timpânicos - Marca GENIUS<sup>TM</sup>2, assim como um relatório emitido para uma determinada verificação.

Por fim no apêndice H e I, apresentam-se os restantes resultados e referentes folhas de cálculo, adquiridos para os quatro termómetros timpânicos calibrados, identificados pelo respetivo número de série.



## 2. Enquadramento Teórico

### 2.1. A Importância da Metrologia na Área da Saúde

A metrologia avançou muito nos três campos de atividade designados por, Metrologia científica, Metrologia industrial e Metrologia legal, aos quais correspondem, em regra, instituições próprias, por vezes com estatutos completamente distintos mas, apesar da óbvia importância, a sua aplicação ainda é preponderante na área da saúde.

Na área da saúde a realização de medições dos vários parâmetros fisiológicos é essencial para o diagnóstico, caracterização de riscos, tratamento e acompanhamento da evolução clínica dos pacientes. Neste sentido, os procedimentos de medição aplicados à área da saúde devem caracterizar-se pela elevada exatidão e rastreabilidade ao Sistema Internacional de Unidades.

A confiança metrológica dos equipamentos médicos com realização de calibrações rastreadas a padrões internacionais garante não só a segurança dos diagnósticos e tratamentos, mas também a desejável comparabilidade internacional nas medições. Os resultados assumem uma missão primordial na área da saúde, devendo ser exatos, reais e comparáveis em diferentes locais e ao longo do tempo.

Uma revisão bibliográfica dos principais artigos publicados, referentes à metrologia na saúde, legislação e normas técnicas, apontam claramente para a necessidade da implantação de medidas que garantam a obrigatoriedade do controlo metrológico dos equipamentos médicos.

No Brasil, assim como noutros países do mundo, uma atenção especial é dedicada à metrologia na saúde. A Inglaterra e a Alemanha são os países que incorporaram o maior número de recomendações OIML<sup>1</sup> para a área da saúde.

Pode-se concluir que será necessário a implementação da calibração dos equipamentos médicos, por força da regulamentação específica ou devido à acreditação do serviço.

Pretende-se com este trabalho realçar o impacto do rigor das medições aplicadas à área da saúde e na qualidade dos serviços prestados.

#### 2.1.1. Metrologia

A metrologia define-se como "o domínio do conhecimento relativo à medição", ou mesmo, como a ciência e a arte de fazer medições. Compreende tudo o que respeita ao processo como é feito, abrangendo os instrumentos utilizados, o local e o próprio operador envolvidos na medição.

Os principais domínios da metrologia dizem respeito a: unidades de medida e suas unidades padrão (criação, reprodução, conservação e transmissão); medições ( processos, execução, exatidão e incerteza; instrumentos ou aparelhos de medição ( propriedades, consideradas do ponto de vista do fim a que destinam-se) e operadores.

Pode afirmar-se, que a metrologia envolve todos os problemas, tanto teóricos como práticos, relativos às medições, qualquer que seja a sua exatidão, abrangendo os instrumentos utilizados, o local onde são realizadas e o próprio observador.

A metrologia legal tem como objetivo o controlo metrológico dos instrumentos de medição regulamentados, mediante o seu acompanhamento, desde a conceção e fabrico até à sua utilização, em domínios como as transações comerciais, saúde, segurança, defesa do consumidor, fiscalização, proteção do ambiente, economia de energia, etc.

O sistema da metrologia legal é constituído por três níveis de atuação central, regional e local, correspondendo às seguintes estruturas: o Instituto Português da Qualidade, as Delegações Regionais do Ministério da Economia e técnicos de metrologia da organização dos serviços municipais.

---

<sup>1</sup>Organização Internacional de Metrologia Legal

Um dado instrumento de medida passa a pertencer ao sistema da metrologia legal a partir do momento que sai um regulamento (em Diário da República) a definir as operações de controlo metrológico, bem como as competências dos organismos na sua execução.

A Metrologia Legal detém um papel de elevada importância em diversas áreas, tais como na saúde, nas numerosas decisões são fundamentadas por resultados de medições consentindo que a decisão clínica seja sustentada pela evidência, na economia e no bem estar das populações, ao contribuir para o rigor, credibilidade e transparência das medições.

A regulamentação metrológica, tem bases gerais em diferentes decretos e portarias. São eles: o Decreto-Lei nº 291/90, de 20 de Setembro - Implementação legal do Controlo Metrológico, Decreto-Lei 71/2011, 16 de Junho - Transposição da Directiva MID<sup>2</sup> para Direito nacional (Directiva da União Europeia nº 2004/22/CE, de Março) e a Portaria nº 962/90, de 20 de - Regulamento do Controlo Metrológico.

Os instrumentos de medição submetidos a controlo regulamentar só podem ser comercializados após: aprovação de modelo: decisão baseada no relatório de avaliação, segundo a qual o modelo de instrumentos satisfaz as exigências regulamentares (VIM 2.6 (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012)); primeira Verificação: previamente à colocação em serviço (VIM 2.12 (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012)) e ocorrerem verificações periódicas, prazos especificados de acordo com a regulamentação (VIM 2.17 (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012)).

A OIML - Organização Internacional de Metrologia Legal é composta por representantes dos países membros, por países que se unem como observadores e por associações de instituições internacionais. Reúnem-se a cada 4 anos para definir a política geral e promover a implementação das diretrizes metrológicas da OIML<sup>3</sup>.

Tem como missão o desenvolvimento e a manutenção de uma estrutura técnica mundial para prover as diretrizes da metrologia aos fabricantes e usuários de instrumentos de medição utilizados na metrologia legal (EMPTY, 2014).

### 2.1.2. Regulação Metrológica - Para Dispositivos Médicos

Quando falamos em dispositivos médicos, devemos ter presente a referente regulação metrológica, que assenta em várias diretivas. São elas: a Directiva 90/385/CE - Dispositivos médicos implantáveis ativos; Directiva 93/42/CE - Relativa aos dispositivos médicos; Directiva 90/385/CE - Dispositivos médicos implantáveis ativos; Directiva 93/42/CE - Relativa aos dispositivos médicos (Anexo I item refere que os que apresentam funções de medição devem ser concebidos de forma a assegurar a exatidão da medição. DL nº 273/95, 23 Out. Alterado pelo DL nº 30/2003, 14 Fev).

A Directiva 98/79/CE - Dispositivos médicos para diagnóstico in vitro e a Directiva 2007/47/CE - Altera as diretivas anteriores. DL nº 145/2009, 17 Junho.

### 2.1.3. Normalização

A normalização produz documentos de referência, contendo soluções para problemas técnicos e comerciais de produtos, bens e serviços, pelo que se diz que é toda a atividade conducente à elaboração, publicação e promoção de Normas.

Norma é uma especificação técnica ou outro documento do domínio público, preparado com a colaboração e o consenso ou a aprovação geral de todas as partes interessadas, baseado em resultados conjugados da ciência, da tecnologia e da experiência, visando a otimização de benefícios para a comunidade no seu conjunto e aprovado por um organismo para tal qualificado. A norma pode ser nacional, regional ou internacional, consoante é adaptado por um organismo nacional de normalização ou por uma organização regional ou internacional de normalização.

Ao longo dos anos, as grandes empresas e, por vezes, associações industriais ou profissionais, têm sentido necessidade de elaborar as suas próprias normas, designadas, respetivamente, por normas de empresa ou de associações.

---

<sup>2</sup>Diretiva dos Instrumentos de Medição

<sup>3</sup>Organização Internacional de Metrologia Legal

Na maioria dos casos, as normas de empresas ou de associações têm dado origem, após tratamento adequado e consenso dos diversos interesses, às normas nacionais, regionais ou internacionais. Se atendermos ao conteúdo de uma norma, esta pode ser de vocabulário, de características, de ensaios, de amostragem, de embalagem, de segurança, de engenharia, de serviços, etc., abrangendo os vários domínios da ciência e tecnologia.

Relativamente ao assunto de uma norma este pode estar relacionado com química, física, alimentação, segurança, ambiente, transportes, etc.

A preparação e elaboração das normas deve seguir determinadas regras que estão internacionalmente indicadas em Guias da ISO<sup>4</sup>, e que são, geralmente, adotadas nos vários países.

Como é lógico, as normas são de utilização voluntária. O ideal seria os produtores sentirem necessidade da sua utilização e os utilizadores exigirem o seu emprego quando adquirem produtos, bens e serviços.

As normas podem ser tornadas obrigatórias num dado país ou região por razões de saúde, segurança, defesa do ambiente ou do consumidor, ou por outras razões muito específicas (por exemplo, económicas).

Podemos, dizer que as normas podem ser obrigatórias ou voluntárias, se o Governo, num dado país, publica ou não legislação com a adequada justificação, tornando o seu uso obrigatório. A mesma obrigatoriedade pode ser regulamentada por organizações regionais (UE<sup>5</sup> ou internacionais (UE/ONU)<sup>6</sup>.

Consideremos que a normalização é um fator de melhoria da economia global, pois contribui para: racionalizar a produção tanto a nível de conceção como de fabricação - melhor utilização da matéria-prima e da energia, otimização do número de modelos ou de tamanhos; facilitar as trocas comerciais ao estabelecer uma linguagem comum - vocabulário, classificação, modelos, etc. e utilizar melhor os produtos, melhor conhecimento do produto, da sua utilização e da sua manutenção.

A norma é uma garantia para o utilizador, referenciando: níveis de qualidade, aptidão ao uso, segurança e intermutabilidade.

Garantia, essa, que é reforçada, quando serve de documento de referência para uma certificação. Para o produtor, a norma pode ser igualmente um argumento de venda no mercado nacional e, cada vez mais, no mercado internacional.

### Normalização Nacional

Cada país tem um organismo nacional de normalização que é responsável pela elaboração, publicação e divulgação das normas.

Esses organismos podem ser estatais, que é o caso português, em que o Organismo Nacional de Normalização é o Instituto Português da Qualidade - IPQ, privados, como a Instituição Britânica de Normalização - BSI, ou misto, como a Organização Francesa de Normalização - AFNOR.

Estes organismos têm os respetivos estatutos e estruturas próprias, sendo, no entanto, bastante semelhantes entre si.

A maioria dos organismos tem vindo a desenvolver a informação, fundamentalmente sobre normas estrangeiras para apoio à exportação. A BSI<sup>7</sup> e a AFNOR<sup>8</sup> têm departamentos de apoio à exportação muito úteis para os exportadores.

Em todos os países, na generalidade, as normas nacionais são elaboradas pelas CT<sup>9</sup>, onde participam todas as entidades interessadas no assunto - poderes públicos, produtores, prestadores de serviço, peritos, seguradores, utilizadores e consumidores.

O "documento base" para elaborar a norma pode ser uma especificação técnica, uma norma de empresa, uma norma nacional, regional ou internacional. Quando os vogais da Comissão Técnica con-

---

<sup>4</sup>International Standard Organization

<sup>5</sup>União Europeia

<sup>6</sup>Organização das Nações Unidas

<sup>7</sup>Instituição Britânica de Normalização

<sup>8</sup>Organização Francesa de Normalização

<sup>9</sup>Comissões Técnicas

sideram que o documento - anteprojecto de norma - está em condições e o aprovam, enviam-no para homologação pelo sector competente do Organismo Nacional de Normalização (Conselho, Comissário ou Presidente), após inquérito público, se for caso disso.

No caso português, o anteprojecto de norma (apr.NP) é enviado ao serviço de Normalização do IPQ<sup>10</sup> que o aprova e manda já o projecto de norma para inquérito público pelo prazo de 60 a 90 dias.

Os resultados do inquérito do projecto de norma são enviados à respectiva CT que introduzirá as correções que achar conveniente e remete o projecto de norma (pr.NP) ao Serviço de Normalização que a aprova. Segue-se a homologação da Norma (NP) pelo Presidente do IPQ e subsequente publicação no Diário da República.

Se o documento base que serviu para elaboração do ante-projecto de norma é uma NP<sup>11</sup> ou Internacional, se foi votada positivamente por Portugal, e se não foram introduzidas grandes alterações na tradução durante o seu estudo na CT, pode o anteprojecto passar logo a projecto e a norma ser homologada com dispensa de inquérito público.

### Normalização Internacional

Entre as organizações internacionais de normalização, destacamos a: ISO - Organização Internacional de Normalização e a CEI - Comissão Eletrotécnica Internacional. A ISO, que iniciou as suas atividades em 1947 e agrupa hoje os organismos nacionais de normalização de 85 países, representa 95 por cento da produção industrial mundial.

A sua sede é em Genebra e as línguas oficiais são o inglês, o francês e o russo. A finalidade da ISO é promover a publicação de Normas Internacionais com o objetivo de facilitar o intercâmbio de bens e serviços e de estimular a cooperação mútua nos domínios intelectual, científico, técnico e económico.

Da sua estrutura fazem parte um Conselho, um Comité executivo EXCO, Comités criados pelo Conselho para estudo de assuntos específicos e os Comités Técnicos (TC). Além disso, dispõe de um Presidente, um Vice-Presidente, um Tesoureiro e um Secretário-Geral que coordenam e administram as atividades da ISO a diferentes níveis.

Cada país só pode ter um Comité-Membro da ISO, que é o seu organismo nacional de normalização. Os Comités-Membros têm direito a participar nos trabalhos técnicos da ISO e aí exercer o seu pleno direito de voto e podem ser eleitos membros do Conselho e participar na Assembleia Geral.

A CEI<sup>12</sup>, criada em 1906, é a instituição internacional de normalização na área da eletrotécnica e eletrónica e agrupa atualmente 43 países-membros, representando 80 por cento da produção e consumo mundiais da energia elétrica.

As suas finalidades são idênticas às da ISO, na sua área específica. A ISO e a CEI realizaram um acordo oficial, completando-se mutuamente, de modo a constituir um sistema que engloba o conjunto da normalização internacional.

Neste momento, está a proceder-se a uma reestruturação deste acordo para aproximar mais as duas organizações, ISO e CEI, mas já há bastante tempo que alguns guias da ISO são comuns à CEI.

#### 2.1.4. Normas Nacionais, Europeias e Internacionais - Para Termómetros Clínicos

As normas Nacionais e Europeias em vigor, para termómetros clínicos são: NP EN 12470-1/5:2009 e ISO 80601-2-56:2009. Estas encontram-se transitoriamente em vigor até 31 de Outubro de 2015, posteriormente serão substituída pela EN ISO 80601-2-56:2012 - Medical electrical equipment - Part 2-56: Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement (ISO 80601-2-56:2009) (80601-2-56:2012, 2012).

A norma NP EN 12470 - Termómetros clínicos - Desempenho dos termómetros auriculares de infravermelhos (com dispositivo em máximo) (12470-1/5:2009, 2009), surge da obrigatoriedade dos mem-

---

<sup>10</sup>Instituto Português da Qualidade

<sup>11</sup>Norma Europeia

<sup>12</sup>Comissão Eletrotécnica Internacional

bros do CEN<sup>13</sup> terem de submeter-se ao Regulamento Interno do CEN/CENELEC<sup>14</sup> que define as condições de adoção desta Norma Europeia, como Norma Nacional, sem qualquer modificação, tendo como objetivo apoiar requisitos essenciais das Diretivas Europeias.

É constituída por cinco partes:

- Parte 1: Metallic liquid-in-glass thermometers with maximum devices
- Parte 2: Phase change-type (dot matrix) thermometers
- Parte 3: Performance of compact electrical thermometers (non predictive and predictive) with maximum device.
- Parte 4: Performance of electrical thermometers for continuous measurement.
- Parte 5: Performance of infra-red ear thermometers (with maximum devices)

Aplica-se:

Aos dispositivos que medem a temperatura interna do corpo, fornecendo uma indicação da temperatura através da medição da radiação térmica de todo ou de parte do canal auditivo.

Especifica:

Os requisitos metrológicos e técnicos dos termómetros médicos auriculares.

A norma ISO 80601-2-56:2009 - Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement.

Appareils électromédicaux — Partie 2-56: Exigences particulières relatives à la sécurité fondamentale et aux performances essentielles des thermomètres médicaux pour mesurer la température de corps (80601-2-56:2009, 2009), é constituída também por cinco partes, tendo sido estudada em pormenor a, Part 2-56: Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement

- Part 2-12: Particular requirements for basic safety and essential performance of critical care ventilators
- Part 2-13: Particular requirements for basic safety and essential performance of an anaesthetic workstation
- Part 2-55: Particular requirements for the basic safety and essential performance of respiratory gas monitors
- Part 2-56: Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement
- Part 2-61: Particular requirements for the basic safety and essential performance of pulse oximeter equipment for medical use: IEC 80601-2-30: Particular requirements for basic safety and essential performance of automated non-invasive sphygmomanometers, IEC 80601-2-35: Particular requirements for basic safety and essential performance of blankets, pads and mattresses intended for heating in medical use, IEC 80601-2-58: Particular requirements for basic safety and essential performance of lens removal devices and vitrectomy devices for ophthalmic surgery, IEC 80601-2-59: Particular requirements for basic safety and essential performance of screening thermographs for human febrile temperature screening and IEC 80601-2-60: Particular requirements for basic safety and essential performance of dental equipment are published by IEC.

---

<sup>13</sup>Comité Européen de Normalização

<sup>14</sup>Comité Européen de Normalização Eletrotécnica

## 2. Enquadramento Teórico

---

Objetivo da ISO 80601-2-56:2009:

Estabelecer particulares de segurança básica e requisitos essenciais ao desempenho de um termómetro clínico.

A norma EN ISO 80601-2-56:2012 - Medical electrical equipment - Part 2-56: Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement (ISO 80601-2-56:2009) é constituída pela folha de rosto, foreword e o Anexo ZA, remetendo para a norma internacional equivalente ISO 80601-2-56:2009 que possui na íntegra o conteúdo, disponível à data apenas na versão Inglesa ou Francesa em formato PDF.

A tabela 2.1 permite-nos comparar as duas normas em vigor até a data, nós seus itens considerados relevantes na elaboração do procedimento de calibração de termómetros timpânicos.

Tabela 2.1.: NP EN 12470-1/5:2009 Vs ISO 80601-2-56:2009 / EN ISO 80601-2-56:2012

| <b>Parâmetros</b>                  | <b>EN 12470-1/5:2009</b>   | <b>EN ISO 80601-2-56:2009</b> |
|------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Intervalo temperatura mínima       | 35,5 °C                    | 35 °C                         |
| Intervalo temperatura máxima       | 42 °C                      | 42 °C                         |
| Erro máximo admissível             | ± 0,2 °C                   | ± 0,2 °C                      |
| Temperatura ambiente funcionamento | [+ 16 °C e os + 35 °C]     | [+ 16 °C e os + 35 °C]        |
| Humidade relativa funcionamento    | Até 85 % (sem condensação) | Até 85 % (sem condensação)    |
| Corpo Negro                        | Emissividade próxima de 1  | Emissividade próxima de 1     |
| Repetibilidade                     | Não superior ± 0,3 °C      | Não superior ± 0,3 °C         |

Podemos comprovar que existe uma grande similaridade entre ambas as normas. O que permitiu que ambas fossem consultadas ao longo da elaboração do procedimento de calibração de termómetros timpânicos.

## 2.2. Temperatura Humana

Temperatura, pulso, frequência respiratória, tensão arterial e dor são os cinco sinais vitais que indicam a capacidade do organismo para controlar a temperatura corporal, manter o fluxo sanguíneo e oxigenar os tecidos corporais, perante alterações ambientais, agentes de stress físico e psicológicos (Elkin, Perry, Potter, 2000) (OLIVEIRA, 2012).

Em média, consideram-se temperaturas normais: a oral de 37 °C, axilar de 36,4 °C e a retal de 37,6 °C. Segundo Porto & Viana, (2010, p. 81) as variações da temperatura encontram-se acima do normal sendo diferenciadas como mostra a tabela 2.2.

Tabela 2.2.: Variações da temperatura

| Diferenciadas  | T mínima        | T máxima |
|--|-----------------|----------|
| Febrícula (Febre ligeira e branda)                         | 36,9 °C         | 37,4 °C  |
| Estado febril  | 37,5 °C         | 37,9 °C  |
| Febre  | 38 °C           | 39 °C    |
| Pirexia (Elevação da temperatura cima dos limites normais) | 39,1 °C         | 40 °C    |
| Hiperpirexia (Febre alta)                                  | Acima dos 40 °C |          |

### Temperatura Corporal

A temperatura corporal divide-se em temperatura central e temperatura cutânea.

A temperatura central diz respeito a temperatura dos tecidos profundos do corpo e que permanece quase constante (variação diária de  $\pm 0,6$  °C), enquanto que a temperatura cutânea refere-se a temperatura superficial da pele que aumenta e diminui com relativa facilidade, em consonância com as variações da temperatura do meio ambiente.

A temperatura de equilíbrio ronda, nos seres humanos, os 37 °C, estando os limites normais situados entre os 36,1 °C e 37,2 °C.

Este equilíbrio térmico é mantido através do balanço entre a perda e a produção ou aquisição de calor (Guyton, 2002).

A avaliação da variação da temperatura corporal, nas diferentes partes do corpo, e a monitorização da mesma é bastante importante na prática clínica sendo, por vezes, a base de muitas decisões clínicas.

Verifica-se atualmente que, devido aos preços acessíveis dos termómetros digitais auriculares, exemplo da figura 2.1, algumas pessoas utilizam os mesmos, em detrimento do termómetro de vidro ou do termómetro digital axilar, nas medições que efetuam no domicílio podendo recorrer ao Serviço de Urgência por falsos valores de febre (falsos positivos) ou mesmo iniciar, no domicílio, terapêutica antipirética.

Um determinado valor de temperatura não faz um diagnóstico médico ou de enfermagem mas pode conduzir à realização de procedimentos mais invasivos e, algumas das vezes, até desnecessários.

Muitos estudos tem sido efetuados para determinar a validade das medições obtidas através de termómetros auriculares e, os defensores destes termómetros afirmam que, se forem utilizados de forma adequada e regularmente calibrados, a avaliação da temperatura corporal com este tipo de termómetros é eficaz, rápida, pouco invasiva e mais higiénica reduzindo o número de infeções cruzadas (Farnell, Maxwell, Tan, Rhodes, & Philips, 2005).

Outros autores defendem que os valores obtidos com os termómetros digitais auriculares podem não ser confiáveis e são imprecisos (Heusch & McCarthy, 2005) (BETTA V, 1997).

Tal como já foi referido, a faixa normal de valores da temperatura central vai de 36 °C a 37,2 °C; porém, em atividades físicas intensas, pode aumentar para 38 °C a 40 °C (Berne, Levy, 2005) (COSTA, 2012).

A variação da temperatura num adulto depende, fundamentalmente, da sua idade atividade física, hidratação e estado de saúde, incluído a presença de infeção.



Figura 2.1.: Exemplo de um termómetro digital auricular (BRAUN, 2014)

Considera-se que num ciclo de 24 horas, a temperatura corporal varia: sendo mais baixa entre a 1 e a 4 horas da manhã, subindo ao longo do dia, e atingindo o seu valor máximo por volta das 18 horas (Guyton, 2002).

Vantagens e desvantagens sobre os locais de medição da temperatura corporal.

Alguns autores elucidaram as vantagens e desvantagens sobre os locais de medidas de temperatura corporal utilizadas no atendimento de emergência pediátrico (BERNARDO LM, 1999a).

Apresenta-se de seguida a tabela 2.3, onde podemos verificar quais as vantagens e desvantagens sobre os locais de medidas da temperatura corporal.

Tabela 2.3.: Locais para medida da temperatura corporal

| Local              | Vantagem                   | Desvantagem                             |
|--------------------|----------------------------|---|
| Axilar             | Método não invasivo        | Não reflete a temperatura central       |
| Membrana timpânica | Rapidez, facilidade de uso | Técnica inadequada pode afetar a medida |
| Oral               | Facilidade de aplicação    | Dificuldade na utilização em crianças   |
| Retal              | Facilidade na introdução   | Desconforto físico e emocional          |

### Temperatura Central

O corpo humano, mais do que uma máquina térmica, é um sistema vivo que aquece e arrefece continuamente procurando manter um estado de saúde, isto é, equilíbrio eficaz por meio da transferência de calor e radiação. Neste processo de termorregulação, a pele é um órgão vital, pois faz a interface entre o meio interno e o ambiente. Assim como a temperatura central, a temperatura da superfície cutânea também é um parâmetro fisiológico importante que deve ser monitorizado.

A termorregulação permite o controlo da temperatura do corpo.

A função do sistema de termorregulação é manter a temperatura corporal interna relativamente constante à custa dos seus três componentes principais: os termorreceptores, o centro de regulação e os órgãos efectores, como mostra a figura 2.2.

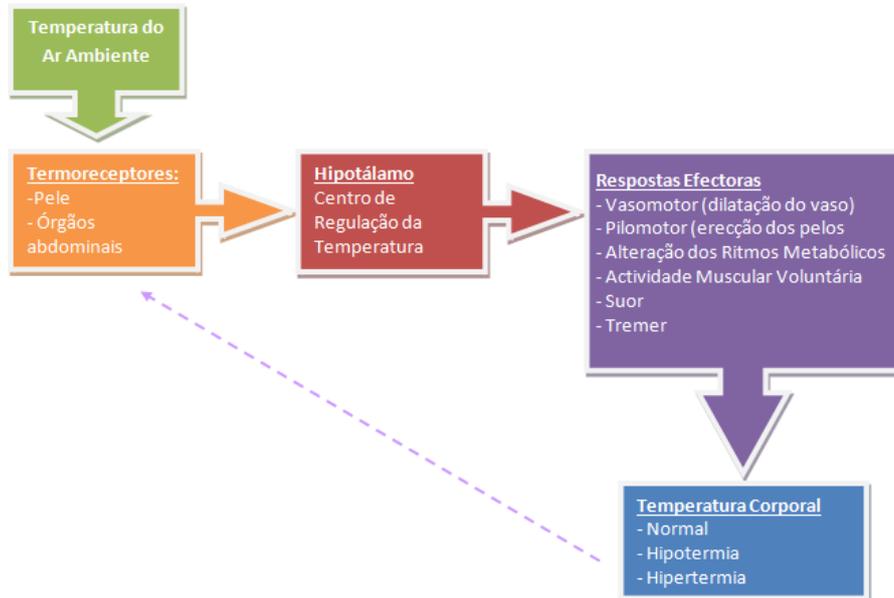


Figura 2.2.: Sistema de termorregulação (EMPTY, 2014)

Esta deve ser mantida constante dentro de uma variação térmica muito pequena mesmo em situações de grandes diferenças com o ambiente ou quando em atividade física. Para poder processar centenas de reações enzimáticas o corpo permite um rigoroso controle de temperatura (ANA LEDA BERTONCINI SIMÕES, 2007; 41(3):485-91).

No hipotálamo, mais precisamente na área pré-ótica, o cérebro recebe informações das vias aferentes da pele e órgãos referentes, tanto da perda quanto do relativo ganho de calor.

Quando estas sensações desviam-se além do ponto de equilíbrio em relação à temperatura corporal normal, criam-se gradientes. À medida que este gradiente aumenta o hipotálamo envia prontamente sinais para os centros eferentes de controle que inicia uma resposta de aquecimento ou arrefecimento para corrigir estes desvios, mantendo assim o calor corporal.

Quando o hipotálamo deteta perda de calor, a primeira resposta neurovegetativa é vasoconstricção. Os vasos sanguíneos cutâneos contraem-se e direcionam o sangue dos capilares, diminuindo a perda de calor pela superfície do corpo. A vasoconstricção tem o benefício em conservar o calor sem gastar energia. Isto também assegura que o fluxo sanguíneo para os órgãos principais, como cérebro, coração e pulmões, aumente. Se o corpo fica muito quente, o mecanismo compensatório é oposto ao que ocorre no frio.

Primeiramente os vasos dilatam-se, aumentando o fluxo e conseqüentemente a perfusão sanguínea para a pele, promovendo assim uma perda de calor por radiação. O corpo humano mantém uma temperatura central dentro de uma faixa de variação muito pequena. A temperatura normal nos seres humanos é de 37 °C. Esta estabilidade e as variações na temperatura central são respostas homeostáticas que têm sido bem documentadas há décadas. A temperatura central, bem como da cabeça, devem ser mantidas constantes para assegurar o funcionamento normal dos órgãos internos e cérebro.

Já os braços e pernas exibem uma grande variação de temperatura. A simetria axial da distribuição da temperatura na superfície cutânea tem uma razão anatómica, enquanto que a diminuição da temperatura radial representa o fluxo de energia, da sua fonte pela superfície corporal, para o ambiente.

A febre e infeções podem aumentar a produção de calor, ao contrário diversas doenças endócrinas, isto é, podem diminuir como por exemplo, o hipotireoidismo, hipopituitarismo e o hipoadrenalismo (COSTA, 2012). A desnutrição, a hipoglicemia e cetoacidose diabética também estão associadas com hipotermia. Lesões do sistema nervoso central, principalmente por traumatismo, podem causar disfunção do sistema termorregulatório, também os choques hipovolêmicos, cardiogênico e hipóxico. A anorexia nervosa igualmente pode influenciar na resposta hipotalâmica no controle da temperatura.

### Temperatura Cutânea

Não é apenas a temperatura central importante para o diagnóstico de doenças, mas também a medida da temperatura cutânea e a sua distribuição.

A medida da temperatura local cutânea resultante da redistribuição circulatória de calor é influenciada pela atividade vasomotora.

A fisiologia e anatomia do suprimento vascular da pele criam um padrão da distribuição de temperatura típico, que deve apresentar-se dentro de certo limite característico considerado como saudável.

Quando o ser humano apresenta desvio deste padrão ideal, tal irregularidade pode ter como substrato uma doença. Por exemplo, a otite média em recém-nascidos geralmente apresenta-se como uma queixa unilateral. Enquanto a cabeça e face produzem um padrão aumentado de temperatura local e hiperemia no rosto o outro lado permanece normal.

A termorregulação do corpo humano é controlada pelo sistema nervoso neurovegetativo. Esta rede neural é um circuito que pode simplificarmente ser descrito da seguinte forma: a informação obtida na pele pelos nervos aferentes (sensitivos) vai à medula espinhal, em seguida aos órgãos e (dependendo do estado de saúde do órgão) esta informação é retransmitida para a medula e novamente aos nervos eferentes conectados a pele.

Os impulsos gerados por órgãos, glândulas e tecidos (músculos, tendões, articulações, ossos) podem provocar alterações funcionais cutâneas, relacionadas à temperatura, sudorese e sensibilidade. Consequentemente, tanto doenças viscerais quanto somáticas podem influenciar o metabolismo, temperatura e outras propriedades da pele por meio deste arco reflexo assim como lesões e disfunções deste circuito nervoso ou na circulação sanguínea. Todos estes fenómenos neuro-vasculares são a base fisiológica para a interpretação da imagem por Termografia Infravermelha.

Além disso, em 1994, Anbar descreveu uma importante cascata bioquímica e imunológica, na qual pequenos tumores eram capazes de produzir notáveis alterações de temperatura cutânea (BERNARDO LM, 1999a).

Podemos resumir que, a manutenção da temperatura central do organismo é feita através de mecanismos homeostáticos eficientes que visam manter as reações químicas orgânicas dentro de padrão compatível com a normalidade. Ainda que a temperatura do ambiente externo varie a temperatura corporal será mantida praticamente constante.

Ao contrário da temperatura central, a temperatura cutânea variará conforme a temperatura ambiente.

### Temperatura Timpânica

A temperatura timpânica é considerada o reflexo da temperatura central devido à proximidade que o canal do ouvido (em particular o tímpano), figura 2.3, tem com o hipotálamo.

O hipotálamo, como já observado na figura 1.1 é uma região do encéfalo dos mamíferos (tamanho aproximado ao de uma amêndoa) localizado sob o tálamo, formando uma importante área na região central do diencéfalo, tendo como função regular determinados processos metabólicos e outras atividades autónomas. O hipotálamo liga o sistema nervoso ao sistema endócrino (GISELE DORIGAN, Junho 2014).

Apesar de relativamente pequeno, é uma região encefálica importante na homeostase corporal, isto é, no ajustamento do organismo às variações externas. Por exemplo, é o hipotálamo que controla a tem-

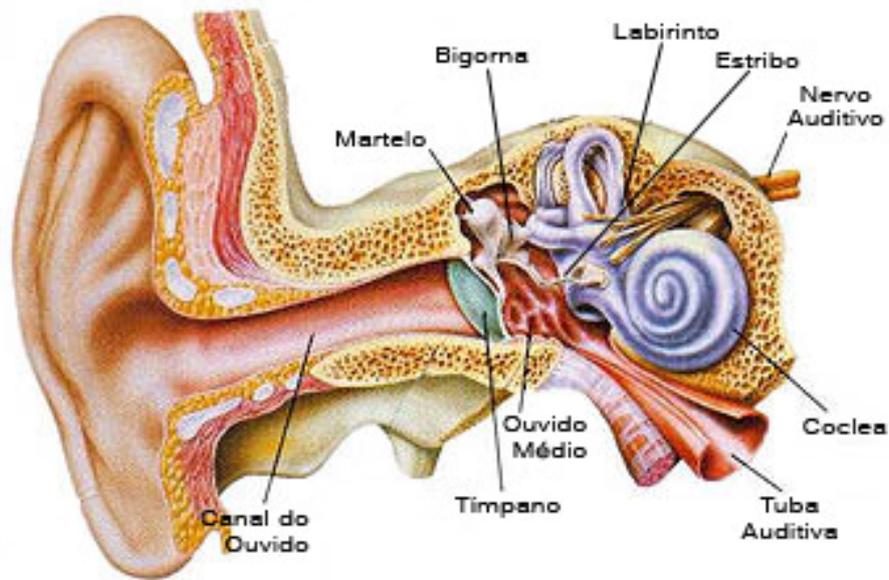


Figura 2.3.: Corte verticotransversal do canal auditivo (EMPTY)

peratura corporal, o apetite e o balanço de água no corpo, além de ser o principal centro da expressão emocional e do comportamento sexual.

Uma das funções principais do hipotálamo é, a regulação da temperatura corporal; o hipotálamo anterior é sensível ao aumento da temperatura (vai desencadear processos para reverter o aumento da temperatura) e o hipotálamo posterior é sensível às descidas de temperatura, sendo este último ainda responsável pela integração de toda a informação relativa à temperatura corporal.

Perante alguns estudos existem discrepâncias entre a temperatura medida no pavilhão auricular esquerdo e no pavilhão auricular direito de mais de 1 °C; e da verificação de casos em que os termômetros auriculares indicaram temperaturas falsamente elevadas e conduziram à adoção de medidas de diagnóstico e terapêutica desnecessárias, representando custos acrescidos para as instituições, e, por último, situações em que a temperatura auricular era falsamente baixa, em relação à temperatura axilar, conduzindo, desta forma, a atrasos no diagnóstico e tratamento (BERNARDO LM, 1999b).

### 2.2.1. Fisiologia da Termorregulação

Os raios Infravermelhos, que são, invisíveis a olho nu, indicam o grau de agitação molecular. Quanto menor o comprimento de onda, maior sua energia.

No interior das células, encontram-se varias estruturas celulares. As mitocôndrias são um exemplo dessas estruturas, estas são chamadas de “centrais elétricas” da célula, sem elas as células seriam incapazes de extrair quantidades significativas de energia dos nutrientes e por consequência, praticamente todas as funções celulares interromperiam-se. As mitocôndrias variam de tamanho, forma e encontram-se no citoplasma num número muito variável, dependendo da quantidade de energia que a célula requer. A cavidade interna da mitocôndria contém uma grande quantidade de enzimas dissolvidas, necessárias para a extração de energia dos nutrientes. Estas enzimas atuam em conjunto com enzimas oxidativas para produzir a oxidação dos nutrientes, produzindo CO<sub>2</sub><sup>15</sup> e água, ao mesmo tempo que libertam energia.

<sup>15</sup>Dióxido de Carbono

O calor produzido pelas reações químicas ao nível mitocondrial, onde os músculos são responsáveis por 30% deste e o restante pelos demais órgãos, é transferido para o sistema arterial mantendo uma temperatura central regular do corpo em  $36,6 \pm 0,7$  °C, determinando assim o metabolismo basal<sup>16</sup>.

A energia liberada é utilizada para sintetizar o trifosfato de adenosina (ATP), substância altamente energética. O ATP é posteriormente transportado para fora da mitocôndria e difunde-se pela célula para libertar a energia necessária, para efetuar as funções celulares (GUYTON; HALL, 2001).

A temperatura dos tecidos profundos do corpo (temperatura central) permanece quase constante com uma margem de  $\pm 0,7$  °C, salvo quando há uma doença febril. Perante ar seco, se uma pessoa saudável for exposta nua a 13 °C ou a 54 °C, a temperatura central manterá-se praticamente constante por um longo período de tempo devido aos mecanismos que controlam a temperatura corporal e constituem um excelente sistema regulador. Por outro lado, a temperatura cutânea varia com a temperatura do meio ambiente, dado a pele perde calor com o meio ambiente através de convecção (correntes de ar), condução (atmosfera e objetos), evaporação e radiação (GUYTON; HALL, 2001). A temperatura de pele varia também com fatores fisiológicos tais como digestão, ciclo menstrual e gravidez (QUEK; IRAWAN; NG, 2010).

O modo principal pelo qual o sistema termorregulatório mantém a temperatura estável do corpo é por meio do sistema neuro-vegetativo da pele. Ou seja, este controla o fluxo sanguíneo da micro-circulação cutânea e modifica-se a medida que ocorre estímulos externos (mudanças no clima), internos (infecção) ou na presença de disfunções neuro-vegetativas, vasculares ou inflamatórias. Isto ocasiona um aumento ou uma diminuição do fluxo sanguíneo local, regional, num determinado território corporal (BRIOSCHI; MACEDO, J.F.; MACEDO, R.A.C., 2003, BRIOSCHI, 2007; BRIOSCHI et al., 2007a, BRIOSCHI et al., 2007b).

As mudanças de temperatura correspondem a alterações na circulação da camada dérmica e não muito abaixo dela, com profundidade geralmente até 6 milímetros (DRAPER; BOAG, 1971; GOTTLÖB et al., 1975).

Porém, podem avaliar-se estruturas mais profundas, provocados por reflexos neuro-vegetativos, por exemplo, na dor devido disfunção miofascial do piriforme (BENELIYAHU, 1992) ou pancreatite (BRIOSCHI et al., 2006).

- Pele como Órgão Dinâmico

A manutenção da temperatura corporal no corpo humano é um fenómeno complexo.

O homem é homeotérmico e produz calor que deve ser perdido para o meio ambiente. A interface entre a produção de calor, e o ambiente é a pele.

Este órgão dinâmico é constantemente ajustado para equilibrar as condições externas e internas compensando processos fisiológicos do corpo.

AS fibras motoras controlam a microcirculação cutânea por meio de vasoconstrição ou vasodilatação, causando menor ou maior irrigação da pele. Este fenómeno de controle da transferência de calor através da pele é definido como termorregulação e é dependente do controle do sistema nervoso autónomo.

A pele é o maior órgão do corpo humano com cerca de  $1,8 \text{ m}^2$  de superfície e uma espessura que varia de 0,5 mm nas pálpebras, a mais de 4 mm na face plantar e palmar. É um órgão complexo, onde a cada  $1 \text{ cm}^2$  há  $3,2 \text{ m}^2$  de vasos sanguíneos (1:3.200) que auxiliam na regulação da temperatura corporal juntamente com as glândulas sudoríparas. Um aumento de 1 °C na superfície corporal corresponde a um aumento de  $12 \text{ a } 50 \text{ ml } (100 \text{ g})^{-1} \text{ min}^{-1}$  de fluxo sanguíneo (JASZCZAK, 1988).

- Diferencial Térmico

A temperatura cutânea varia em função do tempo até atingir um equilíbrio térmico após no mínimo 15 min de exposição em ambiente controlado (SUN; JAO; CHENG, 2005).

O corpo humano sem doenças tem semelhança entre a parte direita-esquerda, tanto da média de temperatura quanto da distribuição da temperatura (mapa térmico). O controlo central da temperatura cutânea afeta ambos os lados do corpo de forma uniforme e simultaneamente, resultando em padrões térmicos quase simétricos após estabilização em ambiente com temperatura estável.

---

<sup>16</sup>Quantidade de energia despendida em estado pós-alimentação/digestão, e na ausência de atividade física ou mental ativa

Estudos efetuados das temperaturas facial, do tronco e das extremidades em indivíduos normais, a temperatura cutânea em 32 segmentos nos lados direito e esquerdo do corpo foram simétricas.

A diferença média de temperatura foi apenas  $0.024 \pm 0,073$  °C (UEMATSU, 1985a). Este é um dos critérios diagnósticos para anormalidade quando modificado (UETMATSU, 1985, ZHANG; KIM, CHO, 1999).

No tronco o diferencial térmico é de  $0,17 \pm 0,042$  °C, nas extremidades  $0,20 \pm 0,073$  °C e dedos das mãos e pés  $0,45 \pm 0,129$  °C. Esta diferença permanece constante no indivíduo sem anormalidades, como verificado após 5 anos de seguimento por Uetmatsu et al. (1988).

Estudos sugerem que temperaturas acima de 0,5 °C são indicativas de algum tipo de disfunção dolorosa (SAIDMAN, 1948; STARY, 1956; UEMATSU et al., 1985b; UEMATSU et al., 1988). Alterações acima de 1 °C invariavelmente são indicativas de anormalidades, segundo levantamento de 1.000 soldados por Dibenedetto et al. (2002). Num paciente com lesão de nervo periférico, a diferença térmica média é de  $1,63 \pm 0,002$  °C com o lado correspondente normal, cerca de 10 vezes o valor normal de controle. Na experiência de Zhang, Kim e Cho (1999) um diferencial térmico maior que 1 °C esteve correlacionado como um dos fatores indicativos de cirurgia em pacientes com compressão radicular por hérnia discal.

### 2.2.2. Medição da Temperatura Corporal

Para proceder à medição da temperatura corporal o instrumento padrão utilizado é o termómetro (Light, 2003).

A invenção do primeiro termómetro é atribuída ao Físico Italiano Galileu Galilei (1564-1642).

O equipamento consistia de um recipiente aberto contendo água colorida e sobre a qual se inseria a extremidade de um tubo fino de vidro suspenso, tendo na extremidade superior uma esfera oca (Light, 2003).

Mas o verdadeiro “Termómetro” foi inventado pelo médico Sanctorius Sanctorius, que, cerca de 1612, desenvolveu um termómetro de ar equipado com uma escala para leitura da temperatura (Light, 2003).

Por volta de 1714, Daniel Gabriel Fahrenheit (1686 – 1736), um fabricante holandês de instrumentos de precisão, fabricou um termómetro de líquido em vidro, com mercúrio cuja repetibilidade era a principal qualidade. De considerar ainda que o mercúrio não adere ao vidro, permanece líquido entre uma vasta gama de temperaturas e a sua aparência prateada torna fácil a leitura (Light, 2003).

Assim, classicamente eram utilizados termómetros de mercúrio, que foram, atualmente, substituídos por termómetros de gálio e termómetros digitais para uso axilar, retal, bucal e timpânico, entre outros, devido a preocupações ambientais relativamente aos efeitos tóxicos do mercúrio e outros metais pesados, e devido à grande ocorrência de infeções cruzadas, quando os termómetros não são corretamente desinfetados entre utilizações (Elkin, Perry, Potter, 2000).

Os termómetros digitais são constituídos, genericamente, por uma bateria recarregável e um reservatório processador de temperatura coberto por uma película descartável (no caso dos termómetros digitais para monitorização da temperatura timpânica) (Elkin, Perry, Potter, 2000).

Existem, ainda, os termómetros de uso único descartáveis que são tiras finas de plástico com papel impregnado em químico. A temperatura altera a cor do papel de modo a refletir a temperatura da pele, demorando, em média, 45 segundos.

Os processos de leitura da temperatura assentam, essencialmente, em três sistemas: físico, elétrico e ótico.

#### Sistema Físico

O calor faz com que os corpos dilatam-se e contraíam-se.

Aproveitando o efeito dessa dilatação ou contração, que corresponde a uma força ou movimento, podemos medir a temperatura. Seja a dilatação do comprimento de uma barra metálica, seja o aumento de volume de um líquido dentro de um recipiente, verificam-se os vários tipos de impulso de temperatura.

### Sistema Elétrico

O termopar é, talvez, o mais usado de todo o tipo de termómetros para impulsos de temperatura, especialmente quando se trata de altas temperaturas (a faixa mais comum é de 200 a 1 000 °C) e quando se requer uma resposta rápida.

Baseia-se no princípio descoberto por Seebeck de que qualquer diferença de temperatura entre as junções de dois metais diferentes gera uma diferença de potencial, isto é, força eletromotriz entre essas junções.

Esse efeito termoelétrico foi estudado, depois, por Peltier e Thomson. Descobriram que o potencial é determinado pelos três fatores: o potencial é proporcional à diferença de temperatura entre as junções; o potencial depende da combinação de metais diferentes e, o potencial depende da homogeneidade do material.

Uma grande vantagem do termopar é que o diâmetro e o comprimento do fio não influem no potencial gerado.

Utilizando-se este princípio construiu-se o termopar, que é constituído por dois metais diferentes nas suas extremidades.

Estando uma dessas extremidades em contacto com a fonte de calor e a outra no meio ambiente, haverá uma diferença de temperatura entre as junções e, conseqüentemente, uma diferença potencial, isto é, tensão em mV.

Essa pequena tensão formada pela diferença de temperatura é indicada diretamente num milivoltímetro convenientemente calibrado em escala de temperatura, ou ampliada eletronicamente e depois utilizada para acionar um mecanismo de registo.

### Sistema Óticos

De entre os sistemas óticos, o Pirómetro de cor é, hoje em dia, muito utilizado, é um tipo de termómetro.

Um termómetro Infravermelho, é também denominado de pirómetro ótico.

Com o pirómetro de cor, determina-se a temperatura pela relação entre as densidades de radiação de duas faixas espectrais. É um equipamento que mede irradiação térmica da superfície de um objeto e informa qual a temperatura.

Através de um filtro, a radiação de um objeto de medição é desdobrada em duas partes iguais, com diferentes comprimentos de onda, sendo cada parte medida com um foto-elemento. A relação entre tensões de cada foto-elemento é a base para a determinação da temperatura.

Com outro tipo de pirómetros de cor, são comparadas as extremidades de radiação de duas partes de radiação monocromática, por exemplo, verde e vermelho. Resultados úteis somente serão obtidos através de um observador de cores com grande experiência.

A medição de temperaturas com pirómetros de cor é independente da emissividade do corpo a ser medido, desde que a mesma seja igual para os dois comprimentos de onda.

### Funcionamento do Termómetro Timpânico

O princípio de funcionamento do termómetro timpânico [2.4 \(EMPTY\)](#), baseia-se na medida da quantidade de energia Infravermelha emitida pela membrana timpânica e de tecidos vizinhos, que converte o fluxo de calor em corrente elétrica. A corrente irá sofrer uma conversão analógico-digital, demonstrando no visor o valor da temperatura corporal verificada ([BETTA V, 1997](#)).

Qualquer termómetro digital timpânico usam um raio Infravermelho para medir a Temperatura no interior do canal auditivo.

Estes termómetros, também denominados por termómetros por contacto, possuem uma ponta com um sensor (Elkin, Perry, Potter, 2000).

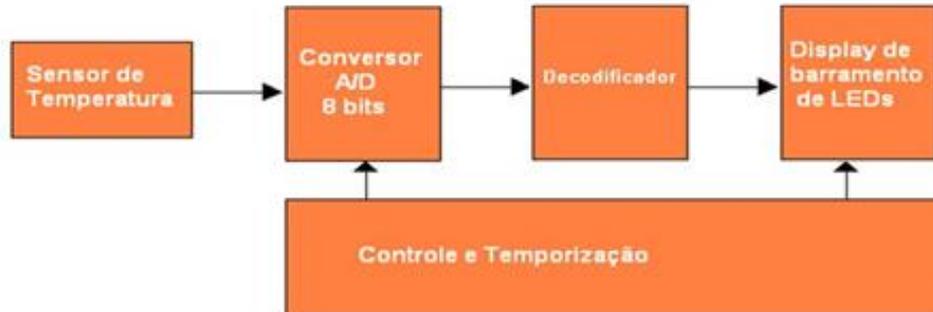


Figura 2.4.: Diagrama de blocos genérico de um termómetro timpânico

### 2.3. Temperatura - Conceitos Físicos

No Sistema Internacional de Unidades, SI, a unidade básica de temperatura é o grau Kelvin (K). O grau Kelvin é formalmente definido como sendo  $(1/273,16)$  da temperatura do ponto triplo da água, isto é, a temperatura na qual a água pode estar, em equilíbrio, nos estados sólido, líquido e gasoso. A temperatura de 0 K é chamada de zero absoluto, correspondendo ao ponto no qual moléculas e átomos têm o mínimo de energia térmica. Nas aplicações correntes do dia-a-dia usa-se a escala Celsius, na qual o 0 °C é a temperatura de congelamento da água e o 100 °C é a temperatura de ebulição da água à pressão atmosférica ao nível do mar. Em ambas as escalas a diferença de temperatura é a mesma, isto é, a diferença de temperatura de 1 K é igual à diferença de temperatura de 1 °C, a referência é que muda. A escala Kelvin foi formalizada em 1954 (EMPTY, 2014).

A temperatura é uma grandeza macroscópica intensiva, isto é, uma grandeza que, num sistema em equilíbrio, tem o mesmo valor em todo o sistema e em toda a parte (não demasiado pequena) desse mesmo sistema.

Reunindo dois corpos idênticos, obtém-se um novo corpo cuja massa, volume e grandezas extensivas duplicaram, mas cuja temperatura, pressão e grandezas intensivas são as mesmas.

A temperatura não é, uma grandeza mensurável no sentido estrito do termo, pois pode-se definir a igualdade de duas temperaturas, não se pode definir a sua soma.

Assim, para "a medir", torna-se necessário ter um corpo, a que chamamos termómetro, em equilíbrio térmico com o sistema, com uma dependência da temperatura conhecida - propriedade Termométrica - e convenientemente escolhida e fixar valores numéricos de modo a criar uma escala de temperaturas.

Em meados do século passado, Lord Kelvin propôs uma escala baseada no segundo princípio da Termodinâmica (ciclo reversível de Carnot), teórica e independente de qualquer propriedade Termométrica.

Chama-se a escala de temperatura Termodinâmica de Kelvin (ETTK) e no ponto triplo (figura 2.5), a temperatura da água é exatamente 273,16 kelvin (0,01 °C) e a pressão é 611,73 pascal (cerca de 0,006 bar). Deste ponto, é possível obter a substância em gelo, líquido ou vapor fazendo pequenas mudanças na temperatura e pressão.

A utilização de um termómetro assenta em dois factos experimentais:

- Quando dois sistemas isolados do seu ambiente são postos em contacto, eles atingem, ao fim de um certo tempo, um estado de equilíbrio térmico, onde já não há mais transferência de calor de um para o outro (neste estado de equilíbrio, as duas temperaturas são iguais);

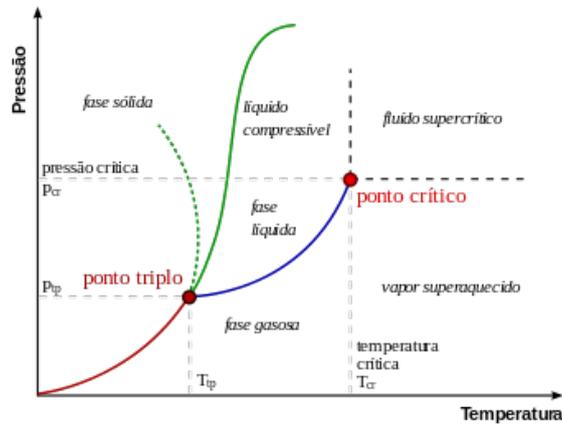


Figura 2.5.: Temperatura Termodinâmica do ponto triplo da água (EMPTY, 2014)

- Quando dois sistemas estão em equilíbrio térmico com um terceiro, eles estão em equilíbrio térmico entre eles e as suas temperaturas são iguais.

Os termómetros, são instrumentos construídos a partir de um princípio físico (dilatação ou contração de líquidos ou sólidos, variação das propriedades elétricas dos condutores, etc.), função da temperatura, o qual, embora não seja termodinâmico, é reprodutível e unívoco.

#### Energia Irradiada por um Corpo

A radiação térmica diz respeito a energia emitida por um dado material, dada a sua temperatura diferente de zero. A radiação térmica está relacionada com a energia libertada devido às oscilações ou transições dos eletrões que constituem os átomos, iões ou moléculas mantidos pela energia interna do material.

Podemos comparar o brilho do corpo humano como uma fonte de luz com intensidade cerca de 120 W, porém invisível.

A quantidade de calor transferido por radiação, por unidade de área de superfície de um corpo negro, na unidade de tempo (radiação do corpo negro), é diretamente proporcional à quarta potência da sua temperatura.

Este fato permite que se possam fazer medições de temperatura a partir de medições da energia emitida.

Para melhor compreensão, os valores de energia estão correlacionados à temperatura pela lei de Stephan-Boltzmann 2.1:

$$w = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (2.1)$$

onde,  $w$  é o fluxo de energia radiante emitido por uma superfície de área,  $W/cm^2$ ;  $\epsilon$  a emissividade, 0,978;  $\sigma$  constante de Stephan-Boltzmann,  $5,673 \times 10^{-12} \text{ W K cm}^{-2}$ , e  $T$ , a temperatura absoluta cutânea, K.

A radiância da pele humana é uma função exponencial da temperatura da superfície que, por sua vez é influenciada pelo grau de perfusão de sangue na pele (SCHAEFER; ZAVISEK; NAKASHIMA, 2009).

A imagem térmica (exemplo da figura 2.6), é adequada para detetar mudanças na perfusão do sangue que pode ocorrer devido a inflamação, angiogênese ou outra causa de alteração de perfusão cutânea. Distribuições de Temperatura assimétricas assim como a presença de áreas frias ou aquecidas são fortes indicadores de disfunções (JEMATSU, 1985a) (BRIOSCHI, 2011).

A energia irradiada por um corpo depende, da emissividade de uma superfície. Utilizando-se da lei de Planck, o corpo humano tem emissividade Infravermelha extremamente alta, maior que 97,8 %, atingindo seu máximo comprimento de onda entre 9 a 10  $\mu\text{m}$ , isto é, Infravermelho longo (ARCHER; ROBERTS; WATKINS, 1984; GROS, 1971).

A medição da radiação Infravermelha emitida pela pele pode ser convertida diretamente em valores de temperatura muito precisos, independentemente da cor da pele.

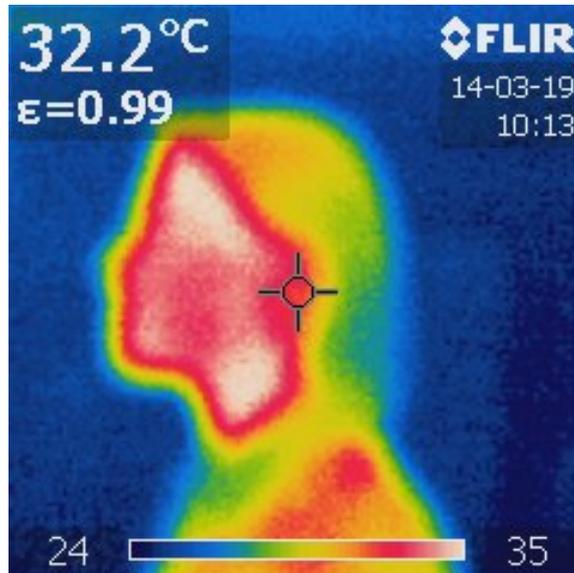


Figura 2.6.: Termografia Infravermelha recolhida com uma câmara Termográfica, disponibilizada pelo departamento de Física do ISEP

Por esta razão é condição básica que os sensores de uso médico sejam específicos para trabalhar nesta faixa do espectro eletromagnético.

#### Emissividade

Um objeto tem a capacidade de radiar ou emitir energia Infravermelha em comparação com um corpo negro à mesma temperatura e comprimento de onda, definindo-se assim a emissividade (EMPTY, 2010).

A emissividade é uma medida da eficiência da radiação e absorção superficial. Assim, a caracterização de superfícies como a pele humana com aparatos óticos na faixa do infravermelho é altamente influenciada por sua emissividade.

O corpo negro é um conceito teórico, não existindo na vida real, encontraremos sempre valores de emissividade inferiores a 1.

Temperaturas da pele podem modificar ou podem ser registadas de forma incorreta quando termómetros sem contacto ou câmaras de Infravermelho são usados com considerações erradas da emissividade da pele (VILLASENOR-MORA; SANCHEZ-MARIN; GARAY-SEVILLA, 2008).

A emissividade da pele humana depende de vários parâmetros tais como temperatura, humidade, gordura, contaminação e rugosidade, especialmente na faixa espectral considerada para a medida.

Vários autores determinaram a emissividade da pele humana saudável. Há métodos diretos e indiretos para efetuar tais medidas. O método direto mais comum é o que usa a razão da energia emitida pelo corpo em estudo e a energia emitida por um corpo negro à mesma Temperatura. Apesar da simplicidade do método, a maior inconveniência é determinar a diferença entre um corpo negro e um corpo negro ideal (VILLASENOR-MORA; SANCHEZ-MARIN; GARAY-SEVILLA, 2008).

Os métodos indiretos para medir a emissividade não utilizam o corpo negro, mas aplicam a lei de Kirchoff. Nestes métodos uma dada energia é projetada numa superfície e, considerando as energias transmitida, refletida e absorvida, a emissividade pode ser calculada através de prévio conhecimento da transmissibilidade, refletividade e absorvidade da superfície (SHU-FEI TSAI, 2006).

Steketee (1973) reportou uma emissividade da pele de  $0,98 \pm 0,01$  na faixa de  $3 \mu\text{m}$  a  $14 \mu\text{m}$  e concluiu que a pigmentação cutânea não afeta este valor. Togawa (1989) reportou a emissividade da pele da mão como sendo de  $0,972 \pm 0,004$  para a faixa de  $8 \mu\text{m}$  a  $14 \mu\text{m}$ . Villasenor-Mora, Sanchez-Marin, Garay-Sevilla (2008) concluíram nos seus estudo que a emissividade da pele saudável medida pelo método indireto de feixe de laser de  $\text{CO}_2$ <sup>17</sup> é de  $0,976 \pm 0,006$  enquanto que a emissividade da pele medida pelo método direto usando um corpo negro teórico é de  $0,978 \pm 0,008$ , valores muito semelhantes.

Os desvios padrões de  $0,008$  e  $0,006$  indicam que a variabilidade devido a propriedades individuais da pele é mínima a  $10,6 \mu\text{m}$ . Segundo vários autores (STEKETEE, 1973; TOGAWA, 1989) a emissividade da pele saudável na faixa de  $8 \mu\text{m}$  a  $14 \mu\text{m}$  é praticamente constante.

---

<sup>17</sup>Dióxido de Carbono

### 3. Material e Métodos

Atualmente, os termómetros digitais são amplamente utilizados, em contexto hospitalar, centros de saúde e domicílio, para proceder à monitorização da temperatura corporal.

Os termómetros digitais mais comuns são: os termómetros digitais auriculares/timpânicos 3.1 (COVIDIEN, 2014) e os termómetros digitais para uso oral, axilar e/ou rectal.



Figura 3.1.: Termómetro digital auricular/timpânico (COVIDIEN, 2014)

Do estudo de campo realizado, conclui-se que o método mais utilizado na medição da temperatura corporal, na prática hospitalar, e em particular no CHSJ<sup>1</sup>, HSA<sup>2</sup> e HSM<sup>3</sup>, é através da medição da temperatura timpânica.

Nestes hospitais a avaliação da temperatura timpânica, é realizada utilizando os termómetros timpânicos da marca COVIDIEN, modelo GENIUS<sup>TM</sup> 2 (COVIDIEN, 2014). Este tipo de termómetro para ser preciso e fiável, deve seguir um determinado procedimento, ver apêndice A.

Após reunião com o representante da marca detentora do mercado mundial (COVIDIEN), confirmou-se que a temperatura corporal é medida recorrendo-se aos termómetros digitais auriculares/timpânicos.

Hospitais como por exemplo, CHSJ<sup>4</sup> e HSA<sup>5</sup>, utilizam maioritariamente termómetros digitais auriculares timpânicos, ver tabela 3.1.

Já o método mais utilizado para a determinação da temperatura corporal, na prática domiciliária e em centros de saúde, em particular na ACES<sup>6</sup> é através da avaliação da temperatura axilar, ver tabela 3.2.

O termómetro para avaliação da temperatura axilar, deve ser colocado na axila e o braço deve ser mantido firmemente apertado contra o tórax, durante quatro minutos ou até soar o aviso sonoro (Elkin, Perry, Potter, 2000).

---

<sup>1</sup>Centro Hospitalar São João

<sup>2</sup>Hospital Santo António

<sup>3</sup>Hospital Santa Maria

<sup>4</sup>Centro Hospitalar São João

<sup>5</sup>Hospital Geral Stº António

<sup>6</sup>Agrupamento de Centros de Saúde - Norte

Tabela 3.1.: Termómetros Digitais Timpânicos em Serviço nos Principais Hospitais da cidade do Porto.

| <b>Nº termómetros Timpânicos</b> | <b>2014</b> |
|----------------------------------|-------------|
| Hospital São João                | 295         |
| Hostipal Geral Stº António       | ±150        |

Tabela 3.2.: Termómetros digitais axilares distribuídos aos ACES - Norte

| <b>Nº termómetros distribuídos por ACES</b> | <b>2011</b> | <b>2012</b> | <b>2013</b> |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Trás-os-Montes - Alto Tâmega e Barroso      | 57          | 50          | 34          |
| Trás-os-Montes - Nordeste                   | 125         | 43          | 0           |
| Douro I - Marão e Douro Norte               | 70          | 64          | 66          |
| Douro II - Douro Sul                        | 39          | 45          | 57          |
| DICAD                                       | 0           | 0           | 33          |
| Entre Douro e Vouga I - Feira / Arouca      | 0           | 7           | 6           |
| Entre Douro e Vouga II - Aveiro Norte       | 8           | 10          | 5           |
| Porto I - Santo Tirso / Trofa               | 0           | 0           | 5           |
| Porto II - Gondomar                         | 16          | 85          | 34          |
| Porto III - Maia/Valongo                    | 77          | 28          | 34          |
| Porto VIII - Espinho / Gaia                 | 40          | 8           | 41          |
| Porto IV - Póvoa do Varzim / Vila do Conde  | 6           | 15          | 31          |
| Porto V - Porto Ocidental                   | 60          | 29          | 46          |
| Porto VI - Porto Ocidental                  | 19          | 8           | 35          |
| Porto VII - Gaia                            | 42          | 68          | 30          |
| Tâmega I - Baixo Tâmega                     | 0           | 8           | 104         |
| Tâmega II - Vale do Sousa Sul               | 36          | 12          | 0           |
| Tâmega III - Vale do Sousa Norte            | 20          | 1           | 1           |
| Cávado I - Braga                            | 0           | 0           | 0           |
| Cávado II - Gerês / Cabreira                | 0           | 8           | 87          |
| Cávado III - Barcelos / Esposende           | 0           | 0           | 0           |
| Ave - Famalicão                             | 0           | 0           | 0           |
| Alto Ave - Guimarães/Vizela/Terras de Basto | 14          | 7           | 8           |
| <b>TOTAL</b>                                | <b>629</b>  | <b>526</b>  | <b>657</b>  |

A monitorização da temperatura timpânica tem a vantagem da comodidade e rapidez, mas requer um Termómetro próprio.

O valor desta temperatura é sempre mais elevado do que a temperatura axilar, pois trata-se de uma temperatura central e curiosamente, segundo alguns estudos verifica-se uma grande variação, inclusive entre as medidas dos dois pavilhões auriculares.

Tal como a temperatura axilar, a temperatura timpânica, é sensível à febre, hipertermia e hipotermia (Elkin, Perry, e Potter, 2000).

### 3.1. Desenho do Estudo

O trabalho caracterizou-se como um estudo de campo que possibilitou a realização de um procedimento para calibração de termómetros Timpânicos.

Uma colaboração direta com laboratório de Metrologia do CHSJ<sup>7</sup> permitiu a recolha dos dados em vários momentos ao longo da minha tese, mas mesmas condições laboratoriais.

A unidade de análise do estudo é o termómetro timpânico, modelo GENIUS<sup>TM</sup> 2 (COVIDIEN, 2014).

A amostra é constituída por 5 termómetros Timpânicos(GENIUS<sup>TM</sup> 2), dos diferentes serviços do CHSJ.

Os serviços foram selecionados completamente ao acaso dos 43 serviços existentes CHSLJ. Desses serviços foi selecionado um termómetro timpânicos GENIUS<sup>TM</sup> 2, de entre os vários em serviço.

Relativamente à questão de investigação desta tese, que conduzirá é definida como:

- A METROLOGIA LEGAL tem um papel importantíssimo na saúde, sem a comprovação da metrologia, não é possível garantir a qualidade do produto ou serviço. A sua ausência é razão suficiente para gerar descrédito nos sistemas de qualidade das organizações de saúde.

Neste sentido, a abordagem metrológica nos serviços de saúde, será de grande interesse, havendo necessidade de implementar um procedimento para calibração de termómetros timpânicos?

---

<sup>7</sup>Centro Hospitalar São João

#### 3.2. Verificação e Validação Metrológica

Convém não confundir a calibração com o ajuste de um sistema de medição, frequentemente denominado de maneira imprópria de “auto-calibração”, nem com a verificação da calibração.

##### Calibração - Definição

Operação que, em condições especificadas, num primeiro passo, estabelece a relação entre os valores da grandeza com incertezas e medição provenientes de padrões e as indicações correspondentes com incertezas de medição associadas e, num segundo passo, usa esta informação para estabelecer uma relação para obter o resultado de medição de uma indicação (VIM<sup>8</sup>: 2.39 (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012)).

Importa ter em atenção que: o resultado da calibração permite a estimativa dos erros de indicação do instrumento de medição, ou do sistema de medição, ou a fixação de valores para as referências em escalas arbitrárias; a calibração pode também determinar outras propriedades metrológicas; o resultado da calibração deve ser registado num documento, chamado "certificado de calibração" ou "relatório de calibração"; e o resultado da calibração é, frequentemente, expresso como um fator de calibração ou como uma série de fatores de calibração, sob a forma de uma curva de calibração.

##### Verificação e Validação - Definição

Verificação - Fornecimento de evidência objetiva de que um dado item satisfaz requisitos especificados (VIM: 2.44) (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012).

Enquanto que a validação refere-se a verificação na qual os requisitos especificados são adequados para um uso pretendido (VIM: 2.45) (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012).

##### Calibração e Erro

A calibração permite identificar o erro do instrumento de medição e em alguns casos permite corrigi-lo.

Os erros detetados na calibração não devem invalidar ou afetar significativamente o uso dos equipamentos nos ensaios. É assim necessário definir para cada equipamento sujeito a calibração, os erros máximos admissíveis. Os EMA<sup>9</sup> são definidos com base em especificações do fabricante, normas e historial. Para se efetuar a aceitação de erros deve-se ter em conta a incerteza de calibração:  $|\text{erro}| + |\text{incerteza}| \leq |\text{EMA}|$

O Erro diz respeito há diferença entre o valor medido duma grandeza e um valor de referência.

O conceito de “erro de medição” pode ser utilizado:

a) quando existe um único valor de referência, o que ocorre se uma calibração for realizada por meio dum padrão com um valor medido cuja incerteza de medição é desprezável, ou se um valor convencional for fornecido; nestes casos, o erro de medição é conhecido;

b) caso se suponha que a mensuranda é representada por um único valor verdadeiro ou um conjunto de valores verdadeiros de amplitude desprezável; neste caso, o erro de medição é desconhecido.

Não se deve confundir erro de medição com erro de produção ou erro humano (VIM: <sup>10</sup> 2.16 (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012)).

Ao efetuar-se uma medida, esta será sempre afetada por um dado erro.

A grande maioria dos erros resulta, geralmente, das seguintes fontes: escala mal graduada; diferença de temperatura entre a peça e o aparelho; leituras não perpendiculares à escala; pressão variável nas peças móveis dos aparelhos e pouca prática do operador.

---

<sup>8</sup>Vocabulário Internacional de Metrologia-1ª edição luso-brasileira em português do VIM (JCGM 200:2012)

<sup>9</sup>Erro máximo admissível

<sup>10</sup>Vocabulário Internacional de Metrologia-1ª edição luso-brasileira em português do VIM (JCGM 200:2012)

### Incerteza de Medição

Parâmetro não-negativo que caracteriza a dispersão dos valores da grandeza que são atribuídos à mensuranda a partir das informações usadas (VIM: 2.26) (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012).

São vários os tipos de incerteza:

- Incerteza Tipo A

A Incerteza de tipo A, resulta de uma determinação baseada em análise estatística de uma série repetida de observações independentes realizadas em condições de medição especificadas. A incerteza padrão é o desvio padrão experimental da média que resulta da determinação do seu valor médio.

- Incerteza Tipo B

A Incerteza do tipo B, resulta de uma determinação que não é feita através de métodos de cálculo estatísticos, baseada no entanto, em conceitos científicos, ou seja, blocos padrão que possuem certificados de calibração, onde é indicada a sua incerteza, bem como instrumentos calibrados, resolução de equipamentos entre outros. Esta divide-se em três tipos:

Tipo B – Normal (distribuição normal):

O tipo B-Normal é uma incerteza que se encontra associada às calibrações, que tem um certificado de calibração no qual está indicada a sua incerteza expandida e o fator de expansão (k), usado para a sua obtenção.

Tipo B - retangular (distribuição retangular):

Utiliza-se este tipo de incerteza quando se conhecem os limites (superior e inferior) da sua grandeza, mas não se tem informação suficiente da distribuição da probabilidade. O valor esperado é o ponto central do intervalo.

Tipo B triangular (distribuição triangular):

Utiliza-se quando se conhecem os limites (superior e inferior) da sua grandeza e sabe-se que ocorre uma maior tendência na vizinhança do ponto central (média). Neste caso existe uma distribuição de probabilidade triangular.

### Conceitos de Medição

Processo de obtenção experimental dum ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza.

A medição pressupõe uma descrição da grandeza que seja compatível com o uso pretendido dum resultado de medição, segundo um procedimento de medição e com um sistema de medição calibrado que opera de acordo com o procedimento de medição especificado, incluindo as condições de medição (VIM: 2.1) (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012).

### Condições ambientais de funcionamento

Temperatura e Humidade ambiente que permitem o funcionamento correto da medição. Neste estudo específico, funcionamento correto de um termómetro auricular de Infravermelhos.

### Rastreabilidade

Propriedade dum resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição (VIM<sup>11</sup>: 2.41 (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012).

Rastreabilidade é, pois, um atributo essencial a qualquer padrão, a qualquer nível, sob pena de se desconhecer a qualidade das medições executadas com ele. Numa empresa, laboratório ou organismo, consoante as suas necessidades ou meios próprios, deve existir uma cadeia hierarquizada própria que organiza a rastreabilidade dos diferentes padrões existentes, definindo-lhe, portanto, o seu nível e finalidade.

<sup>11</sup>Vocabulário Internacional de Metrologia-1ª edição luso-brasileira em português do VIM (JCGM 200:2012)

Estas cadeias hierarquizadas, em derivação à nacional, podem ter um ou mais pontos de rastreabilidade a diferentes níveis na cadeia nacional, consoante as necessidades e interesses das entidades delas detentoras. São até, por vezes, desejáveis intercomparações entre laboratórios em certos domínios particulares, como forma de melhor conhecimento e determinação da incerteza envolvida na medição. Esta circunstância, porém, não invalida a necessidade absoluta de "rastreabilidade" a um padrão nacional ou internacional. A fidelidade ou precisão de medição sob um conjunto de condições de repetibilidade, denomina-se por Repetibilidade de Medição (VIM: 2.21) (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012). Entende-se por condição de Repetibilidade de Medição condição de medição num conjunto de condições, as quais incluem o mesmo procedimento de medição, os mesmos operadores, o mesmo sistema de medição, as mesmas condições de operação e o mesmo local, assim como medições repetidas no mesmo objeto ou em objetos similares durante um curto período de tempo (VIM: 2.20) (INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE, 2012).

### 3.3. Equipamentos Utilizados

Equipamento Médico é “qualquer instrumento, aparelho, equipamento, software, material ou artigo utilizado isoladamente ou combinado, incluindo o software destinado pelo seu fabricante a ser utilizado especificamente para fins de diagnóstico ou terapêutico e que seja necessário para o bom funcionamento do dispositivo médico, cujo principal efeito pretendido no corpo humano não seja alcançado por meios farmacológicos, imunológicos ou metabólicos, embora a sua função possa ser apoiada por esses meios, destinado pelo fabricante a ser utilizado em seres humanos para fins de:

- Diagnóstico, prevenção, controlo, tratamento ou atenuação de uma doença;
- Diagnóstico, controlo, tratamento, atenuação ou compensação de uma lesão ou de uma deficiência;
- Estudo, substituição ou alteração da anatomia ou de um processo fisiológico.” (EMPTY, 2014).

Os equipamentos de medição utilizado na elaboração do procedimento para calibração dos termómetros timpânicos foram:

- Termómetro digital timpânico GENIUS<sup>TM</sup> 2, figura 3.2.
- Banho de bloco seco-Isotech, figura 3.3.
- Sensor Padrão Tipo Pt1000, figura 3.4.
- Black Body Insert (Corpo Negro) - Fonte de referencia de radiação Infravermelha, figura 3.5.

O Black Body Insert é uma peça construída, especificamente para este trabalho. Depois da elaboração do respetivo desenho técnico da peça, figura 3.6, esta foi enviada para construção, numa empresa nacional na área da metalomecânica, após a sua avaliação e aprovação por parte do Centro Hospitalar São João.

Apresentam-se duas vistas do Black Body Insert, figura 3.7 e figura 3.8.

Em seguida faz-se uma breve descrição dos equipamentos utilizados no procedimentos de calibração.

#### Termómetros GENIUS<sup>TM</sup> 2

O CHSJ<sup>12</sup> utiliza essencialmente em todos os seus serviços o termómetro timpânico GENIUS<sup>TM</sup> 2, um termómetro de ouvido eletrónico, um instrumento clínico rápido, preciso e conveniente para medir a temperatura do paciente (COVIDIEN, 2014).

Este equipamento possui umas capas descartáveis para proteger o sensor, daí dever-se ter alguns cuidados na sua utilização, como verificar sempre se a ponta do sensor está limpa e livre de qualquer impureza, a ponta deve apresentar-se brilhante e livre de impressões digitais.

#### Banho de Bloco seco - Isotech Venus

O Banho de Bloco seco da Isotech, modelo Venus, tem acessórios para converter em um banho líquido agitado para calibração de sensores de superfície, ou termómetros de Infravermelhos (ISOTECH., 2014), (Características apêndice B).

- Gama de temperatura: -45 °C a 250 °C
- Resolução do regulador (controlador): 0,01 °C
- Resolução do termómetro indicador (controlador) : 0,1 °C

Está equipado com um bloco seco tradicional, onde vários termómetros podem ser calibrados rapidamente.

Este equipamento possui o relatório de ensaio elaborado pelo CATIM (apêndice C).

<sup>12</sup>Centro Hospitalar São João



Figura 3.2.: GENIUS<sup>TM</sup> 2



Figura 3.3.: Banho de bloco seco-Isotech Venus



Figura 3.4.: Sensor Padrão Tipo Pt1000



Figura 3.5.: Black Body Insert (Corpo Negro)

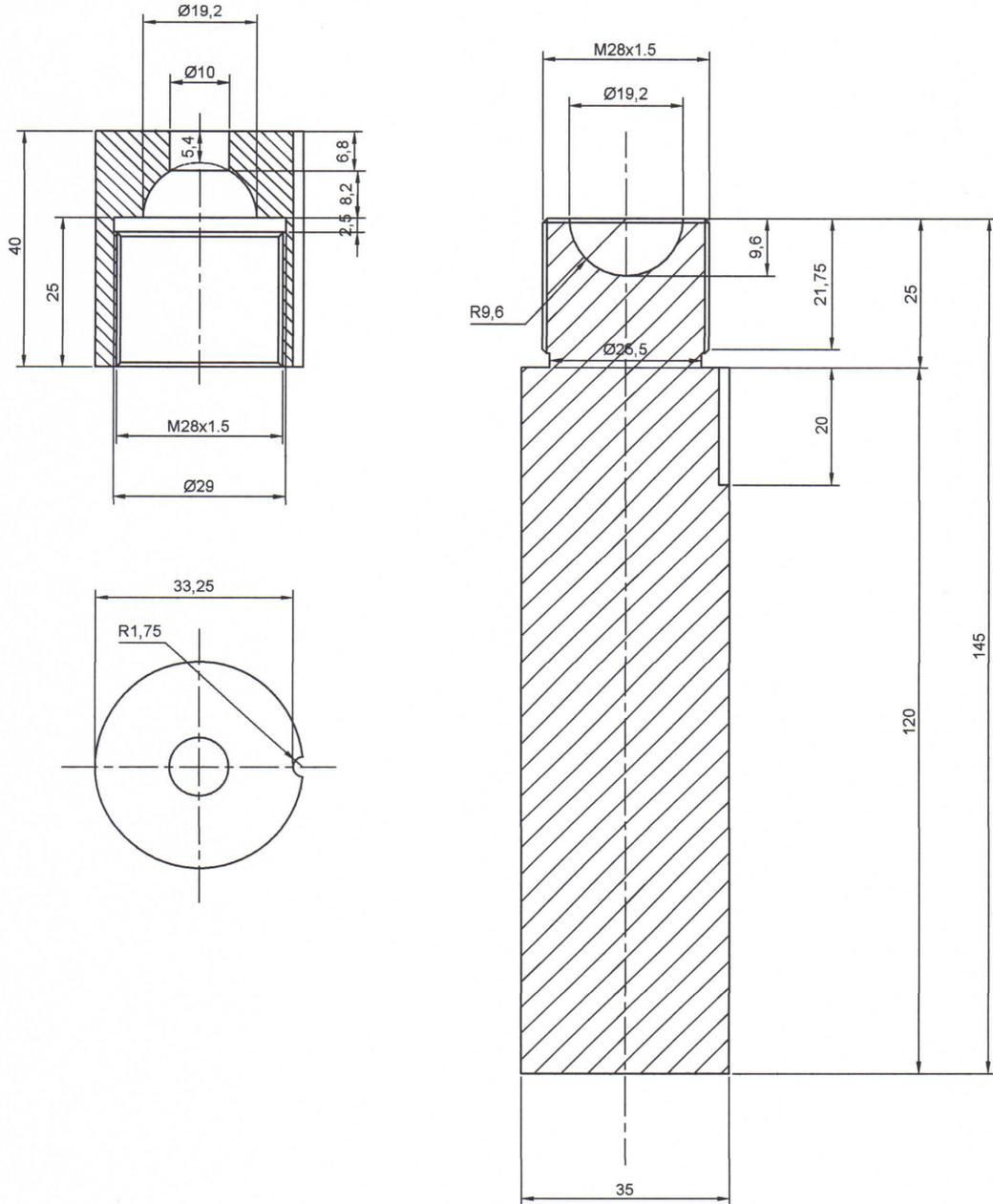


Figura 3.6.: Desenho técnico- Black Body Insert( Corpo negro)



Figura 3.7.: Vista superior do Corpo negro



Figura 3.8.: Vista superior do Corpo negro, abertura da peça

#### Sensor Padrão Tipo Pt1000

Sensor Padrão Tipo Pt1000, é um termómetro digital, modelo PRO-COM Temp PT, da marca Eurolec (EMPTY, 2014).

- Gama de temperatura: -30 a 200 °C
- Resolução: 0,01 °C
- Precisão - Termómetro:  $\pm 0,02$  °C  $\pm 0,01\%$
- Precisão - Sensor:  $\pm 0,03$  °C  $\pm 0,07\%$

Termómetro portátil, leve e cujas características satisfazem um vasto leque de aplicações.

Possui um certificado de calibração, emitido pelo laboratório de Metrologia do Hospital são João (Ver apêndice D).

#### Black Body Insert( Corpo negro)

Para execução do procedimento aqui descrito, tal como já referido anteriormente foi construído um acessório específico, denominado por: Black Body Insert( Corpo negro).

O Black Body Insert é uma peça construída em alumínio, mede no total 145 mm, possui uma parte superior, onde é colocado o EMM<sup>13</sup>, de diâmetro interior 10 mm e diâmetro exterior 33,25 mm. A parte inferior da peça serve de suporte, por forma a ser possível inseri-lo no interior do banho seco.

Este corpo negro serve como fonte de referencia de radiação Infravermelha, projetada sobre a forma de cavidade côncava ( análogo ao canal auditivo), e é caracterizada pela temperatura das paredes, cuja a emissividade seja próximo de 1. Para esse fim a cavidade do Black Body Insert, foi pintado de cor preta amorfo, tem de diâmetro interno 19,2 mm e altura de 9,6 mm.

A energia irradiada por um corpo depende, de fato, da emissividade da superfície.

O corpo humano tem emissividade Infravermelha extremamente alta, maior que 97,8%, atingindo seu máximo comprimento de onda entre 9 a 10  $\mu\text{m}$  (EMPTY, 2010).

A emissividade é uma medida da eficiência da radiação e absorção superficial. Assim, a caracterização de superfícies como a pele humana com aparato ótico na faixa do Infravermelho é altamente influenciada por sua emissividade.

A emissividade de um objeto varia com a temperatura do objeto, ângulo de visão, geometria do objeto e condição da superfície (apêndice E, Tabela A.1 e Tabela B.2).

Em geral, a emissividade espectral varia lentamente com o comprimento de onda em sólidos, sendo que varia rapidamente no caso de gases e líquidos.

A geometria da superfície também influencia a quantidade de energia emitida por um objeto. As alterações de forma de um objeto causam variações na emissividade. Formas côncavas aumentam o valor da emissividade, enquanto formas convexas diminuem o valor da emissividade (OLIVEIRA).

#### 3.4. Procedimento de Verificação Metrológica - Calibração

Com o objetivo de elaborar o procedimento para calibração de termómetros timpânicos, bem como a respetiva ficha de calibração, da folha de cálculo automático das incertezas e respetivo certificado de calibração, foi efetuado um estudo exaustivo das normas em vigor em Portugal, EN 12470-1/5:2009, ISO 80601-2-56:2009 e a EN ISO 80601-2-56:2012.

Para elaborar este procedimento de calibração foi seguido o Procedimento de Calibração, Verificação e Ensaio - Centro Hospital São João - CER-PR020 ( apêndice F), que descreve a forma como se processam as calibrações, verificações e ensaios dos equipamentos de monitorização e medição no Cento Hospitalar São João, assim como foram seguidas as recomendações e cuidados definidos pelo IPAC<sup>14</sup> (EMPTY, 2014).

---

<sup>13</sup>Equipamento de Monitorização e Medição

<sup>14</sup>Instituto Português de Acreditação

O procedimento para calibração de termómetros timpânicos, tem o intuito de auxiliar os técnicos de laboratório a realizar da calibração dos termómetros timpânicos, e através das suas indicações claras e precisas diminuir os possíveis erros cometidos pelo operador.

Relativamente ao procedimento de calibração, as medições ao longo do procedimento deverão ser efetuadas sempre pelo mesmo técnico(a).

#### 3.4.1. Objectivo

Definição do modo operativo para:

- Calibração de termómetros timpânicos
- Efetuar ajuste
- Calcular a incerteza da calibração
- Emissão do certificado de calibração

#### 3.4.2. Âmbito

Este documento é aplicado aos termómetros timpânicos.

#### 3.4.3. Definição e Siglas

- CVE- Calibração, Verificação e Ensaio
- EMM- Equipamento de Monitorização e Medição
- IP- Impresso
- PR-Procedimento

#### 3.4.4. Responsabilidades

Este procedimento foi elaborado no seguimento da elaboração da tese de mestrado com integração da equipa do Departamento de Metrologia do Hospital São João.

Cabe ao técnico(a) à responsabilidade da execução do procedimento de calibração.

#### 3.4.5. Documentos Associados

- IM057-0 –Ficha de Calibração de Termómetros Timpânicos
- IM077-0 - Certificado de Calibração de Termómetros Timpânicos
- PR020-0 – Procedimento de Calibração, Verificação e Ensaio
- Manuais de Instruções dos EMM

#### 3.4.6. Legenda

Não aplicável

#### 3.4.7. Equipamentos

- Termómetro Padrão Tipo Pt1000 ( a designação e rastreabilidade do termómetro padrão deverá fazer parte do processo de calibração)
- Banho de Bloco Seco
- Black Body Insert ( Corpo negro)

#### 3.4.8. Condições Ambientais

- Temperatura:  $23 \pm 5$  °C
- Humidade:  $50 \pm 20$  %hr

#### 3.4.9. Critérios de Aceitação (Valores Máximos Admitidos)

O serviço/cliente utilizador definirá o valor máximo admitido.

#### 3.4.10. Modo Operatório

##### Calibração de Termómetros Timpânicos

Deve ser sempre anotada a temperatura e humidade no início e no final da calibração na ficha de calibração.

1. Introduzir o Block Body Insert no orifício do Banho de bloco Seco, figura 3.9.
2. Inserir na abertura de menor diâmetro, que se encontra na parte lateral do Block Body Insert, o termómetro padrão Pt1000, figura 3.10.
3. Ligar o Banho de bloco Seco, figura 3.11.
4. Selecionar a temperatura pedida na ficha de calibração, figura 3.12.
5. Verificar o valor lido no Banho de Bloco Seco.  
Se necessário selecionar nova temperatura, ajustar o valor do EMM de forma a obtermos o valor pretendido.  
Deixar a temperatura estabilizar.
6. Registar a temperatura indicada no indicador do termómetro timpânico, repetir 3 (Três) leituras após 20 segundos, figura 3.13.
7. Caso os valores determinados (valor indicado no termómetro timpânico – valor indicado no termómetro padrão) resultem num erro superior ao critério de aceitação definido, deverá proceder-se a ajuste (10.2).  
Quando for efetuado ajuste, deve ser realizada nova calibração e o certificado deve conter uma informação de que o ajuste foi realizado e qual era o erro antes do ajuste.
8. Realizar 3 (três) medições para cada ponto pedido na ficha de calibração.

#### 3.4.11. Efetuar o Ajuste

Será necessário recorrer a manuais de utilização e manuais de serviço.



Figura 3.9.: Introduzir o Block Body Insert

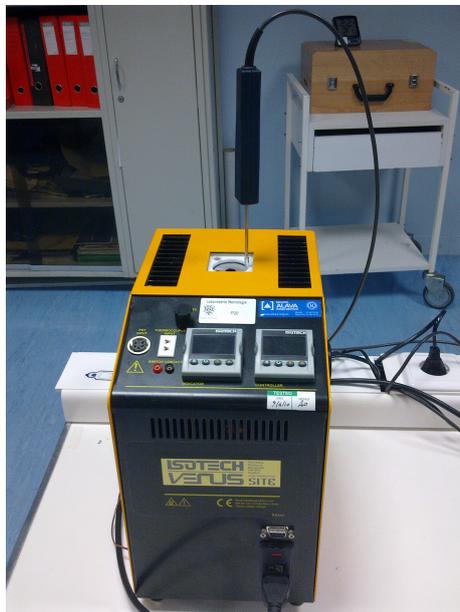


Figura 3.10.: Inserir o Termómetro padrão Pt1000 no Block Body Insert



Figura 3.11.: Ligar o Banho de bloco Seco



Figura 3.12.: Seleccionar a Temperatura pedida



Figura 3.13.: Registrar a Temperatura indicada no indicador do Termómetro Timpânico

#### 3.4.12. Emissão do Certificação de Calibração

1. Abrir a folha de cálculo e colocar toda a informação e resultados que estão na ficha de calibração.
  2. As incertezas serão calculadas automaticamente.
  3. Verificar se toda a informação contida no certificado está completa.
  4. Tornar o certificado conclusivo, caso o serviço/cliente utilizador assim o deseje. Quando isto acontecer, deve existir uma informação escrita do critério de aceitação.
  5. Converter em pdf e proceder de acordo com o procedimento de CVE <sup>15</sup>.
- No caso de certificado conclusivo, deve ser definida a validade do certificado de calibração.

---

<sup>15</sup> Calibração, Verificação e Ensaio



## 4. Resultados

### 4.1. Ficha de Calibração

Após a fase de testes, ensaios, passou-se a elaboração das fichas de calibração e das respetivas folhas de cálculo para as incertezas necessárias na emissão do certificado de calibração dos termómetros timpânicos calibrados.

A ficha de calibração do equipamento, não é mais que uma folha de Excel, onde se registam as medições recolhidas durante a execução do procedimento de calibração. É constituída pelos seguintes campos de preenchimento: Identificação (Número do pedido, ID, Marca, Modelo, Equipamento, nº série, estado do equipamento, Resolução, Erro admissível); Registo (Valor de referencia e valor do EMM) e Relatório (Observações, Estado, Local do ensaio, Número do Certificado, início e fim da calibração e responsável). São apresentados os registos e as medições obtidos na figura 4.1, para um termómetro timpânico identificado pelo número de série:13578297.

| SÃO JOÃO   |   | SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO   Laboratório de Metrologia |                                 |
|--|---|---|---------------------------------|
| <b>Ficha de Calibração</b>   |   |   |                                 |
| Responsável: SI-LM   | Períodicidade: 12 Mês(es)                                   | Prev. Duração(h):                                   | 1 Horas                         |
| Preparação:<br>- Calibrar de acordo com CER-PR020<br>- Usar a Ferramenta/Padrões: Sonda Padrão Tipo – PT1000 |   | Banho Bloco Seco – P20<br>Acessórios do Banho – P20 |                                 |
|  |   | Rastreável HSI                                      | Rastreável CATIM                |
|  |   | Rastreável CATIM                                    | Rastreável CATIM                |
| <b>Identificação</b>   |   |   |                                 |
| OT/Pedido:   | -   | Equipamento:  | Termómetro                      |
| ID:  | -   | Estado do Eq.:                                      | Sem marcas                      |
| Entidade:  | -   | Resolução:  | 0,1                             |
| Marca:   | Génius  | Erro Admissível:                                    | 0,2                             |
| Modelo:  | 2   | Gama:   | 33 a 42º C                      |
| Classe:  | -   | Nº Série:   | 13578297                        |
| Nº Inventário  | -   |   |                                 |
| <b>Registo</b>   |   |   |                                 |
| Ensaio:  | - Valérez   | T (°C)  | Hr (h)                          |
| Controlador  | Valor (Indicador) (°C)                                      | Valor de EMM (°C)                                   |                                 |
| (°C)   | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10                                | 23 33                           |
| 35   | 34,84 34,83 34,83 34,84 34,83 34,84 34,84 34,84 34,84 34,84 | 34,9 34,8 34,8 34,9 34,8 34,8 34,8 34,8 34,8 34,8   |                                 |
| 37   | 36,83 36,83 36,83 36,84 36,84 36,84 36,84 36,84 36,84 36,84 | 36,9 36,9 36,8 36,8 36,8 36,8 36,8 36,8 36,9 36,9   |                                 |
| 40,6   | 40,58 40,59 40,59 40,59 40,58 40,58 40,58 40,58 40,58 40,58 | 40,6 40,6 40,6 40,5 40,5 40,5 40,5 40,5 40,5 40,5   |                                 |
| 42   | 41,80 41,80 41,78 41,78 41,80 41,80 41,79 41,80 41,79 41,80 | 41,8 41,7 41,7 41,8 41,8 41,8 41,8 41,8 41,8 41,8   |                                 |
| - Valérez  |   |   |                                 |
| Controlador  | Valor (Indicador) (°C)                                      | Valor de EMM (°C)                                   |                                 |
| (°C)   | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10                                |                                 |
|  |   |   | Mix. Desvio entre de Ajust (°C) |
|  |   |   | Valor EMM Valor Padrão          |
|  |   |   |                                 |
|  |   |   | *Em Caso de Sofrer Ajuste       |
| <b>Relatório</b>   |   |   |                                 |
| Obs.:  | Em serviço.   |   |                                 |
| Estado:  |   |   |                                 |
| Local de Ensaio:   | SI-LM   |   |                                 |
| Certificado:   | CTER001/14  | Emitido por:  | Sandra Castro                   |
| Data:  | Início 14/05/2014 Hora: 09h30                               | Fim   |                                 |
|  |   | Data:   | 14/05/2014 Hora: 10h30          |

CENTRO HOSPITALAR DE SÃO JOÃO, L.P.E. (Lda) Avenida Professor Fernando Mendes 4054-611 Porto T+351 226 512 188 F+351 226 526 766 E geral@chj.sao-joao.pt www.chj.pt

Fig. 1 de 2

Figura 4.1.: Ficha de calibração

Foram utilizados cinco termómetros digitais Timpânicos GENIUS<sup>TM</sup> 2, resolução de 0,1 °C, um banho seco de marca Isotech, resolução do termómetro indicador de 0.1 °C, um sensor tipo Pt1000, resolução 0,01 °C ( Padrão) e um corpo negro, projetado e desenvolvido especificamente para este trabalho, ao qual chamamos de Black Body Insert (figura 4.2).

Inicialmente era previsto realizar medições em vários termómetro timpânicos do mesmo serviço do



Figura 4.2.: Black Body Insert

CHSJ<sup>1</sup>. Após as diversas medições, verificou-se que tal intervenção seria prescindível, uma vez que todos os termómetros ensaiados apresentavam boa repetibilidade, apurou-se que todas as fontes com contribuição no cálculo da incerteza mantinham-se estáveis nos vários ensaios realizados.

Optou-se por efetuar medições apenas a um termómetro por serviço. Ao todo foram feitas medições em cinco termómetros timpânicos dos diferentes cinco serviços do CHSJ.

Os níveis de temperaturas em estudo nos termómetros timpânicos selecionados e devidamente identificados pelo seu número de série foram:  $T = 35\text{ °C}$ ,  $37\text{ °C}$ ,  $40,6\text{ °C}$  e  $42\text{ °C}$ . Em todos os ensaios foram executadas dez medições.

Foi com a média das dez medições realizadas para os quatro níveis de temperaturas definidas, que todos os restantes cálculos são realizados.

De notar que em condições normais de funcionamento laboratorial, serão necessárias efetuar apenas três leituras para os vários níveis de temperatura mencionadas anteriormente na realização do procedimento de calibração. Neste trabalho realizaram-se dez medições com o objetivo de obtermos uma maior amostragem.

A norma NP EN 12470-1/5:2009 e a EN ISO 80601-2-56:2009, remetem para a calibração de apenas dois níveis de temperaturas:  $T = 35\text{ °C}$  / ( $35,5\text{ °C}$ ) e  $T = 42\text{ °C}$  (ver tabela 2.1).

Para além destas temperaturas foram feitas medições para a  $T = 37\text{ °C}$  e  $40,6\text{ °C}$ , por dois motivos; a temperatura do corpo humano variar entre  $36,1\text{ °C}$  e  $37,2\text{ °C}$  e  $T = 40,6\text{ °C}$ , o facto do CHSJ deter equipamento fornecido juntamente com os termómetros timpânicos GENIUS<sup>TM</sup> 2, pelo marca Covidien, que permite fazer uma verificação a esta temperatura e a temperatura de  $32,1\text{ °C}$ . Nestes casos, após ocorrer uma verificação neste dois níveis de temperaturas, o equipamento permite a emissão de um relatório de calibração, como é mostrado no apêndice G.

---

<sup>1</sup>Centro Hospitalar São João

## 4.2. Erro do Instrumento de Medição

A calibração permite identificar o erro do instrumento de medição.

Os EMA<sup>2</sup> foram definidos com base nas normas citadas anteriormente.

Para efetuar-se a aceitação de erros deve-se ter em conta a incerteza de calibração:  $|\text{erro}| + |\text{incerteza}| \leq |\text{EMA}|$

O erro é calculado pela diferença entre a média dos valores medidos no EMM<sup>3</sup> e a média dos valores medidos no termómetro de referência.

Segundo as normas em vigor a repetibilidade não deve ser superior a  $\pm 0,3$  °C (desvio padrão), todas as medições realizadas apresentam uma boa repetibilidade, em todos os termómetros calibrados, permitindo concluir que existe precisão nas medições efetuadas. Os erros obtidos são muito semelhantes para os cinco termómetros timpânicos calibrados, estes são apresentados respetivamente nas tabelas 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6.

Foi elaborado o modelo matemático das medições, equação 4.1. Uma boa definição do modelo matemático permite-nos conhecer a medição realizada e consequentemente todos os fatores de influência.

$$E = (X1_{med} + X1_r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif}) \quad (4.1)$$

- $E$  = Erro da temperatura
- $X1_{med}$  = Média dos valores indicado no EMM
- $X1_r$  = Correção devido à resolução do EMM
- $X0_{med}$  = Média dos valores lidos pelo Padrão
- $\delta X0_u$  = Correção devido à incerteza do Padrão
- $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do banho de bloco seco
- $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do banho de bloco seco

## 4.3. Cálculo da Incerteza

Para o cálculo da incerteza associado ao termómetro timpânico, identificaram-se seis fontes a ter em consideração:

1. Repetibilidade do EMM
2. Correção devido à resolução do EMM
3. Repetibilidade dos valores lidos pelo Padrão
4. Correção devido à incerteza do Padrão
5. Correção devido à estabilidade do banho de bloco seco
6. Correção devido à uniformidade do banho de bloco seco

A seguir serão descritas o tipo de incerteza associado a cada uma das contribuições, assim como a forma de as calcular.

<sup>2</sup>Erro máximo admissível

<sup>3</sup>Equipamento de Monitorização e Medição

##### 1. Repetibilidade do EMM.

A repetibilidade é uma incerteza do tipo A e para ser calculada, utilizam-se as cinco equações apresentadas 4.2.

$$\bar{q} = \frac{\sum_{k=1}^n q_k}{n} \quad (4.2)$$

Onde:

- $q_k$  : valores medidos
- $n$  : número de leituras realizadas.
- $q$  : média aritmética

Depois de saber o valor da média, calcula-se a variância amostral 4.3:

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2 \quad (4.3)$$

Seguidamente do desvio padrão amostral 4.4:

$$s(q) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2}{n-1}} \quad (4.4)$$

A variância padrão amostral, é calculada pela seguinte fórmula 4.5:

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q_k)}{n} \quad (4.5)$$

Por fim, calcula-se a incerteza padrão 4.6:

$$u(\bar{q}) = \frac{s(\bar{q})}{\sqrt{n}} \quad (4.6)$$

##### 2. Correção devido à resolução do EMM.

A incerteza da correção devido à resolução do EMM é uma incerteza do tipo B – Retangular (B-R), e calcula-se através da equação 4.7:

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (4.7)$$

Onde:

- $a$  : metade da diferença dos valores limites da distribuição rectangular

A variável  $a$ , é definida pela 4.8:

$$a = \frac{a_+ - a_-}{2} \quad (4.8)$$

##### 3. Repetibilidade dos valores lidos pelo Padrão.

Repetibilidade dos valores lidos pelo Padrão é uma incerteza do tipo A e para ser calculada, utilizam-se as equações 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6.

## 4. Correção devido à Incerteza do Padrão.

A incerteza da correção devido à incerteza do Padrão é do tipo B – Distribuição Normal (B-N), e calcula-se através da equação: 4.9:

$$u(x_i) = \frac{U}{K} \quad (4.9)$$

Se não existir informação em contrário, utiliza-se  $k=2$ .

Onde:

- $U$  : incerteza expandida
- $K$  : fator de expansão declarado

## 5. Correção devido à estabilidade do Padrão.

A incerteza da correção devido à estabilidade do Padrão é do tipo B – Retangular (B-R), o seu cálculo efetua-se, usando a equação 4.7:

## 6. Correção devido à uniformidade do Padrão.

Correção devido à uniformidade do Padrão é uma incerteza do tipo B – Retangular (B-R), e obtém-se aplicando a equação 4.7.

As seis fontes de incertezas descritas acima, foram multiplicadas pelo seu coeficiente de sensibilidade, aplicando a equação 4.10.

$$u_i(y) = u(x_i) \times c_i \quad (4.10)$$

Onde:

- $u(x_i)$  : valor da incerteza padrão
- $c_i$  : coeficiente de sensibilidade

A equação para o cálculo da contribuição para a incerteza padrão é dada pela equação 4.11:

$$u(y) = \sqrt{\sum (u(x_i) \times c_i)^2} \quad (4.11)$$

No cálculo do fator de expansão  $K$ , é necessário saber o  $vef^4$ , que é calculada, de acordo com a fórmula de Welch-Satterthwaite 4.12.

$$V_{ef} = \frac{u^4(y)}{\frac{\sum_{i=1}^n u_i^4(y)}{v_i}} \quad (4.12)$$

A incerteza expandida, para cada medição da temperatura, obtém-se, aplicando a equação 4.13.

Onde:

- $u(y)$  : incerteza padrão combinada
- $v_i$  : número de graus de liberdade das repetições feitas em cada componente

Após o cálculo do valor de  $V_{ef}$ , obtém-se facilmente o fator de expansão  $K$ , recorrendo á tabela 4.1.

$$U = u(y) * K \quad (4.13)$$

<sup>4</sup>Graus de liberdade efetivos

#### 4. Resultados

---

Tabela 4.1.: Valor de  $V_{ef}$

| $V_{ef}$ | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 10   | 20   | 50   | infinito |
|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| k        | 13,97 | 4,53 | 3,31 | 2,87 | 2,65 | 2,52 | 2,43 | 2,37 | 2,28 | 2,13 | 2,05 | 2,00     |

Após as fontes de incertezas definidas, e as contribuições calculadas, é possível através da folha de cálculo em Excel, o cálculo automático da incerteza. Deste modo o técnico apenas terá que inserir os valores das medições na respetiva ficha de calibração. Serão apresentados de imediato os resultados finais da calibração, sendo igualmente emitido o certificado de calibração (devidamente preenchido).

Os resultados obtidos para os cinco termómetro timpânicos são apresentados nas tabelas 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6. Todos os termómetros calibrados estão conforme o erro máximo admissível de  $\pm 0,2$  °C, obtendo-se um erro menor que 0,2 °C com uma incerteza de  $U = \pm 0,12$  °C em todos os níveis de temperaturas com para os cinco termómetros calibrados.

("A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo fator de expansão  $k=XX$ , o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02 (EA LABORATORY COMMITTEE., 2013).")

Para os quatro níveis de temperaturas efetuadas, graficamente é possível visualizar que a incerteza detentora da maior contribuição no resultado final da calibração é a incerteza do padrão de referencia (ver figura: 4.3 e 4.4).

São expostas, para o termómetro timpânico identificados pelo nº série: 13578297, as respetivas folhas com o cálculo da incerteza nos diferentes níveis de temperatura, (ver figura 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8) e o respetivo certificado de calibração, figura 4.9 e 4.10.

Para os restantes quatro termómetros timpânicos calibrados, dos vários serviços do CHSJ<sup>5</sup>, conduzida a seguir na obtenção do certificado de calibração é equivalente. Mostram-se nos apêndices H e I, as restantes folhas de calibração e respetivos resultados, identificados pelo respetivo número de série.

---

<sup>5</sup>Centro Hospitalar São João

Tabela 4.2.: Resultados obtidos para o termómetro timpânico com o número série: 13578297

| Valor Referência | Valor Lido | Erro   | Incerteza | K=XX |
|------------------|------------|--------|-----------|------|
| 34,83 °C         | 34,8 °C    | 0,0 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 36,84 °C         | 36,9 °C    | 0,0 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 40,54 °C         | 40,5 °C    | 0,0 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 41,80 °C         | 41,8 °C    | 0,0 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |

Tabela 4.3.: Resultados obtidos para o termómetro timpânico com o número série: 13577497

| Valor Referência | Valor Lido | Erro   | Incerteza | K=XX |
|------------------|------------|--------|-----------|------|
| 34,80 °C         | 35,0 °C    | 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 36,82 °C         | 37,0 °C    | 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 40,52 °C         | 40,6 °C    | 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 41,87 °C         | 42,0 °C    | 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |

Tabela 4.4.: Resultados obtidos para o termómetro timpânico com o número série: 13567295

| Valor Referência | Valor Lido | Erro     | Incerteza | K=XX |
|------------------|------------|----------|-----------|------|
| 35,00 °C         | 35,0 °C    | 0,1 °C   | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 37,00 °C         | 37,0 °C    | 0,1 °C   | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 40,57 °C         | 40,6 °C    | 0,1 °C   | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 42,03 °C         | 42,0 °C    | - 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |

Tabela 4.5.: Resultados obtidos para o termómetro timpânico com o número série: 13567541

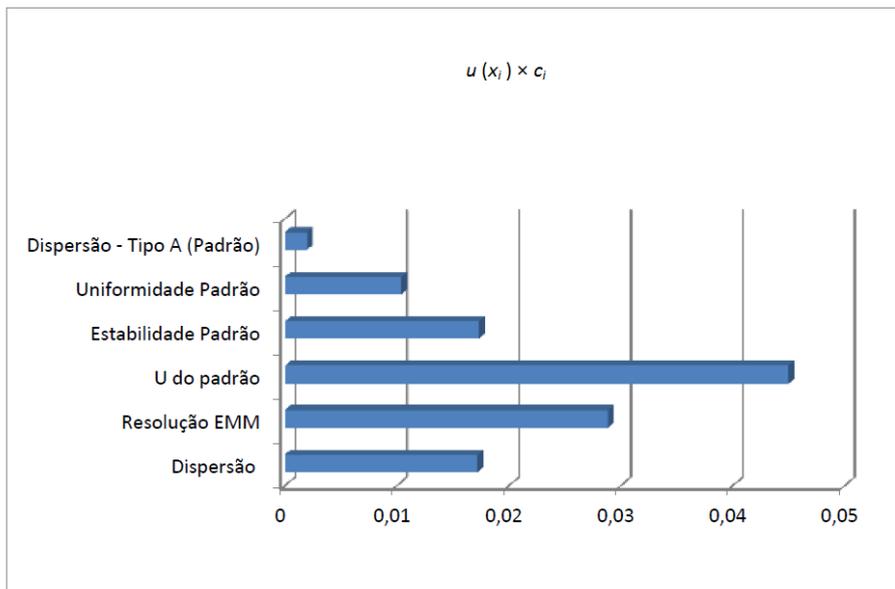
| Valor Referência | Valor Lido | Erro     | Incerteza | K=XX |
|------------------|------------|----------|-----------|------|
| 35,01 °C         | 35,1 °C    | 0,1 °C   | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 37,01 °C         | 37,1 °C    | 0,1 °C   | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 40,58 °C         | 40,6 °C    | 0,1 °C   | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 42,02 °C         | 42,0 °C    | - 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |

Tabela 4.6.: Resultados obtidos para o termómetro timpânico com o número série: 13567569

| Valor Referência | Valor Lido | Erro     | Incerteza | K=XX |
|------------------|------------|----------|-----------|------|
| 35,01 °C         | 35,1 °C    | 0,1 °C   | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 37,01 °C         | 37,0 °C    | 0,0 °C   | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 40,57 °C         | 40,6 °C    | 0,0 °C   | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 42,02 °C         | 42,0 °C    | - 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |

**Termómetro Timpânico com o número série: 13578297**

**T=35 °C**



**T=37 °C**

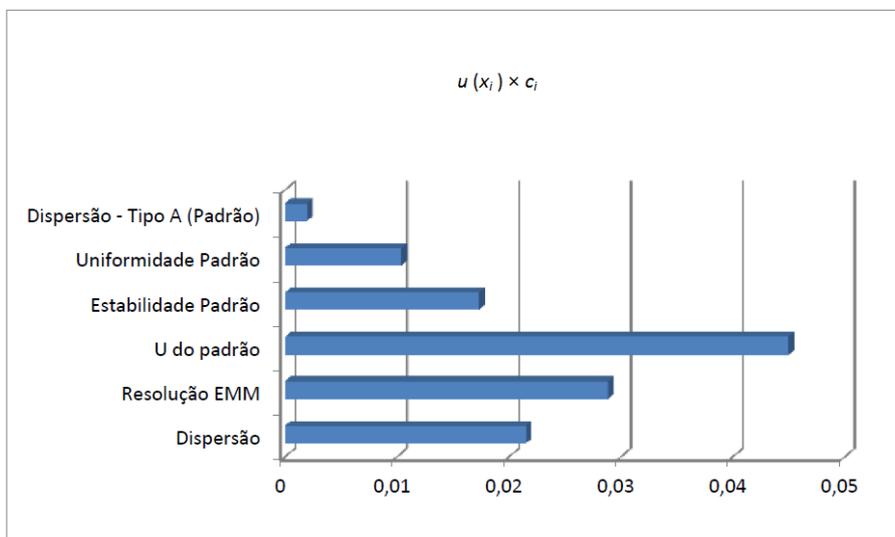
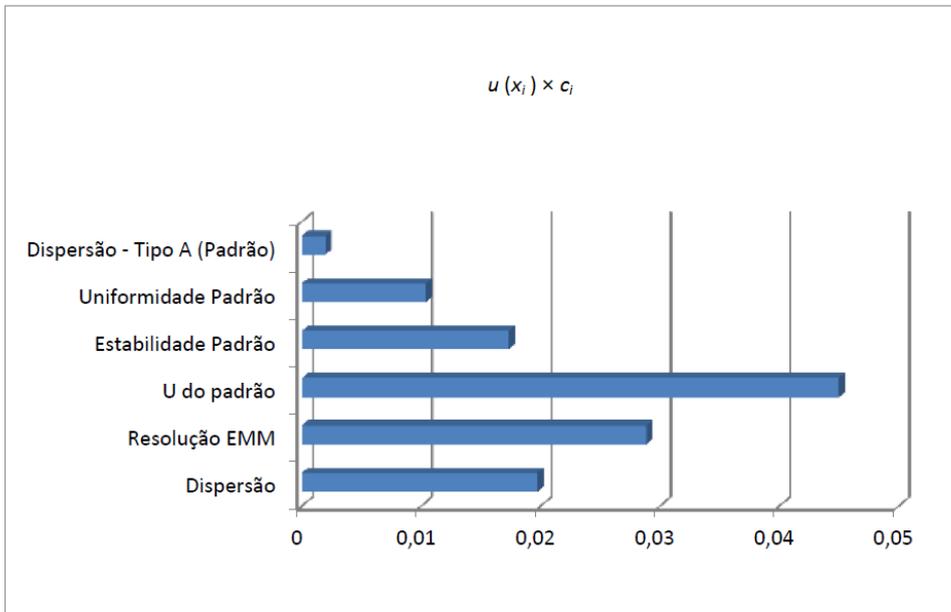


Figura 4.3.: Gráfico com as respetivas fontes de contribuição da incerteza, para T=35 °C e 37 °C

## Termómetro Timpânico com o número série: 13578297

T= 40.6 °C



T= 42 °C

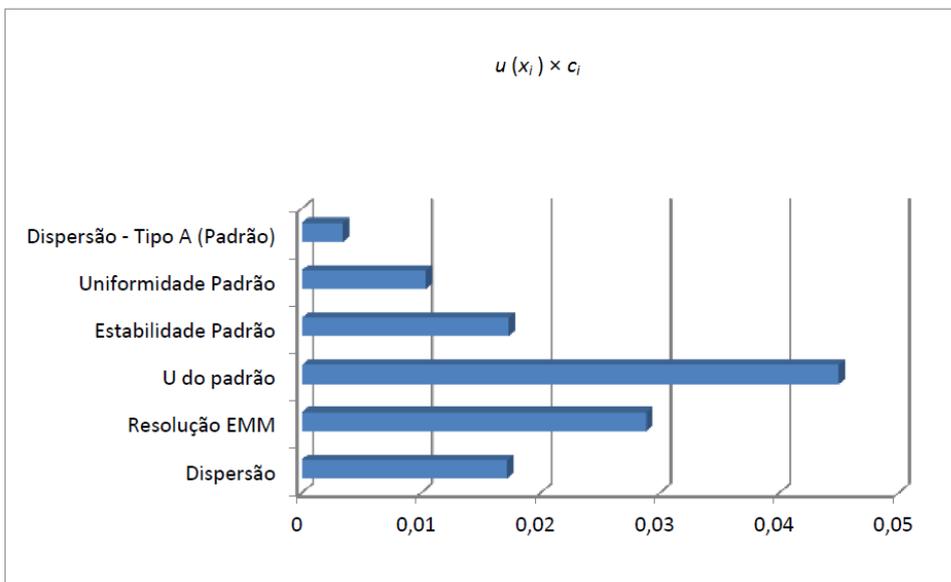


Figura 4.4.: Gráfico com as respetivas fontes de contribuição da incerteza, para T=40,6 °C e 42 °C

#### 4. Resultados

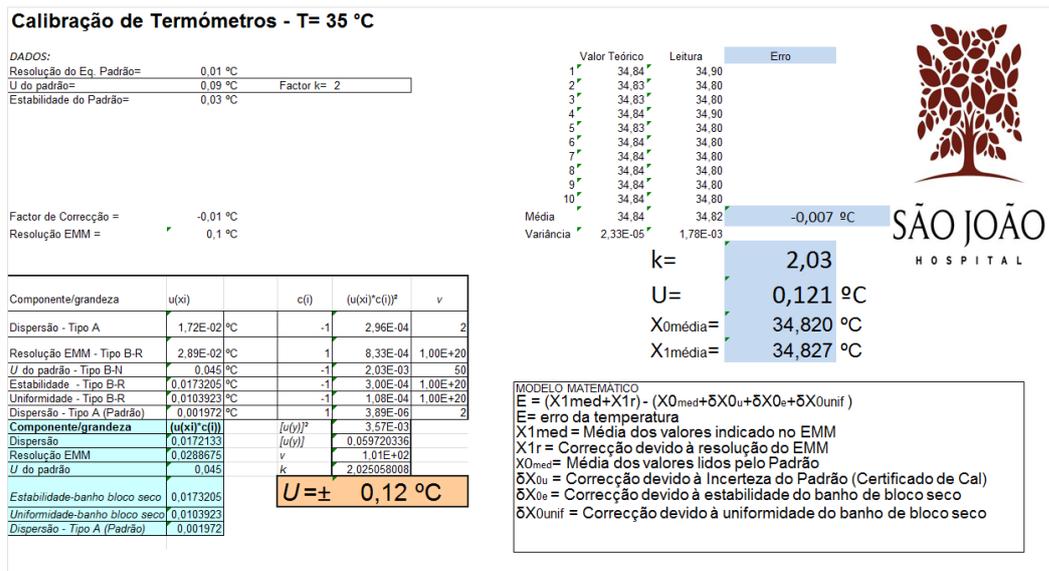


Figura 4.5.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T=35 °C

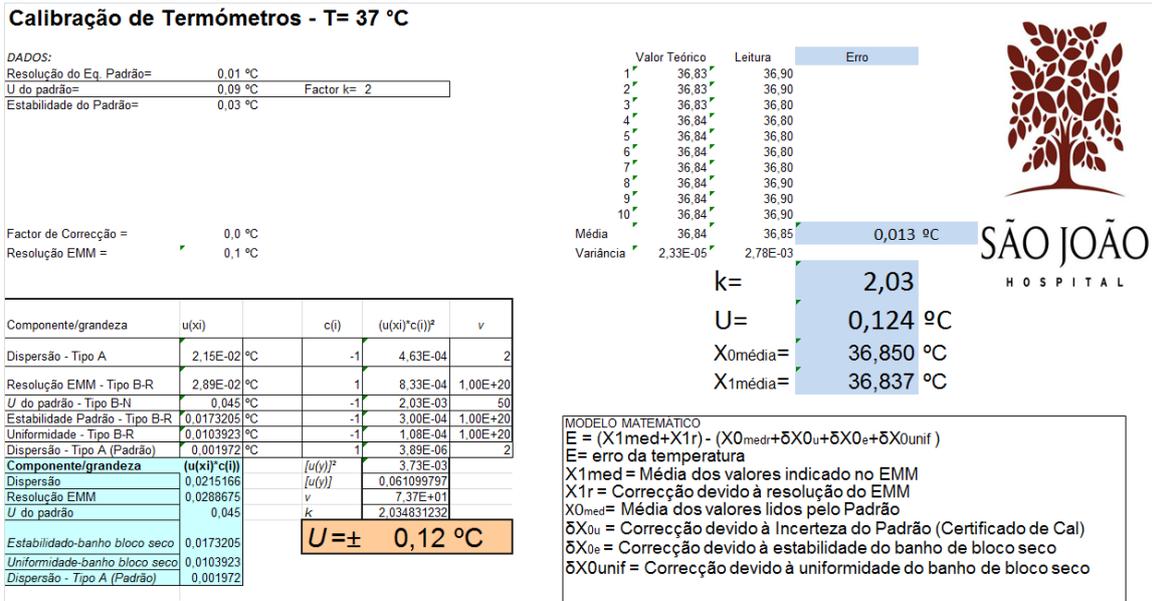


Figura 4.6.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T=37 °C

4. Resultados

Calibração de Termómetros - T= 40,6 °C

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,03 °C Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = -0,04 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandeza            | u(xi)               | c(i) | (u(xi)*c(i))²        | v        |
|--------------------------------|---------------------|------|----------------------|----------|
| Dispersão - Tipo A             | 1,97E-02 °C         | -1   | 3,89E-04             | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1    | 8,33E-04             | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1   | 2,03E-03             | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1   | 3,00E-04             | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1   | 1,08E-04             | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,001972 °C         | 1    | 3,89E-06             | 2        |
| <b>Componente/grandeza</b>     | <b>(u(xi)*c(i))</b> |      | <b>(u(y))²</b>       |          |
| Dispersão                      | 0,0197203           |      | 0,060490587          |          |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           |      | 8,49E+01             |          |
| U do padrão                    | 0,045               |      | 2,030203335          |          |
|                                |                     |      | <b>U = ± 0,12 °C</b> |          |
| Estabilidade-banho bloco seco  | 0,0173205           |      |                      |          |
| Uniformidade-banho bloco seco  | 0,0103923           |      |                      |          |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,001972            |      |                      |          |

|           | Valor Teórico | Leitura  | Erro      |
|-----------|---------------|----------|-----------|
| 1         | 40,58         | 40,60    |           |
| 2         | 40,59         | 40,60    |           |
| 3         | 40,59         | 40,60    |           |
| 4         | 40,59         | 40,50    |           |
| 5         | 40,58         | 40,50    |           |
| 6         | 40,58         | 40,50    |           |
| 7         | 40,58         | 40,50    |           |
| 8         | 40,58         | 40,50    |           |
| 9         | 40,58         | 40,50    |           |
| 10        | 40,58         | 40,50    |           |
| Média     | 40,58         | 40,53    | -0,013 °C |
| Variância | 2,33E-05      | 2,33E-03 |           |
| k=        |               |          | 2,03      |
| U=        |               |          | 0,123 °C  |
| X0média=  |               |          | 40,530 °C |
| X1média=  |               |          | 40,543 °C |



MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E = erro da temperatura  
 X1med = Média dos valores indicado no EMM  
 X1r = Correção devido à resolução do EMM  
 X0med = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do banho bloco seco  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do banho bloco seco

Figura 4.7.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T=40,6 °C

Calibração de Termómetros - T= 42 °C

DADOS:

|                          |         |             |
|--------------------------|---------|-------------|
| Resolução do Eq. Padrão= | 0,01 °C |             |
| U do padrão=             | 0,09 °C | Factor k= 2 |
| Estabilidade do Padrão=  | 0,03 °C |             |

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Factor de Correção = | 0,01 °C |
| Resolução EMM =      | 0,1 °C  |

| Componente/grandeza            | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²      | v        |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|
| Dispersão - Tipo A             | 1,72E-02 °C         | -1                   | 2,96E-04           | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04           | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03           | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04           | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04           | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0034427 °C        | 1                    | 1,19E-05           | 2        |
| <b>Componente/grandeza</b>     | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,57E-03</b>    |          |
| Dispersão                      | 0,0172133           | <b>[u(y)]</b>        | <b>0,059786967</b> |          |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           | <b>v</b>             | <b>1,01E+02</b>    |          |
| U do padrão                    | 0,045               | <b>k</b>             | <b>2,025058008</b> |          |
| Estabilidade-banho bloco seco  | 0,0173205           | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                    |          |
| Uniformidade-banho bloco seco  | 0,0103923           |                      |                    |          |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0034427           |                      |                    |          |

|           | Valor Teórico | Leitura  | Erro      |
|-----------|---------------|----------|-----------|
| 1         | 41,80         | 41,80    |           |
| 2         | 41,80         | 41,70    |           |
| 3         | 41,78         | 41,70    |           |
| 4         | 41,78         | 41,80    |           |
| 5         | 41,80         | 41,80    |           |
| 6         | 41,80         | 41,80    |           |
| 7         | 41,79         | 41,80    |           |
| 8         | 41,80         | 41,80    |           |
| 9         | 41,79         | 41,80    |           |
| 10        | 41,80         | 41,80    |           |
| Média     | 41,79         | 41,78    | -0,024 °C |
| Variância | 7,11E-05      | 1,78E-03 |           |



SÃO JOÃO  
HOSPITAL

k= 2,03  
 U= 0,121 °C  
 X0média= 41,780 °C  
 X1média= 41,804 °C

MODELO MATEMATICO

E = (X1med+X1r) - (X0med+δX0u+δX0e+δX0unif)  
 E = erro da temperatura  
 X1med = Média dos valores indicado no EMM  
 X1r = Correção devido à resolução do EMM  
 X0med = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 δX0u = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 δX0e = Correção devido à estabilidade do banho bloco seco  
 δX0unif = Correção devido à uniformidade do banho bloco seco

Figura 4.8.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T=42 °C

#### 4. Resultados

|   |   |   |
|---|---|---|
| <br>SÃO JOÃO   | <b>SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO   Laboratório de Metrologia</b>  | Certificado Nº : CTER0001/14<br>Data de Emissão: 17-06-2014 |
| <b>Certificado de Calibração</b>  |   |   |
| Cliente   | Hospital de São João, EPE<br>Alameda Prof. Hernâni Monteiro<br>Asprela 4200 - 319 Porto   |   |
| Equipamento   | <b>Termómetro</b><br>Gama de medição: 33 a 42° C      Resolução: 0,1      °C<br>Marca: Génius      Modelo: 2<br>ID. Eq.: -      Nº série: 13578297<br>Nº de Inventário: -   |   |
| Condições Ambientais  | Temperatura: 23,0      °C      Humidade relativa: 33      % hr  |   |
| Operação efectuada  | Calibração conforme o procedimento CER-PR020  |   |
| Local de execução   | Laboratório de Metrologia do C.H.S.João (SJ-LM)   |   |
| Rastreabilidade   | Sonda Tipo Pt1000 Rastreado ao HSJ, associada a um Banho de Bloco Seco, P20, Rastreado ao CATIM. (Portugal)   |   |
| Estado do Equipamento   | Em serviço.   |   |
| Data de calibração:   | 14-05-2014  |   |
| Resultados  | Encontram-se apresentados na(s) folha(s) em anexo.<br>" A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão k=XX, o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02." |   |
| Calibrado por   | Validado por  |   |
| <br>Sandra Castro  | <br>Ruben Mendes  |   |
| Os resultados indicados referem-se apenas ao momento e às condições em que se efectuou a calibração, sendo válidos unicamente para o equipamento acima identificado.<br>Este certificado não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização escrita do Laboratório. |   |   |
| <small>CENTRO HOSPITALAR DE SÃO JOÃO, E.P.E. (Sede) Alameda Professor Hernâni Monteiro 4202-451 Porto T+351 225 512 199 F+351 225 025 766 E geral@hsjoao.min-saude.pt www.chsj.pt</small>   |   |   |
|   |   | <small>Pág. 1 de 2</small>                                  |

Figura 4.9.: Certificado calibração Nº: CTR001/14



SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO | Laboratório de Metrologia

**Certificado de Calibração**
 Certificado Nº : CTER0001/14  
 Data de Emissão: 17-06-2014
**Temperatura**

| Valor Referência | Valor Lido | Erro   | Incerteza | k=XX |
|------------------|------------|--------|-----------|------|
| 34,83 °C         | 34,8 °C    | 0,0 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 36,84 °C         | 36,9 °C    | 0,0 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 40,54 °C         | 40,5 °C    | 0,0 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 41,80 °C         | 41,8 °C    | 0,0 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |

**Resultado Final:** O equipamento está conforme para a tolerância definida de 0,2°C.

Calibrado por

Sandra Castro

Validado por

Ruben Mendes



## 5. Conclusões e Recomendações

Valores corretos de temperatura corporal podem permitir intervenções terapêuticas precoces contudo, se o valor de temperatura obtido for incorreto tal pode traduzir-se em intervenções desnecessárias, no caso de valores falsamente positivos, e ausência de intervenções, no caso de valores falsamente negativos.

A temperatura corporal divide-se em temperatura central e temperatura cutânea. O corpo humano, mais do que uma máquina térmica, é um sistema vivo que aquece e arrefece continuamente procurando manter um estado de saúde, isto é, equilíbrio eficaz por meio da transferência de calor e radiação. Neste processo de termorregulação, a pele é um órgão vital, pois faz a interface entre o meio interno e o ambiente.

A temperatura timpânica é considerada o reflexo da temperatura central devido à proximidade que o canal do ouvido (em particular o tímpano), tem com o hipotálamo. Dado a proximidade do tímpano com o hipotálamo consegue-se adquirir a temperatura central e mais exata do corpo humano. Além de ser um método não-invasivo, tem rápida resposta e é fácil de ser manipulado.

Concluiu-se que a avaliação da temperatura timpânica é o método mais utilizado na determinação da temperatura corporal, em prática hospitalar mundial, particularmente em Portugal, no CHSJ<sup>1</sup>, HSA<sup>2</sup> e HSM<sup>3</sup>.

A Metrologia Legal tem um papel importantíssimo na saúde, sem a comprovação da metrologia, não é possível garantir a qualidade do produto ou serviço. A sua ausência é razão suficiente para gerar descrédito nos sistemas de qualidade das organizações de saúde.

Neste sentido, a abordagem metrológica nos serviços de saúde, é de grande interesse, havendo necessidade da sua implementação nas diversas áreas existentes.

Após a análise do trabalho desenvolvido e apresentado, considera-se que todos os objetivos propostos foram alcançados de forma muito satisfatória.

O objetivo principal foi atingido, elaborou-se o procedimento para calibração de termómetros timpânicos com respetivas fichas de calibração e folhas de cálculo das incertezas, com obtenção da emissão do certificado de calibração.

Interessa que os processos e atividades laboratoriais, tais como os procedimentos de calibração, que culminam com a emissão do certificado de calibração, tenham o mínimo de perdas, deve-se corrigir e minimizar entre outros, possíveis erros de interpretação dos resultados, neste trabalho isso também é possível com a criação das folhas de cálculo em Excel.

Relativamente ao desenvolvimento da folha de cálculo, conseguiu-se uma ferramenta simples, com recurso a software universal e facilmente acessível a qualquer utilizador.

Nos capítulos três e quatro, mostra-se todo o potencial do procedimento para calibração de termómetros timpânicos como ferramenta muito útil para ações de melhoria em Auditorias da Qualidade em Serviços de Saúde, procurando garantir a qualidade dos serviços prestados através da calibração destes instrumentos de medição e da realização de ensaios.

Pode-se concluir que existe uma grande similaridade entre as normas estudadas e aplicadas: NP EN 12470-1/5:2009, ISO 80601-2-56:2009 e a EN ISO 80601-2-56:2012, ao longo do trabalho. O procedimento para calibração de termómetros timpânicos desenvolvido ficou validado com o respetivo cálculo da incerteza das medições.

As medições realizadas nos cinco termómetros timpânicos apresentam uma boa repetibilidade. Segundo as normas em vigor a repetibilidade não deve ser superior a  $\pm 0,3$  °C, o que se confirmou em todos os termómetros timpânicos calibrados, permitindo concluir que existe precisão nas medições efetuadas (segundo VIM 2.21).

---

<sup>1</sup>Centro Hospitalar São João

<sup>2</sup>Hospital Santo António

<sup>3</sup>Hospital Santa Maria

## 5. Conclusões e Recomendações

---

Todos os termómetros timpânicos calibrados, para os quatro níveis de temperaturas, estão conforme o erro máximo admissível de  $\pm 0,2$  °C, obtendo-se um erro menor que  $0,2$  °C com uma incerteza de  $U = \pm 0,12$  °C nos cinco termómetros calibrados.

Nos quatro níveis de temperaturas efetuadas, a incerteza que detém maior contribuição no resultado final da calibração, é a incerteza do padrão de referencia (termómetro padrão tipo Pt1000).

A melhor incerteza conseguida para o termómetro padrão tipo Pt1000 é de  $\pm 0,09$  °C, rastreada ao laboratório de Metrologia do CHSJ.

Sugeriu-se, por forma a obter uma melhor incerteza de calibração, que o termómetro padrão tipo Pt1000, fosse calibrado externamente. Até a data da realização do trabalho isso não foi possível.

Ainda no sentido da continuidade da validação do procedimento de calibração, foi solicitado a vários laboratorios acreditados, Nacionais e Internacionais (NPL - National Physical Laboratory(Laboratório Nacional de Pesos e Medidas-United Kingdom), orçamentos de calibração para o equipamento utilizado no respetivo procedimento, para os quatro níveis de temperatura ( $T=35$  °C,  $37$  °C,  $40,6$  °C e  $42$  °C), aonde deveria constar a melhor incerteza laboratorial conseguida. Obtiveram-se algumas respostas, as quais não satisfatórias, ficando aguardar até então, por novas respostas.

Desta forma a validação do procedimento para calibração de termómetros timpânicos, foi efetuada com os respetivos certificados de calibração que o laboratório de metrologia do CHSJ possui.

O controlo metrológico dos termómetros timpânicos, aqui mencionados tem por objetivo garantir a exatidão do resultado das medições dentro dos valores normativos.

Relativamente aos termómetros timpânicos testados neste procedimento, cumprem todos os requisitos exigidos pelas normas, considerando-se assim, aptos para a realização dos seus serviços.

### Trabalho Futuro:

No que concerne ao trabalho futuro poderá incidir, na calibração do termómetro padrão tipo Pt1000, em entidades acreditadas.

O Procedimento encontra-se validado, futuramente este procedimento poderá passar pela comparação interlaboratorial e finalmente acreditação(IPAC).

A emissividade é um fator muito importante para a medição da radiação Infravermelha. Serão necessários mais estudos desta ordem para que se consiga determinar a contribuição da emissividade no cálculo da incerteza do Black Body Insert (corpo negro), algo que poderá ser estudado em trabalhos futuros.

## 6. Bibliografia

### 6.1. Bibliografia

A bibliografia está o mais possível de acordo com a Norma Portuguesa NP 405-1<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Ver no site do Instituto Português da Qualidade-<http://www.ipq.pt/>



## Bibliografia

⟨URL: <http://www.educacaocerebral.com/biofeedback/>⟩

Gaussorgues, Gilbert; *“Infrared Thermography”*, Chapman & Hall, 1994.

SPECMAN, *“Medição e Análise Termográfica Capítulo I, Conceitos Básicos de Termografia”*, Portugal 2010.  
2010

INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE – *Vocabulário Internacional de Metrologia*. 1.<sup>a</sup> edição. 2012 ⟨URL: [http://www.ipq.pt/backfiles/VIM\\_IPQ\\_INMETRO\\_2012.pdf](http://www.ipq.pt/backfiles/VIM_IPQ_INMETRO_2012.pdf)⟩

EA-4/02 • *Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration*. Setembro 2013 ⟨URL: <http://www.european-accreditation.org/publication/ea-4-02-m>⟩

GENIUS 2. Junho 2014 ⟨URL: [www.Genius2training.com](http://www.Genius2training.com)⟩

INFARMED-Equipamento Médico. Abril 2014 ⟨URL: <http://www.infarmed.pt>⟩

Instituto Português de Acreditação. Maio 2014 ⟨URL: <http://www.ipac.pt/>⟩

Isocal Venus. Junho 2014 ⟨URL: [http://www.isotech.co.uk/files/product\\_file1-5.pdf](http://www.isotech.co.uk/files/product_file1-5.pdf)⟩

Organização Internacional de Metrologia Legal. Junho 2014 ⟨URL: <http://www.oiml.org/en/about/about-oiml>⟩

Ponto triplo da água. Julho 2014 ⟨URL: <http://pt.scribd.com/doc/77596435/PONTO-TRIPL0-DA-AGUA>⟩

SENSORES RESISTIVOS. Abril 2014 ⟨URL: <http://www.Eurolec.com>⟩

Sistema de Termorregulação. Julho 2014 ⟨URL: <http://www.fisiotic.org/>⟩

Termómetros digitais auriculares. Julho 2014 ⟨URL: <http://www.braun.com/pt/home.html>⟩

12470-1/5:2009, NP EN – *Termómetros clínicos - Desempenho dos Termómetros auriculares de infravermelhos (com dispositivo em máximo)*. IPQ, 2009 – Relatório Técnico

80601-2-56:2009, ISO – *Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement*. IPQ, 2009 – Relatório Técnico

80601-2-56:2012, EN ISO – *Medical electrical equipment - Part 2-56: Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement (ISO 80601-2-56:2009)*. IPQ, 2012 – Relatório Técnico

ANA LEDA BERTONCINI SIMÕES, Milva Maria Figueiredo De Martino – *Variabilidade circadiana da temperatura oral, timpânica e axilar em adultos hospitalizados*. Rev Esc Enferm USP 2007; 41(3):485-91

BERNARDO LM, HENKER R, O'Connor J. – *Temperature measurement in pediatric trauma patients: a comparison of thermometry and measurement routes*. J Emerg Nurs. 1999a, pp. 25(4):327-9. ⟨URL: <http://www.scielo.br/>⟩

BERNARDO LM, HENKER R, O'Connor J. – *Temperature measurement in pediatric trauma patients: a comparison of thermometry and measurement routes*. J Emerg Nurs. J Emerg Nurs. 1999b, pp. 25(4):327-9. ⟨URL: <http://www.scielo.br/pdf>⟩

- BETTA V, CASCETTA F, Sepe D. – *An assessment of infrared tympanic thermometers for body temperature measurement*. *Physiol Meas*. 1997, pp. 18(3):215–25. <URL: <http://www.scielo.br>>
- BRIOSCHI, Marcos Leal – *Metologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem infravermelha humana*. Universidade Feredal do Paraná., 2011 – Relatório Técnico
- COSTA, Carlos Magno – *Técnicas de mensuração da Temperatura Corporal. Uma especial atenção para as variações da temperatura da pele mensuradas por termografia ao longo do dia*. Dezembro 2012, Viçosa-Minas Grrais - Brasil BRASIL
- GISELE DORIGAN, Pro Dr Milva Maria Figueiredo de Martino – *Temperatura Timpânica*. UNICAMP Junho 2014
- HOLST, Gerald C. – *Common sense approach to thermal imaging*. SPIE-The International Society for Optical Engineering I 2000
- OLIVEIRA, ALINE VIVIANE, Alves-Oliveira Maria de Fátima – *O ENSINO DOS SINAIS VITAIS NA FORMAÇÃO DO TÉCNICO DE ENFERMAGEM: UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO*. Centro Universitário de Volta Redonda –, 2012, p. 1 <URL: <http://medicosdeportugal.saude.sapo.pt/glossario/hiperpirexia>>
- OLIVEIRA, Tiago Miguel Dias – *Análise de Sistemas de Energia e Máquinas Elétricas com recurso a termografia*. VERSÃO PROVISÓRIA edição. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto <URL: <http://paginas.fe.up.pt/>>
- SHU-FEI TSAI, HSIN-YI KO, Bor-Jiunn Wen Chia-Chen Li – *STANDARD BLACKBODY FOR INFRARED TYMPANIC THERMOMETERS*. Center for Measurement Standards 2006
- SUND-LEVANDER M, FORSBERG C, Wahren LK – *Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women*. a sistematic literature review. *Scand J Caring Sci*. 2002, pp. 16(2):122–28 <URL: <http://www.scielo.br/scielo.php>>
- T A BRENNAN, L L LEAPE, N M Laird L Hebert A R Localio A G Lawthers J P Newhouse P C Weiler H H Hiatt – *Incidence of adverse events and negligence in hospitalized patients*. HARVARD MEDICAL PRACTICE STUDY, 2004, pp.13;151–152 <URL: <http://www.oshmanlaw.com/Harvard-Medical-Practice-Study.pdf>>
- YARON M, LOWENSTEIN SR, Mclain JK. – *Measuring the accuracy of the infrared tympanic thermometer: correlation does not signify agreement*. *J Emerg Med*. 1995, pp. 13(5):671–21. <URL: [http://dx.doi.org/10.1016/0736-4679\(95\)00065-1](http://dx.doi.org/10.1016/0736-4679(95)00065-1)>

## Apêndice A.

### Procedimento para avaliação da temperatura timpânica recorrendo aos termómetros GENIUS 2.

A medição da temperatura timpânica, nos CHSJ<sup>1</sup>, HSA<sup>2</sup> e HSM<sup>3</sup> é realizada recorrendo aos Termómetros Timpânicos da marca COVIDIEN, modelo GENIUS<sup>TM</sup> 2, figura A.1. Este tipo de termómetro para ser preciso e fiável, deve seguir o seguinte procedimento (COVIDIEN, 2014):

---

<sup>1</sup>Centro Hospitalar São João

<sup>2</sup>Hospital Santo António

<sup>3</sup>Hospital Santa Maria





**COVIDIEN**  
*positive results for life™*

## Genius™ 2 Tympanic Thermometer and Base

### User guide

**1**



Visually inspect the ear canal of the patient to make sure it is clean and dry. If necessary, undertake routine ear cleansing. Note the general direction of the ear canal.

**2**



Remove the thermometer from the base unit by firmly grasping the handle and lifting it from the base.

**3**



Inspect the thermometer probe tip. It must be clean and free from any debris. If dirty, clean the probe tip as per the cleaning instructions in the user guide.

**4**



Push the probe tip firmly into a new AccuSystem™ probe cover. Dashes will appear on the LCD screen with the mode that has been selected.

**5**



Ensure that the probe cover is correctly positioned on the probe tip. None of the metal probe tip should be visible when the probe cover is in place. Inspect the probe cover to ensure that there are no holes or tears in the plastic film.

**6**



Gently insert the probe tip into the patient's ear canal. Seal the opening, and ensure that the probe tip is aligned with the direction of the ear canal.

**7**



Press and release the large triangular scan button.

**8**



Remove the probe tip from the ear as soon as the triple beep is heard.

**9**



The patient temperature and the probe cover eject icon will be displayed on the screen.

**10**



Press the eject button to release the probe cover into a waste receptacle.

**11**



Return the thermometer to the base unit for storage.

**Pulse Timer Mode**

1. Press and hold the timer button to activate the pulse timer mode. The screen will display 00.
2. Press the timer button (above) to activate the timer, which will run from 0-60 seconds.
3. The thermometer will sound a single beep after 15 seconds, 2 beeps after 30 seconds, 3 beeps after 45 seconds and 4 beeps after 60 seconds. At the end of 60 seconds, the thermometer will return to the "sleep" mode.
4. Pressing the timer button at any point while using the pulse timer will stop the timer and activate the "sleep" mode.

**Temperature recall**

10 seconds after a temperature has been taken, the thermometer will enter into "sleep" mode. To recall the last temperature taken, press and release the scan button. This temperature will be displayed on the screen for ten seconds.

**Sleep Mode**

If the Genius™ 2 thermometer has a probe cover attached but is left unused for 30-40 seconds the thermometer will enter a power saving "sleep" mode. To reactivate the thermometer, eject the attached probe cover and install a new one.

COVIDIEN, COVIDIEN with logo, Covidien logo and positive results for life are U.S. and/or internationally registered trademarks of Covidien AG. © 2011 Covidien. All rights reserved. MS\_2011\_SS\_0274

FOR MORE INFORMATION  
CALL: +44 (0) 203 027 1757  
EMAIL: UKSALES@COVIDIEN.COM

WWW.COVIDIEN.COM  
WWW.GENIUS2TRAINING.COM

Figura A.1.: Termómetros Timpânicos da marca COVIDIEN, modelo GENIUS™ 2

## Apêndice B.

### Características do Banho de bloco seco da Isotech

As calibrações da temperaturas timpânicas são realizadas recorrendo-se ao Banho de bloco seco da Isotech, marca Venus, figura [B.1](#) e [B.2](#) (ISOTECH., 2014).

# ISOCAL - 6 Range Europa • Venus • Calisto

- 35 x 160mm Calibration Volume
- The Most Flexible Temperature Calibrator
- S model includes Universal Input Temperature Indicator
- Windows Software and PC Interface

These models will calibrate temperature probes from -45°C to 250°C with unrivalled flexibility. As a traditional Dry Block, several thermometers can be quickly calibrated.

Accessories are available to convert to a stirred liquid bath, for surface sensor calibration, to calibrate infrared thermometers and even to use as an ITS-90 Fixed Point System with calibration uncertainties as small as 0.0005°C.

These award winning calibrators are easy to use - see the pictorial guide. For simple tests and checking of probes, these can be compared to the values shown on the advanced digital temperature controller. The SITE model includes an independent temperature indicator which, combined with a reference probe, ensures traceability, best practise, adherence to quality standards and calibration to the smallest of uncertainties. A three point traceable calibration certificate is included as standard with all models.

Isotech is a world leader in temperature calibration, providing many nations with their Primary Standards and operates a full scale UKAS accredited calibration laboratory. UKAS calibration at five points is optional and is provided from our in-house laboratory.

Benefit from our experience and understanding in calibration at all levels, our evaluation reports, our tutorials and uncertainty calculations.

These models meet the calibration capacity requirements of EURAMET/cg-13/v.01, "EA Guidelines on the Calibration of Temperature Block Calibrators, formerly EA10/13.

<http://www.isotech.co.uk/industrial/>

### Specification

| Model  | Europa 6 <sup>PLUS</sup>   | Venus <sup>PLUS</sup>   | Calisto <sup>PLUS</sup> |
|--|--|-------------------------|-------------------------|
| Temperature Range                                  | -45°C to 140°C (1)   | -35°C to 140°C (2)      | 30°C to 250°C (3)       |
| Stability  | Dry Block: ±0.03°C, Blackbody: ±0.3°C, Surface Sensor: ±0.5°C,<br>Liquid Bath: ±0.025°C, ITS-90 Cells: ±0.0005°C, Ice Bath: ±0.001°C (not Calisto) |                         |                         |
| Accuracy (4)                                       | 0.15°C   | 0.15°C                  | 0.25°C                  |
| Uniformity - Between Wells Dry Block Mode (Radial) | <0.008°C   | <0.008°C                | <0.02°C at 250°C        |
| Uniformity - Radial Liquid Bath Mode               | <0.02°C  | <0.02°C                 | <0.011°C at 250°C       |
| Uniformity - Lower 40mm (Axial) Dry Block Mode     | <0.040°C   | <0.040°C                | <0.25°C                 |
| Uniformity - Lower 40mm (Axial) As Liquid Bath     | <0.026°C   | <0.026°C                | <0.02°C at 250°C        |
| Heating Time                                       | -30°C to 140°C: 15 Mins  | -30°C to 140°C: 15 Mins | 25°C to 250°C: 15 Mins  |
| Cooling Time                                       | 140°C to 0°C: 15 Mins  | 140°C to 0°C: 15 Mins   | 250°C to 30°C: 25 Mins  |
| Insert Diameter                                    | 35mm   |                         |                         |
| Immersion Depth                                    | 160mm  |                         |                         |
| Insert Types                                       | Choice of Three - See Accessories  |                         |                         |
| PC Interface                                       | Included - Supplied with PC Cable and Software   |                         |                         |
| Power  | 300 Watts  | 150 Watts               | 300 Watts               |
| Voltage  | 115Vac or 230 Vac 50/60Hz  |                         |                         |
| Dimensions   | 302 x 176 x 262 mm   |                         |                         |
| Weight   | 14kg   | 10.2kg                  | 8kg                     |

(1) In ambient of 20°C: Minimum Temperature is 65°C Below Ambient, Absolute Minimum -55°C

(2) In ambient of 20°C: Minimum Temperature is 55°C Below Ambient, Absolute Minimum -45°C

(3) In ambient of 20°C

(4) Dry Block Mode only: Comparing 4.5mm Well to Controller Display Value.

A three point traceable calibration certificate is included. UKAS calibration options available, contact Isotech for advice and options.

| Features (Basic & Site)                                | Europa 6 <sup>PLUS</sup>  | Venus <sup>PLUS</sup> | Calisto <sup>PLUS</sup> |
|--|---|-----------------------|-------------------------|
| Dry Block  | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Stirred Liquid Bath Option                             | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Stirred Ice Bath Operation                             | ✓   | ✓                     | –                       |
| Surface Sensor Option                                  | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Infrared Calibration Option                            | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| ITS-90 Fixed Point Cells                               | Mercury, Water, Gallium   | Water, Gallium        | Gallium                 |
| Additional 8mm Pre-heat Pocket                         | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Configurable Units: °C, °F and K                       | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Supply Voltage Power Correction with Digital Filtering | Provides High Stability protecting against noise and supply voltage variation |                       |                         |
| Additional Features (Site)                             |   |                       |                         |
| Independant Temperature indicator                      | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Universal Input Types PT100                            | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Thermocouples Types K,N,R,S,L,PL2,T,J,E                | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Linear Process Inputs Including 4-20 mA                | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Stand Alone Thermostat Testing                         | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Thermostat Testing With PC                             | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Five Point Digital Probe Matching                      | ✓   | ✓                     | ✓                       |
| Configurable Units: °C, °F and K                       | ✓   | ✓                     | ✓                       |

Figura B.2.: Especificações do banho de bloco seco da Isotech



## Apêndice C.

### Relatório de Ensaio - Banho de Bloco Seco

Relatório de ensaio elaborado pelo CATIM, ao Banho de bloco seco, modelo ISOTECH Venus, figura [C.1](#), [C.2](#), [C.3](#), [C.4](#) e [C.5](#) .



Rua dos Plátanos, 197  
4100-414 Porto - Portugal  
Estrada do Paço do Lumiar -  
Campus do Lumiar - Edifício Q  
1649-038 Lisboa - Portugal

## Relatório de Ensaio Laboratório de Metrologia - Temperaturas

DATA DE EMISSÃO: 2010-09-15

RELATÓRIO Nº LMT20105006135/20

Página 1 de 5

### CLIENTE

Designação HOSPITAL DE S<sup>o</sup> JOÃO E.P.E  
Morada Serviços de Aprovisionamento, Alameda Prof. Hernâni Monteiro, Porto  
4202-451-Porto

### EQUIPAMENTO ENSAIADO

Designação BANHO SECO  
Marca ISOTECH  
Ref.<sup>a</sup> interna P20  
N.<sup>o</sup> série 30174-1  
Estado do equipamento O equipamento encontra-se em bom estado de conservação

Resolução do regulador do controlador 0.01 °C

Resolução do termómetro indicador do controlador 0.1 °C

### PRINCIPAL EQUIPAMENTO UTILIZADO

Unidade de leitura Ponte Tinsley Consort, nº ref<sup>a</sup> 93.40172/1, Calibrada no CATIM rastreável ao IPQ  
Sensor(es) PT100/SPRT 25: SPRT 25-06.50825; Sensores Calibrados no Catim Rastreável ao IPQ

### CONDIÇÕES DO TRABALHO REALIZADO

Local Nas instalações do CATIM.  
Data 2010-09-14  
Temperatura 22.0 °C  
Humidade 54 %hr

### DESCRIÇÃO

Medição dos perfis de temperatura segundo os procedimentos internos LMT P03.21, LMT P03.31, LMT P03.36 e LMT P03.42 do Laboratório de Metrologia - Temperaturas.

### RESULTADOS

A evolução da temperatura indicada pelos sensores foi medida e registada através de um sistema de aquisição de dados, preparado para produzir resultados à cadência de 1 varrimento de leituras por cada 10 segundos. A temperatura do regulador, indicador e a incerteza da medição por cada sensor estão representados nas tabelas.

"A incerteza expandida apresentada está expressa pela incerteza padrão multiplicada por um factor de expansão  $k=2$ , o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de aproximadamente 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02."

O IPAC é signatário dos acordos de reconhecimento mútuo da EA para calibrações, ensaios, certificações e inspecções.

O Técnico

( Aníbal José P. Pinheiro )

O Responsável Técnico

( Madalena Sarmento )



Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do CATIM

Figura C.1.: Relatório de ensaio - Banho Seco



Rua dos Plátanos, 197  
4100-414 Porto - Portugal  
Estrada do Paço do Lumiar -  
Campus do Lumiar - Edifício Q  
1649-038 Lisboa - Portugal

## Relatório de Ensaio Laboratório de Metrologia - Temperaturas

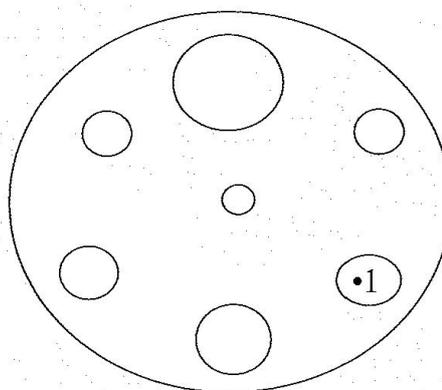
DATA DE EMISSÃO: 2010-09-15

RELATÓRIO Nº LMT20105006135/20

Página 2 de 5

### POSIÇÃO DOS PADRÕES DE REFERÊNCIA

| Posição | Padrão            |
|---------|-------------------|
| 1       | SPRT 25-06.50825; |



### LEGENDA DAS TABELAS

|              |  |
|--------------|--|
| T            | Temperatura média medida pelo termómetro de monitorização ( °C)                                |
| Tri          | Temperatura média medida pelo termómetro de referência na posição i ( °C)                      |
| Erro         | Diferença entre as temperatura médias T e TRI ( °C)  |
| Inc          | Incerteza expandida de medição na posição i ( °C)  |
| Estabilidade | Dada pela distribuição da variação da temperatura durante o ensaio na posição i (°C)           |
| Uniformidade | Máxima diferença entre as temperaturas médias medidas pelos termómetros de referência Tri (°C) |

Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do CATIM



Rua dos Plátanos, 197  
4100-414 Porto - Portugal

Estrada do Paço do Lumiar -  
Campus do Lumiar - Edifício Q  
1649-038 Lisboa - Portugal

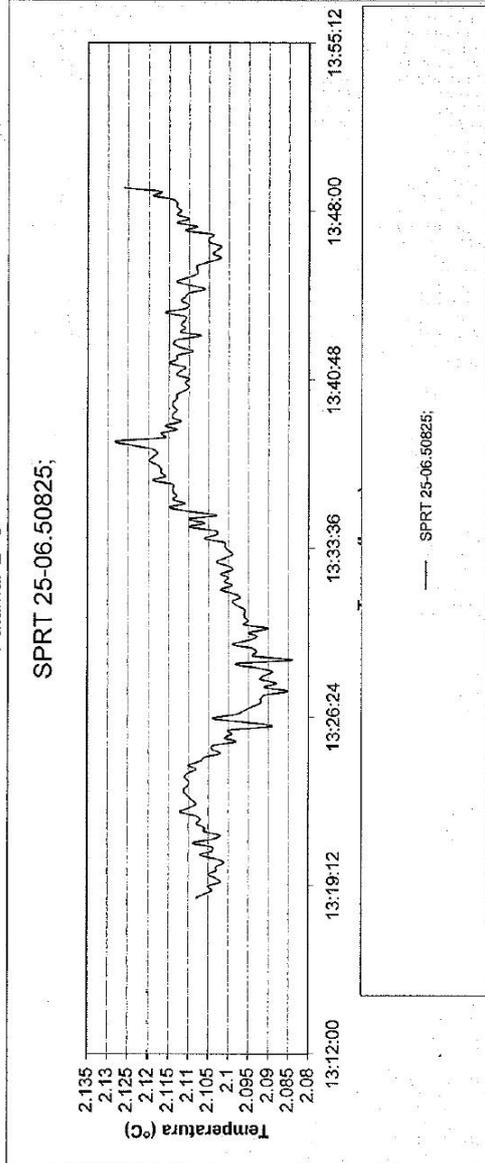
Página 4 de 5

RELATÓRIO Nº LMT20105006135/20

DATA DE EMISSÃO: 2010-09-15

| Valores Lidos no Equipamento |                | Cálculos de Incerteza de medição no Patamar |          | Cálculos |          |           |           |           |                   |                   |
|------------------------------|----------------|---|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|
| Regulador (°C)               | Indicador (°C) | Padrão (°C)                                 | inc (°C) | T (°C)   | Tri (°C) | Erro (°C) | Tmax (°C) | Tmin (°C) | Uniformidade (°C) | Estabilidade (°C) |
| 2.00                         | 2.11           | 2.10  | ±0.01    | 2.11     | 2.106    | 0.00      | 2.128     | 2.084     | 0.00              | 0.02              |
|                              |                | SPRT 25-06.50825;                           |          |          |          |           |           |           |                   |                   |

Gráfico 2  
Patamar 2 °C



Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do CATIM

Figura C.3.: Relatório de ensaio - Banho Seco (2/4)



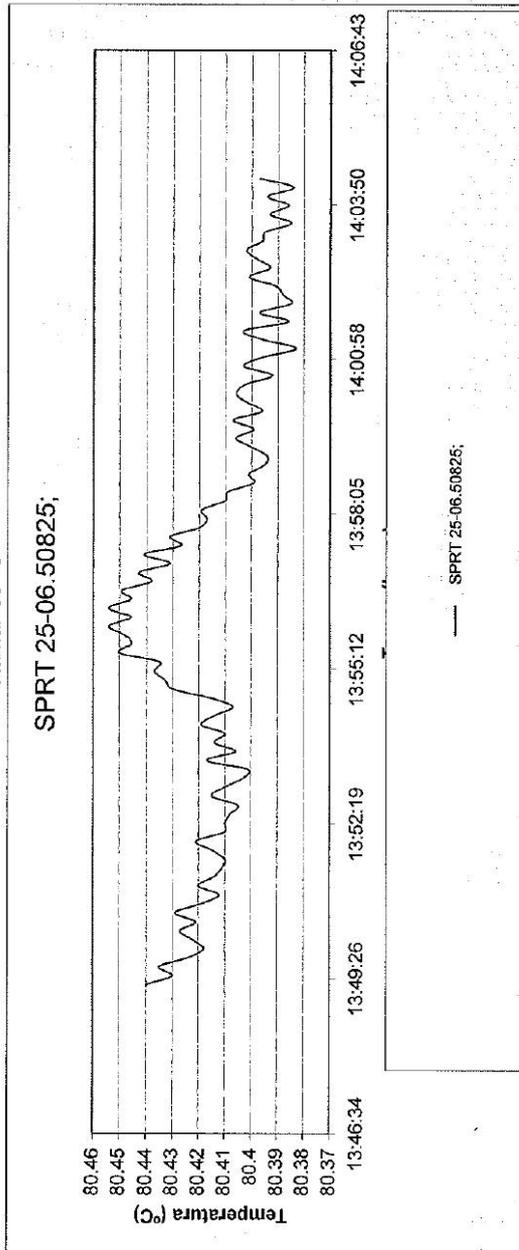
Rua dos Plátanos, 197  
4100-414 Porto - Portugal

Estrada do Paço do Lumiar -  
Campus do Lumiar - Edifício Q  
1649-038 Lisboa - Portugal

DATA DE EMISSÃO: 2010-09-15 RELATÓRIO Nº LMT201050006135/20 Página 5 de 5

| Valores Lidos no Equipamento |                | Cálculos de Incerteza de medição no Patamar |          |        |          | Cálculos  |           |           |                   |                   |
|------------------------------|----------------|---|----------|--------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|
| Regulador (°C)               | Indicador (°C) | Padrão (°C)                                 | Inc (°C) | T (°C) | Tri (°C) | Erro (°C) | Tmax (°C) | Tmin (°C) | Uniformidade (°C) | Estabilidade (°C) |
| 80.00                        | 80.02          | 79.99                                       | +/- 0.01 | 80.01  | 80.413   | -0.40     | 80.454    | 80.383    | 0.00              | 0.03              |

Gráfico 3  
Patamar 80 °C





Rua dos Plátanos, 197  
4100-414 Porto - Portugal

Estrada do Paço do Lumiar -  
Campus do Lumiar - Edifício G  
1649-038 Lisboa - Portugal

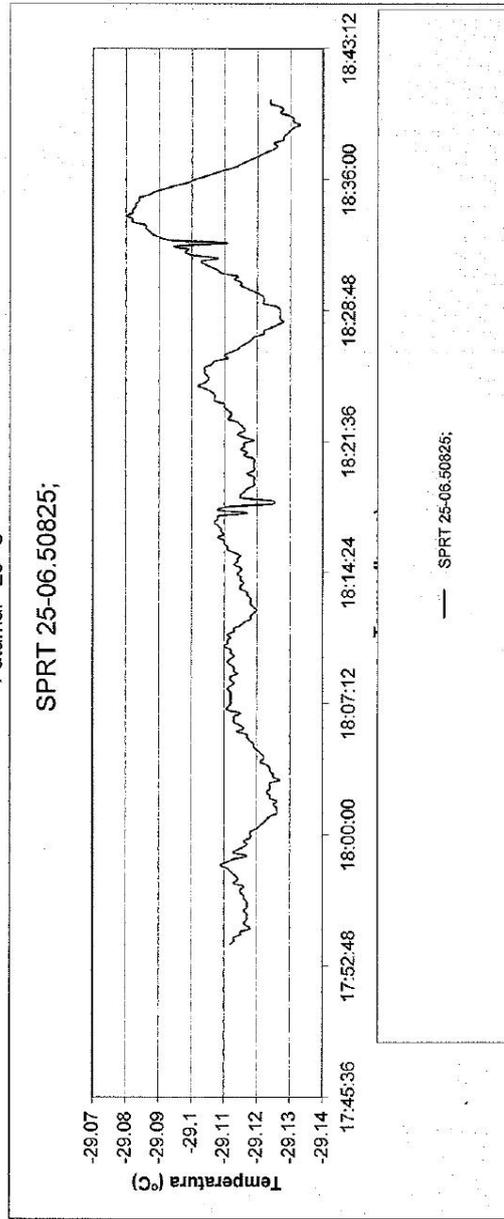
Página 3 de 5

RELATÓRIO Nº LMT20105006135/20

DATA DE EMISSÃO: 2010-09-15

| Valores Lidos no Equipamento |                                    | Cálculos de Incerteza de medição no Patamar |          | Cálculos |                      |           |                       |                       |                   |                   |
|------------------------------|------------------------------------|---|----------|----------|----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Regulador (°C)               | Indicador (°C)                     | Padrão (°C)                                 | Inc (°C) | T (°C)   | T <sub>Hi</sub> (°C) | Erro (°C) | T <sub>max</sub> (°C) | T <sub>min</sub> (°C) | Uniformidade (°C) | Estabilidade (°C) |
| -29.0                        | Máx. (°C) -29.0<br>Mín. (°C) -29.1 | SPRT 25-06.50825;                           | +/- 0.01 | -29.1    | -29.114              | 0.1       | -29.080               | -29.133               | 0.00              | 0.02              |

Gráfico 1  
Patamar -29 °C



Este documento não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização por escrito do CATIM

Figura C.5.: Relatório de ensaio - Banho Seco (4/4)

## Apêndice D.

### Certificado de calibração - Termómetro Padrão Pt1000

Certificado de calibração do termómetro padrão Pt1000, emitido pelo laboratório de Metrologia do Hospital São João. [D.1](#) e [D.2](#).



SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO | Laboratório de Metrologia

## Certificado de Calibração

Certificado Nº : CTER0081/14  
Data de Emissão: 14-05-2014

**Cliente** Hospital de São João, EPE  
Alameda Prof. Hermâni Monteiro  
Asprela 4200 - 319 Porto  
SJ-LM

**Equipamento** **Termómetro**  
Gama de medição: -30 a 200 °C      Resolução: 0,01 °C  
Marca: Eurolec      Modelo: PCTEMP RT2  
ID. Eq.: -      Nº série: 12502598  
Nº de Inventário: 54346

**Condições Ambientais** Temperatura: 22,8 °C      Humidade relativa: 32 % hr

**Operação efectuada** Calibração conforme o procedimento CER-PR020

**Local de execução** Laboratório de Metrologia do C.H.S.João (SJ-LM)

**Rastreabilidade** Sonda Tipo T associada a um Banho de Bloco Seco, P20, Rastreado ao CATIM. (Portugal)

**Estado do Equipamento** Novo.

**Data de calibração:** 14-05-2014

**Resultados** Encontram-se apresentados na(s) folha(s) em anexo.  
" A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão  $k=XX$ , o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02."

Calibrado por

José Rodrigo

Validado por

Ruben Mendes

Os resultados indicados referem-se apenas ao momento e às condições em que se efectuou a calibração, sendo válidos unicamente para o equipamento acima identificado.  
Este certificado não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização escrita do Laboratório.



## Certificado de Calibração

Certificado Nº : CTER0081/14  
Data de Emissão: 14-05-2014

### Temperatura

| Valor Referência | Valor Lido | Erro     | Incerteza | k=XX |
|------------------|------------|----------|-----------|------|
| 35,03 °C         | 35,04 °C   | 0,01 °C  | ± 0,09 °C | 2,03 |
| 37,02 °C         | 37,02 °C   | 0,00 °C  | ± 0,09 °C | 2,03 |
| 40,59 °C         | 40,63 °C   | 0,04 °C  | ± 0,09 °C | 2,03 |
| 42,02 °C         | 42,03 °C   | -0,01 °C | ± 0,09 °C | 2,03 |

Calibrado por

José Rodrigo

Validado por

Ruben Mendes



## Apêndice E.

### Tabela com os valores de emissividade mais comuns.

Neste apêndice: Tabela E.1 é apresentada duas tabelas com os valores de emissividade mais comuns para vários materiais (EMPTY).

Tabela E.2 é apresentado a informação da variação da emissividade com o ângulo de visão (HOLST, 2000).

Tabela A.1 - Valores de emissividade

| Material       | Estado da superfície          | Espetro | Emissividade |
|----------------|-------------------------------|---------|--------------|
| 3M tipo 35     | Fita eléctrica (várias cores) | LW      | 0,96         |
| 3M tipo 88     | Fita eléctrica vinil preto    | MW      | 0,96         |
| Aço inoxidável | folha, não tratado, estriado  | LW      | 0,28         |
| Aço inoxidável | folha, polido                 | LW      | 0,14         |
| Aço inoxidável | folha, polido                 | SW      | 0,18         |
| Aço inoxidável | laminado                      | T       | 0,45         |
| Água           | gelo                          | T       | 0,96         |
| Água           | neve                          | T       | 0,85         |
| Água           | destilada                     | T       | 0,96         |
| Alcatrão       |                               | T       | 0,79 - 0,84  |
| Alumínio       | Anodizado, opaco              | LW      | 0,97         |
| Alumínio       | Anodizado, folha              | LW      | 0,55         |
| Alumínio       | polido                        | T       | 0,04 - 0,06  |
| Barro          | Refratário                    | T       | 0,91         |
| Betão          |                               | T       | 0,92         |
| Borracha       | dura                          | T       | 0,97         |
| Cobre          | Comercial                     | T       | 0,07         |
| Cobre          | oxidado                       | T       | 0,6 - 0,7    |
| Cobre          | polido                        | T       | 0,03         |
| Couro          |                               | T       | 0,75 - 0,8   |
| Ferro          | moldado                       | T       | 0,81         |
| Ferro          | oxidado                       | T       | 0,65         |

|          |                               |    |             |
|----------|-------------------------------|----|-------------|
| Ferro    | Polido                        | T  | 0,21        |
| Ferro    | galvanizado                   | T  | 0,07        |
| Granito  | rugoso                        | LW | 0,87        |
| Latão    | laminado                      | T  | 0,06        |
| Latão    | oxidado                       | T  | 0,61        |
| Madeira  |                               | T  | 0,8 - 0,9   |
| Papel    | Diferentes cores              | T  | 0,92 - 0,94 |
| Pele     | Humana                        | T  | 0,98        |
| Plástico | Fibra de vidro                | LW | 0,91        |
| Plástico | PVC                           | T  | 0,93        |
| Tijolo   | Alvenaria                     | SW | 0,94        |
| Tinta    | Cores e Qualidades Diferentes | SW | 0,88 - 0,96 |
| Tinta    | Verde crómio                  | SW | 0,64 - 0,7  |
| Tinta    | Plástica                      | SW | 0,84        |
| Titânio  | oxidado                       | T  | 0,6         |
| Titânio  | Polido                        | T  | 0,15        |
| Zinco    | folha                         | T  | 0,2         |
| Zinco    | Oxidado                       | T  | 0,5 - 0,7   |
| Zinco    | Polido                        | T  | 0,04 - 0,05 |

Tabela B.2 - Variação da emissividade com o ângulo de visão

| Ângulo (°) | Emissividade | Temp. Câmara (°C) | Temp. Termopar (°C) |
|------------|--------------|-------------------|---------------------|
| 0          | 0,9          | 15,1              | 14,7                |
| 5          | 0,9          | 15,1              | 14,7                |
| 10         | 0,9          | 15,1              | 14,7                |
| 15         | 0,89         | 15,1              | 14,7                |
| 20         | 0,89         | 15,1              | 14,7                |
| 25         | 0,88         | 15,1              | 14,7                |
| 30         | 0,87         | 14,4              | 14,7                |
| 35         | 0,82         | 14,1              | 14,7                |
| 40         | 0,81         | 14                | 14,7                |
| 45         | 0,8          | 13,9              | 14,7                |
| 50         | 0,74         | 13,4              | 14,7                |
| 55         | 0,72         | 13                | 14,7                |
| 60         | 0,7          | 12,6              | 14,7                |
| 65         | 0,68         | 12,3              | 14,7                |
| 70         | 0,59         | 10,9              | 14,7                |
| 75         | 0,56         | 10,3              | 14,7                |
| 80         | 0,46         | 9,1               | 14,7                |
| 85         | 0,34         | 5,1               | 14,7                |
| 90         | 0,1          | 0                 | 14,7                |

Figura E.2.: Valores da variação da emissividade com o ângulo de visão



## Apêndice F.

### Procedimento de Calibração, Verificação e Ensaio - Centro Hospitalar São João.

CER-PR020-0- Procedimento de Calibração, Verificação e Ensaio



## Calibração / Verificação / Ensaio

SÃO JOÃO

### 1 - Objectivo:

O objectivo deste procedimento é descrever a forma como se processam as calibrações, verificações e ensaios dos Equipamentos de Monitorização e Medição (EMM) no Centro Hospitalar São João, EPE (CHSJ).

### 2 – Âmbito:

Este documento é aplicado aos EMM no CHSJ.

### 3 – Definições e siglas:

CER – Serviço de Certificação

CHSJ – Centro Hospitalar São João, EPE

CVE – Calibrações, Verificações e Ensaios

EMM – Equipamentos de Monitorização e Medição

EPE – Entidade Publica Empresarial

IM – Impresso

PR - Procedimento

SJ – LM – Laboratório de Metrologia do CHSJ

### 4 – Responsabilidades:

Este documento foi elaborado pelo Processo Metrologia, verificado pelo Processo Consultoria do CER e aprovado pelo Director CER.

### 5 – Documentos associados:

CER-IM043 – Plano de calibração

CER-IM044 – Controlo de Entradas e Saídas no SJ-LM

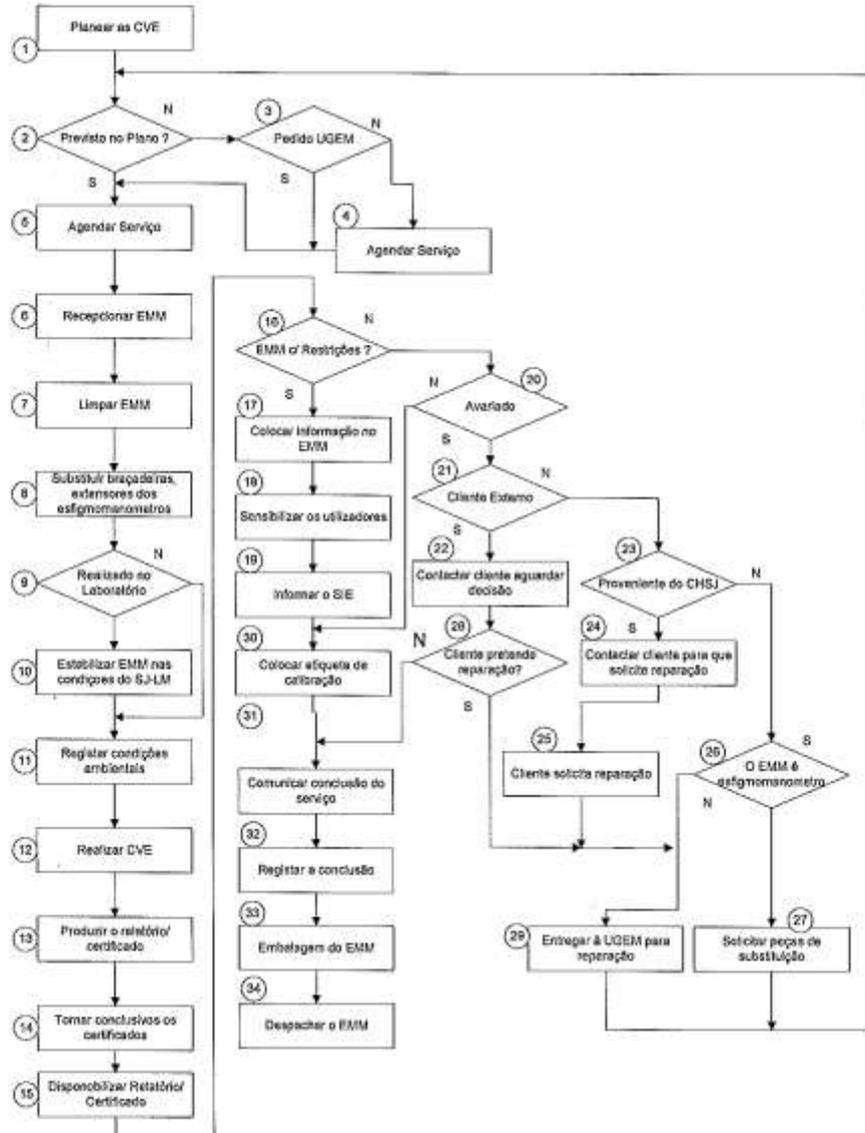
E-mail

Manuais de instruções dos EMM

### 6 – Legenda: Não aplicável



7- Procedimento:





SÃO JOÃO

## Calibração / Verificação / Ensaio

## Notas:

|  |                         |  |
|--|-------------------------|--|
| 1 – O SJ-LM regista no plano de calibrações as intervenções sempre que há um equipamento novo, ou levantamentos feitos nos serviços.   | Encarregado Operacional | CER-IM043  |
| 2 – Os EMM que não estejam previstos no plano são identificados e verificada a sua proveniência.   | EO                      | CER-IM043  |
| 3 – Os EMM não incluídos no plano provenientes da UGEM, que provêm de reparações ou de equipamentos novos, são colocados nas prateleiras.  | UGEM                    | OT   |
| 4 – Podem ainda surgir EMM para calibrar dos clientes externos, estes casos foram alvos do procedimento de análise de contrato.  | EO                      | Listagens de EMM, Guias de Transporte, Nota de Encomenda CER-PR018 |
| 5 – Tendo em consideração o plano de calibração existente e os pedidos provenientes da UGEM e dos clientes agendam-se as CVE. No caso das CVE internas mensalmente é enviado ao serviço a informação do agendamento e solicita-se o seu envio e insiste-se caso haja alguma demora no seu envio. Confirma-se a sua disponibilidade no prazo acordado.                          | EO                      | CER-IM043 Mail   |
| 6 - Os EMM que são recebidos no SJ-LM são registados à entrada e é verificado o estado como chegam. O EMM dos clientes externos que não possuam identificação é-lhes atribuído uma pelo CHSJ identificando o cliente, colocando-lhe uma etiqueta. Os EMM são colocados depois na zona de recepção. Se o EMM vier avariado proceder-se-á como indicado entre os pontos 20 a 28. | EO                      | CER-IM044 Mail   |
| 7 - Os EMM que serão calibrados são sujeitos a uma limpeza cuidada para reduzir o risco de infecção e para lhes retirar sujidades que possam perturbar a CVE. Utiliza-se um desinfetante, papel próprio, álcool, acetona e produto para remoção de etiquetas. Os cuidados a ter na limpeza devem ser aqueles que evitem riscos e permanências de resíduos.                     | Metrólogo               | -  |
| 8 - No caso de se tratar de esfigmomanómetros no qual se tenha detectado anomalias na braçadeiras e/ou extensor, reparam-se ou substituem-se os mesmos.  | Metrólogo               | OT   |
| 9 - Há situações em que o CVE não pode ser realizado dentro do LAB pelo que é necessário ir aos locais para a realizar. Os padrões e seus acessórios, os métodos são transportados para o local devidamente acondicionados. No local quando se proceder à CVE identifica-se a operação   | Metrólogo               | Métodos CVE  |



SÃO JOÃO

## Calibração / Verificação / Ensaio

|  |           |   |
|--|-----------|---|
| colocando a informação "Ensaio em Curso por favor não mexer. Em caso de necessidade contactar 1466"  |           |   |
| 10 – Quando os EMM são calibrados no SJ-LM ficam a estabilizar durante um tempo considerado razoável no mínimo 2 h. Procura-se por isso receber os EMM no mínimo de véspera.   | Metrólogo | CER-IM044   |
| 11 – Registam-se as condições ambientais associadas ao local da CVE  | Metrólogo | CER-IM047   |
| 12 – As CVE são realizadas de acordo com os métodos próprios para os EMM.  | Metrólogo | Métodos de CVE  |
| 13 – Após as CVE e os registos das mesmas produzem-se os relatórios/certificados apropriados aos EMM .   | Metrólogo | Relatórios e certificados de CVE                      |
| 14 – Os relatórios/certificados tornam-se conclusivos a partir do momento em que sejam conhecidos os EMA previstos em normas, recomendações/definições dos fornecedores, especificações dos clientes ou estudos/definições associadas às tolerâncias dos processos | Metrólogo | CER-PR017   |
| 15 – Os certificados são colocados numa base de dados acessível aos clientes internos através de autorização para acesso aos mesmos que é dado pelo SJ-LM a pessoas identificadas pelos Responsáveis dos Serviços.   | EO        | Relatórios e certificados de CVE                      |
| 16 – Sempre que os resultados das CVE não se encontrem dentro dos parâmetros exigidos, a utilização dos EMM pode vir a ser feita com restrições identificadas nos relatórios e certificados de CVE.  | Metrólogo | Relatórios e certificados de CVE                      |
| 17 – A identificação das restrições fica também disponível nos EMM. Coloca-se uma etiqueta própria, um esquema de localização das mesmas ou outra forma que permita ao utilizador conhecê-las  | Metrólogo | Informação no EMM<br>Etiqueta CER-IMxxx               |
| 18 – Os utilizadores dos EMM sob restrições são formados/sensibilizados para as mesmas.  | Metrólogo | Informação no EMM<br>Relatórios e certificados de CVE |
| 19 – O SIE é informado da existência de EMM com restrições, sempre que seja útil a sua intervenção para efeitos de ultrapassar ou minorar as mesmas através de manutenção ou substituição.   | Metrólogo | Email<br>Relatórios e certificados de CVE             |
| 20 – Caso os EMM demonstrem durante as CVE a existência de avarias, o SJ-LM coloca-lhe uma etiqueta de "Não conforme" e reage conforme os passos seguintes:  | Metrólogo | Etiqueta CER-IM091                                    |
| 21 – A acção a realizar sobre os EMM avariados depende se o cliente é interno ou externo   |           |   |
| 22 – No caso de o cliente ser externo, este é contactado para lhe expor a situação e aguarda-se a  | EO        | Email   |



## Calibração / Verificação / Ensaio

SÃO JOÃO

|  |                                |                             |
|--|--------------------------------|-----------------------------|
| 23 – Caso o EMM seja proveniente de um dos Serviços do CHSJ, o procedimento para o tratamento das avarias é feito pelo próprio Serviço.  | Responsável do Serviço         | -                           |
| 24 - Este é contactado pelo SJ-LM para lhe expor a situação da avaria do EMM, para que solicite a reparação do mesmo.  | EO                             | Email                       |
| 25 – O Serviço do CHSJ solicita a reparação do EMM avariado à UGEM   | Responsável do Serviço do CHSJ | OT                          |
| 26- Há uma excepção no caso de esfigmomanómetros avariados que pode ser tratada pelo SJ-LM   | -                              | -                           |
| 27 – Neste caso o SJ-LM solicita peças de substituição para reparar os esfigmomanómetros e posteriormente procede à sua calibração   | Metrólogo                      | OT                          |
| 28 – Os clientes externos que tenham interesse nas reparações pelo CHSJ dos seus EMM avariados, procedem ao seu pedido por escrito à UGEM/SIE que o avalia e responde ao cliente. Havendo acordo, os clientes terão que proceder ao envio de uma nota de encomenda que inclua a sua reparação e, caso mantenha o interesse, a sua CVE. | Clientes UGEM/SIE              | Email<br>Notas de Encomenda |
| 29 – A UGEM recebe directamente do SJ-LM os EMM avariados cujas OT sejam provenientes dos Serviços do CHSJ e das encomendas dos clientes externos para proceder à sua reparação. Depois de tal acontecer envia-os novamente ao SJ-LM para as CVE necessárias.  | UGEM                           | OT                          |
| 30 – Quando os EMM se encontram CVE é-lhes colocada uma etiqueta neles próprios ou nas embalagens onde eles normalmente são guardados. Esta etiqueta identifica o estado de calibração do EMM, a data da sua realização, o ID do EMM, o número do CVE e a data da próxima CVE.   | Metrólogo                      | Etiqueta CER-IMXXX          |
| 31- O SJ-LM comunica aos seus clientes a conclusão do serviço e solicita-lhes o seu levantamento ou a disponibilidade do mesmo.  | EO                             | Email<br>Telefone           |
| 32 - O SJ-LM procede aos registos das CVE realizadas   | EO                             | CER-IM043 CER-IM044         |
| 33 – Procede-se à embalagem dos EMM com filme plástico e colocados nas caixas de transporte utilizadas pelo cliente.   | Metrólogo                      |                             |
| 34 – Os EMM são entregues aos clientes presencialmente no CHSJ. Os AT recolhem-nos no SJ-LM ou faz-se a passagem dos EMM aos responsáveis dos Serviços quando as CVE são   | EO                             |                             |

Elaborado por: *[assinatura]* Verificado por: *[assinatura]* Aprovado por: *[assinatura]* 2013/03/09 Página 6 de 6



Calibração / Verificação / Ensaio

SÃO JOÃO

|  |  |  |
|--|--|--|
| realizadas nesses locais. Os EMM dos clientes externos podem ser entregues ao transportador dos mesmos e que se desloquem ao SJ-LM ou então por via postal preparado pelo SJ-LM e pela Secretaria-geral. |  |  |
|--|--|--|



## Apêndice G.

### Equipamento de verificação dos termómetros digitais timpânicos - Marca GENIUS2 e respectivo relatório.

Os termómetros digitais timpânicos GENIUS<sup>TM</sup> 2, passam por um processo de verificação, apenas para a temperatura de 32,1 °C e 40,6 °C, recorrendo ao equipamento fornecido pela marca dos termómetros digitais Timpânicos GENIUS<sup>TM</sup> 2, fig G.1.



Figura G.1.: Equipamento de verificação da Temperatura Timpânica da Covidien

Após verificação o equipamento elabora e emite um relatório, com a respetiva identificação do termómetro e com o resultado de calibração obtido para as 2 temperaturas verificadas, fig G.2.

## Genius 2 Checker/Calibrator Test Report

Date of Test: 05-14-2014  
Time of Test: 11:53:54 am

Name: UNKNOWN  
Organization: UNKNOWN

Genius 2 Serial Number: N13567295

Result: \*\*\*PASSED\*\*\* CALIBRATION CHECK

Ambient Temperature: 24.1 C

Adjusted To 0.1C Precision  
Low Target Temperature: 32.1 C  
Genius 2 Reading: 32.0 C  
Variance: -0.1 C

Adjusted To 0.1C Precision  
High Target Temperature: 40.6 C  
Genius 2 Reading: 40.8 C |  
Variance: +0.2 C

Status Flag: 000  
Checker/Calibrator SN: K0912924 SW Ver: 2.00  
Last Checker/Calibrator calibration on: 04-17-2014

Figura G.2.: Relatório emitido pelo equipamento da Covidien



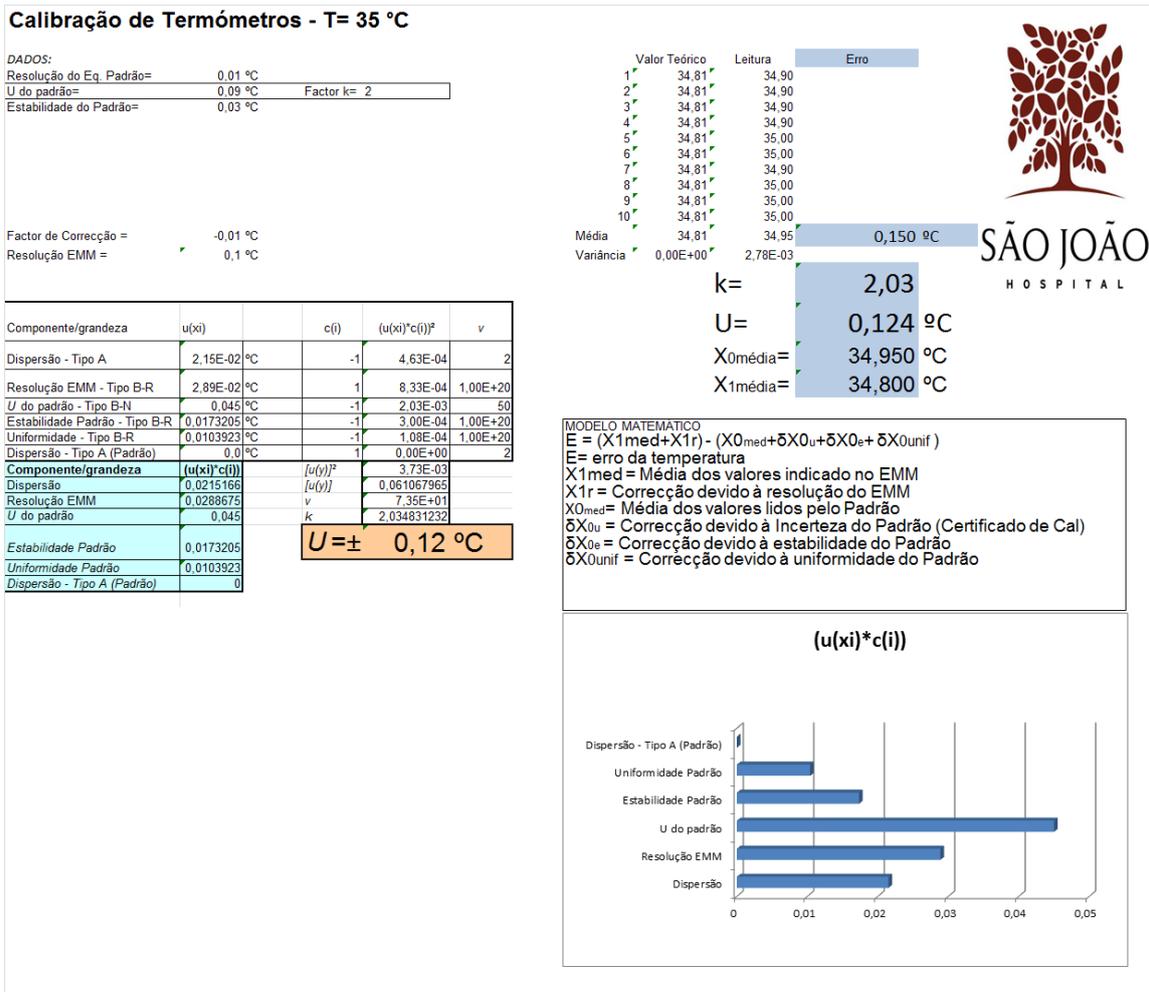


Figura H.2.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 35 °C

### Calibração de Termómetros - T= 37 °C

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = 0,0 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandezza               | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²   | v        |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|----------|
| Dispersão - Tipo A                 | 2,15E-02 °C         | -1                   | 4,63E-04        | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R           | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04        | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N             | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03        | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R     | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04        | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R            | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04        | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)        | 0,0021082 °C        | 1                    | 4,44E-06        | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>        | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,73E-03</b> |          |
| Dispersão                          | 0,0215166           | [u(y)]               | 0,061104343     |          |
| Resolução EMM                      | 0,0288675           | v                    | 7,37E+01        |          |
| U do padrão                        | 0,045               | k                    | 2,034831232     |          |
| <b>Estabilidade Padrão</b>         | <b>0,0173205</b>    | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                 |          |
| <b>Uniformidade Padrão</b>         | <b>0,0103923</b>    |                      |                 |          |
| <b>Dispersão - Tipo A (Padrão)</b> | <b>0,0021082</b>    |                      |                 |          |

|           | Valor Teórico | Leitura  | Erro     |
|-----------|---------------|----------|----------|
| 1         | 36,83         | 36,90    |          |
| 2         | 36,83         | 37,00    |          |
| 3         | 36,83         | 37,00    |          |
| 4         | 36,83         | 37,00    |          |
| 5         | 36,82         | 37,00    |          |
| 6         | 36,82         | 37,00    |          |
| 7         | 36,82         | 36,90    |          |
| 8         | 36,82         | 36,90    |          |
| 9         | 36,82         | 36,90    |          |
| 10        | 36,82         | 36,90    |          |
| Média     | 36,82         | 36,95    | 0,126 °C |
| Variância | 2,67E-05      | 2,78E-03 |          |



k= 2,03  
 U= 0,124 °C  
 X0média= 36,950 °C  
 X1média= 36,824 °C

MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1_r) - (X0_{med} + \delta X_{0u} + \delta X_{0e} + \delta X_{0unif})$   
 E= erro da temperatura  
 X1med= Média dos valores indicado no EMM  
 X1r= Correção devido à resolução do EMM  
 X0med= Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X_{0u}$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X_{0e}$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X_{0unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

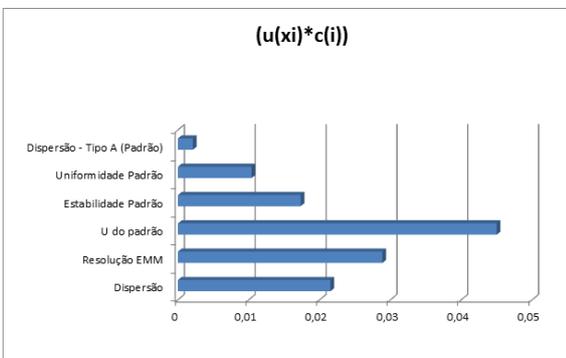


Figura H.3.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 37 °C

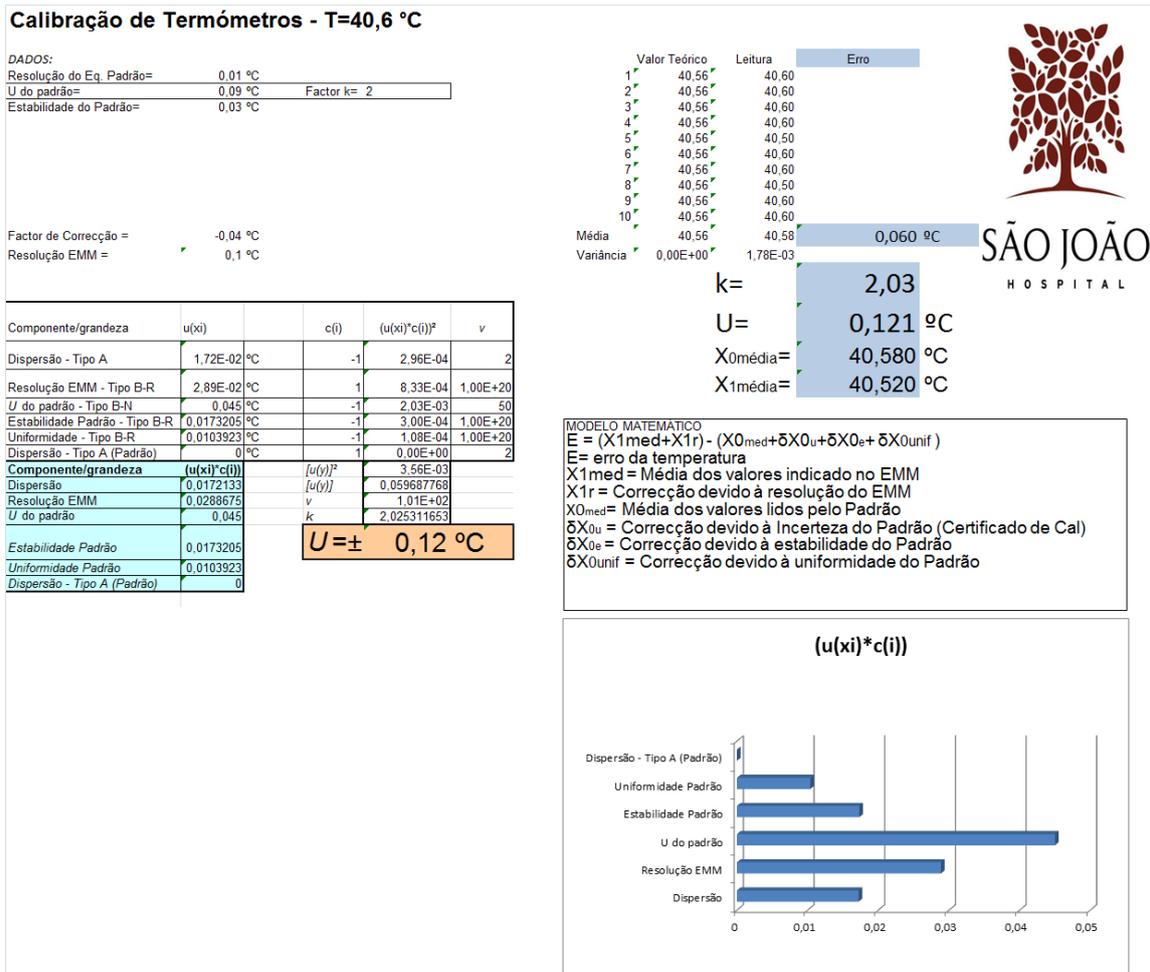


Figura H.4.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 40,6 °C

### Calibração de Termómetros - T= 42 °C

DADOS:

|                          |         |             |
|--------------------------|---------|-------------|
| Resolução do Eq. Padrão= | 0,01 °C |             |
| U do padrão=             | 0,09 °C | Factor k= 2 |
| Estabilidade do Padrão=  | 0,03 °C |             |

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Factor de Correção = | 0,01 °C |
| Resolução EMM =      | 0,1 °C  |

| Componente/grandezza               | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²      | v        |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|
| Dispersão - Tipo A                 | 2,15E-02 °C         | -1                   | 4,63E-04           | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R           | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04           | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N             | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03           | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R     | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04           | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R            | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04           | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)        | 0,0021517 °C        | 1                    | 4,63E-06           | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>        | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,73E-03</b>    |          |
| Dispersão                          | 0,0215166           | <b>[u(y)]</b>        | <b>0,061105858</b> |          |
| Resolução EMM                      | 0,0288675           | <b>v</b>             | <b>7,37E+01</b>    |          |
| U do padrão                        | 0,045               | <b>k</b>             | <b>2,034831232</b> |          |
| <b>Estabilidade Padrão</b>         | <b>0,0173205</b>    | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                    |          |
| <b>Uniformidade Padrão</b>         | <b>0,0103923</b>    |                      |                    |          |
| <b>Dispersão - Tipo A (Padrão)</b> | <b>0,0021517</b>    |                      |                    |          |

|           | Valor Teórico | Leitura  | Erro     |
|-----------|---------------|----------|----------|
| 1         | 41,85         | 42,00    |          |
| 2         | 41,85         | 42,00    |          |
| 3         | 41,86         | 41,90    |          |
| 4         | 41,86         | 41,90    |          |
| 5         | 41,86         | 41,90    |          |
| 6         | 41,86         | 41,90    |          |
| 7         | 41,85         | 42,00    |          |
| 8         | 41,85         | 42,00    |          |
| 9         | 41,86         | 41,90    |          |
| 10        | 41,85         | 42,00    |          |
| Média     | 41,86         | 41,95    | 0,085 °C |
| Variância | 2,78E-05      | 2,78E-03 |          |



**k= 2,03**  
**U= 0,124 °C**  
**X0média= 41,950 °C**  
**X1média= 41,865 °C**

**MODELO MATEMATICO**  
**E = (X1med+X1r) - (X0med+δX0u+δX0e+ δX0unif)**  
**E= erro da temperatura**  
**X1med = Média dos valores indicado no EMM**  
**X1r = Correção devido à resolução do EMM**  
**X0med = Média dos valores lidos pelo Padrão**  
**δX0u = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)**  
**δX0e = Correção devido à estabilidade do Padrão**  
**δX0unif = Correção devido à uniformidade do Padrão**

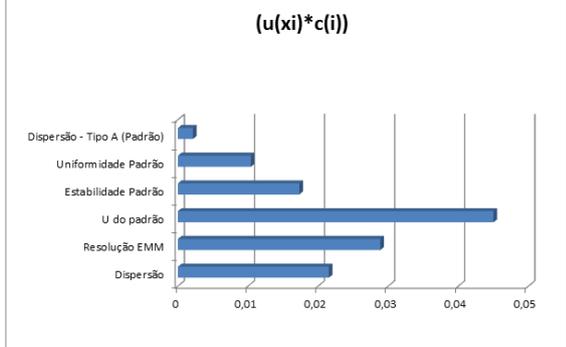


Figura H.5.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 42 °C



SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO | Laboratório de Metrologia

## Certificado de Calibração

Certificado Nº : CTER0002/14  
Data de Emissão: 17-06-2014

Cliente Hospital de São João, EPE  
Alameda Prof. Hernâni Monteiro  
Asprela 4200 - 319 Porto

Equipamento **Termómetro**  
Gama de medição: 33 a 42° C      Resolução: 0,1 °C  
Marca: Génius      Modelo: 2  
ID. Eq.: -      Nº série: 13577497  
Nº de Inventário: -

Condições Ambientais Temperatura: 23,0 °C      Humidade relativa: 33 % hr

Operação efectuada Calibração conforme o procedimento CER-PR020

Local de execução Laboratório de Metrologia do C.H.S.João (SJ-LM)

Rastreabilidade Sonda Tipo Pt1000 Rastreado ao HSJ, associada a um Banho de Bloco Seco, P20, Rastreado ao CATIM. (Portugal)

Estado do Equipamento Em serviço.

Data de calibração: 14-05-2014

Resultados Encontram-se apresentados na(s) folha(s) em anexo.  
" A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão k=XX, o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02."

Calibrado por

Sandra Castro

Validado por

Ruben Mendes

Os resultados indicados referem-se apenas ao momento e às condições em que se efectuou a calibração, sendo válidos unicamente para o equipamento acima identificado.

Este certificado não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização escrita do Laboratório.

Figura H.6.: Certificado calibração Nº: CTR0002/14



## Certificado de Calibração

Certificado Nº : CTER0002/14  
Data de Emissão: 17-06-2014

### Temperatura

| Valor Referência | Valor Lido | Erro   | Incerteza | k=XX |
|------------------|------------|--------|-----------|------|
| 34,80 °C         | 35,0 °C    | 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 36,82 °C         | 37,0 °C    | 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 40,52 °C         | 40,6 °C    | 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 41,87 °C         | 42,0 °C    | 0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |

Resultado Final: O equipamento está não conforme para a tolerância definida de 0,2°C.

Calibrado por

Sandra Castro

Validado por

Ruben Mendes

Figura H.7.: Certificado calibração Nº: CTR0002/14



### Calibração de Termómetros - T= 35 °C

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C      Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = -0,01 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandeza                | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²      | v        |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|
| Dispersão - Tipo A                 | 2,11E-02 °C         | -1                   | 4,44E-04           | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R           | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04           | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N             | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03           | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R     | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04           | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R            | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04           | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)        | 0,0017213 °C        | 1                    | 2,96E-06           | 2        |
| <b>Componente/grandeza</b>         | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,71E-03</b>    |          |
| Dispersão                          | 0,0210819           | <b>[u(y)]</b>        | <b>0,060940469</b> |          |
| Resolução EMM                      | 0,0288675           | <b>v</b>             | <b>7,63E+01</b>    |          |
| U do padrão                        | 0,045               | <b>k</b>             | <b>2,033434068</b> |          |
| <b>Estabilidade Padrão</b>         | <b>0,0173205</b>    | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                    |          |
| <b>Uniformidade Padrão</b>         | <b>0,0103923</b>    |                      |                    |          |
| <b>Dispersão - Tipo A (Padrão)</b> | <b>0,0017213</b>    |                      |                    |          |

|           | Valor Teórico | Leitura  | Erro     |
|-----------|---------------|----------|----------|
| 1         | 35,01         | 35,00    |          |
| 2         | 35,01         | 35,00    |          |
| 3         | 35,01         | 35,00    |          |
| 4         | 35,00         | 35,10    |          |
| 5         | 35,01         | 35,00    |          |
| 6         | 35,01         | 35,10    |          |
| 7         | 35,01         | 35,00    |          |
| 8         | 35,01         | 35,10    |          |
| 9         | 35,00         | 35,10    |          |
| 10        | 35,01         | 35,00    |          |
| Média     | 35,01         | 35,04    | 0,042 °C |
| Variância | 1,78E-05      | 2,67E-03 |          |



k= 2,03  
 U= 0,124 °C  
 X0média= 35,040 °C  
 X1média= 34,998 °C

MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E = erro da temperatura  
 X1med = Média dos valores indicado no EMM  
 X1r = Correção devido à resolução do EMM  
 X0med = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

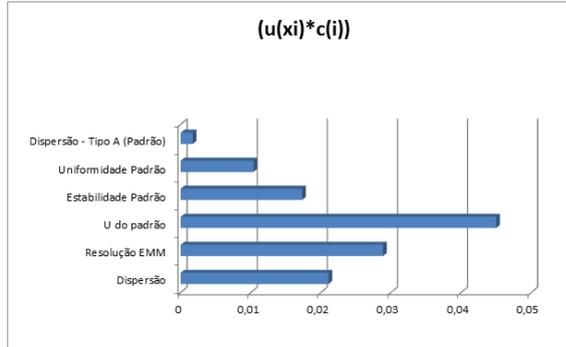


Figura H.9.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 35 °C

**Calibração de Termómetros - T= 37 °C**

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = 0,0 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandezza           | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²   | v        |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|----------|
| Dispersão - Tipo A             | 2,11E-02 °C         | -1                   | 4,44E-04        | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04        | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03        | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04        | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04        | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0 °C              | 1                    | 0,00E+00        | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>    | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,71E-03</b> |          |
| Dispersão                      | 0,0210819           | [u(y)]               | 0,060916154     |          |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           | v                    | 7,62E+01        |          |
| U do padrão                    | 0,045               | k                    | 2,033434068     |          |
| Estabilidade Padrão            | 0,0173205           | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                 |          |
| Uniformidade Padrão            | 0,0103923           |                      |                 |          |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0                 |                      |                 |          |

|                 | Valor Teórico | Leitura  | Erro             |
|-----------------|---------------|----------|------------------|
| 1               | 37,00         | 36,90    |                  |
| 2               | 37,00         | 36,90    |                  |
| 3               | 37,00         | 36,90    |                  |
| 4               | 37,00         | 36,90    |                  |
| 5               | 37,00         | 37,00    |                  |
| 6               | 37,00         | 37,00    |                  |
| 7               | 37,00         | 37,00    |                  |
| 8               | 37,00         | 37,00    |                  |
| 9               | 37,00         | 37,00    |                  |
| 10              | 37,00         | 37,00    |                  |
| Média           | 37,00         | 36,96    | -0,040 °C        |
| Variância       | 0,00E+00      | 2,67E-03 |                  |
| <b>k=</b>       |               |          | <b>2,03</b>      |
| <b>U=</b>       |               |          | <b>0,124 °C</b>  |
| <b>X0média=</b> |               |          | <b>36,960 °C</b> |
| <b>X1média=</b> |               |          | <b>37,000 °C</b> |



**SÃO JOÃO**  
HOSPITAL

MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E = erro da temperatura  
 $X1_{med}$  = Média dos valores indicado no EMM  
 $X1r$  = Correção devido à resolução do EMM  
 $X0_{med}$  = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

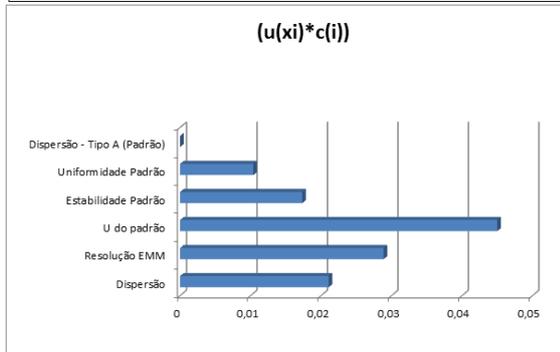


Figura H.10.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 37 °C

### Calibração de Termómetros - T= 40,6 °C

DADOS:

|                          |         |             |
|--------------------------|---------|-------------|
| Resolução do Eq. Padrão= | 0,01 °C |             |
| U do padrão=             | 0,09 °C | Factor k= 2 |
| Estabilidade do Padrão=  | 0,03 °C |             |

|                      |          |
|----------------------|----------|
| Factor de Correção = | -0,04 °C |
| Resolução EMM =      | 0,1 °C   |

|           | Valor Teórico | Leitura  | Erro      |
|-----------|---------------|----------|-----------|
| 1         | 40,60         | 40,50    |           |
| 2         | 40,60         | 40,60    |           |
| 3         | 40,60         | 40,60    |           |
| 4         | 40,60         | 40,60    |           |
| 5         | 40,61         | 40,50    |           |
| 6         | 40,61         | 40,50    |           |
| 7         | 40,61         | 40,50    |           |
| 8         | 40,61         | 40,60    |           |
| 9         | 40,61         | 40,60    |           |
| 10        | 40,61         | 40,50    |           |
| Média     | 40,61         | 40,55    | -0,016 °C |
| Variância | 2,67E-05      | 2,78E-03 |           |



SÃO JOÃO  
HOSPITAL

k= 2,03  
 U= 0,124 °C  
 X0média= 40,550 °C  
 X1média= 40,566 °C

| Componente/grandeza                | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²      | v        |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|
| Dispersão - Tipo A                 | 2,15E-02 °C         | -1                   | 4,63E-04           | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R           | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04           | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N             | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03           | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R     | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04           | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R            | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04           | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)        | 0,0021082 °C        | 1                    | 4,44E-06           | 2        |
| <b>Componente/grandeza</b>         | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,73E-03</b>    |          |
| Dispersão                          | 0,0215166           | <b>[u(y)]</b>        | <b>0,061104343</b> |          |
| Resolução EMM                      | 0,0288675           | <b>v</b>             | <b>7,37E+01</b>    |          |
| U do padrão                        | 0,045               | <b>k</b>             | <b>2,034831232</b> |          |
| <b>Estabilidade Padrão</b>         | <b>0,0173205</b>    | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                    |          |
| <b>Uniformidade Padrão</b>         | <b>0,0103923</b>    |                      |                    |          |
| <b>Dispersão - Tipo A (Padrão)</b> | <b>0,0021082</b>    |                      |                    |          |

MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1med+X1r) - (X0med+\delta X0u+\delta X0e+\delta X0unif)$   
 E= erro da temperatura  
 X1med = Média dos valores indicado no EMM  
 X1r = Correção devido à resolução do EMM  
 X0med = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0unif$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

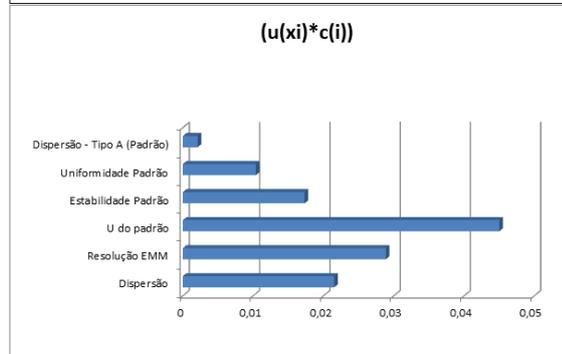


Figura H.11.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 40,6 °C

**Calibração de Termómetros - T= 42 °C**

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = 0,01 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandezza           | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²   | v        |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|----------|
| Dispersão - Tipo A             | 2,11E-02 °C         | -1                   | 4,44E-04        | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04        | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03        | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04        | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04        | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0021082 °C        | 1                    | 4,44E-06        | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>    | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,72E-03</b> |          |
| Dispersão                      | 0,0210819           | [u(y)]               | 0,060952623     |          |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           | v                    | 7,63E+01        |          |
| U do padrão                    | 0,045               | k                    | 2,033434068     |          |
| Estabilidade Padrão            | 0,0173205           | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                 |          |
| Uniformidade Padrão            | 0,0103923           |                      |                 |          |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0021082           |                      |                 |          |

|                 | Valor Teórico | Leitura  | Erro             |
|-----------------|---------------|----------|------------------|
| 1               | 42,02         | 42,00    |                  |
| 2               | 42,02         | 42,00    |                  |
| 3               | 42,02         | 42,00    |                  |
| 4               | 42,02         | 42,00    |                  |
| 5               | 42,02         | 42,00    |                  |
| 6               | 42,02         | 41,90    |                  |
| 7               | 42,01         | 41,90    |                  |
| 8               | 42,01         | 42,00    |                  |
| 9               | 42,01         | 41,90    |                  |
| 10              | 42,01         | 41,90    |                  |
| Média           | 42,02         | 41,96    | -0,066 °C        |
| Variância       | 2,67E-05      | 2,67E-03 |                  |
| <b>k=</b>       |               |          | <b>2,03</b>      |
| <b>U=</b>       |               |          | <b>0,124 °C</b>  |
| <b>X0média=</b> |               |          | <b>41,960 °C</b> |
| <b>X1média=</b> |               |          | <b>42,026 °C</b> |



**SÃO JOÃO**  
HOSPITAL

MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E = erro da temperatura  
 X1med = Média dos valores indicado no EMM  
 X1r = Correção devido à resolução do EMM  
 X0med = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

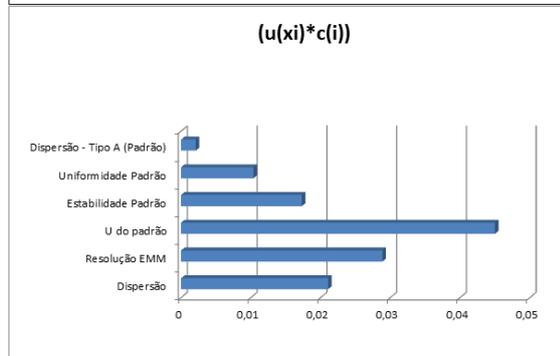


Figura H.12.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 42 °C



SÃO JOÃO

SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO | Laboratório de Metrologia

## Certificado de Calibração

Certificado Nº : CTER0003/14  
Data de Emissão: 17-06-2014

Cliente Hospital de São João, EPE  
Alameda Prof. Hernâni Monteiro  
Asprela 4200 - 319 Porto

Equipamento **Termómetro**  
Gama de medição: 33 a 42° C      Resolução: 0,1 °C  
Marca: Génius      Modelo: 2  
ID. Eq.: -      Nº série: 13567295  
Nº de Inventário: -

Condições Ambientais      Temperatura: 23,0 °C      Humidade relativa: 33 % hr

Operação efectuada      Calibração conforme o procedimento CER-PR020

Local de execução      Laboratório de Metrologia do C.H.S.João (SJ-LM)

Rastreabilidade      Sonda Tipo Pt1000 Rasreado ao HSJ, associada a um Banho de Bloco Seco, P20, Rastreado ao CATIM. (Portugal)

Estado do Equipamento      Em serviço.

Data de calibração: 08-05-2014

Resultados Encontram-se apresentados na(s) folha(s) em anexo.  
" A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão  $k=XX$ , o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02."

Calibrado por

Sandra Castro

Validado por

Ruben Mendes

Os resultados indicados referem-se apenas ao momento e às condições em que se efectuou a calibração, sendo válidos unicamente para o equipamento acima identificado.  
Este certificado não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização escrita do Laboratório.

Figura H.13.: Certificado calibração Nº: CTR0003/14



SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO | Laboratório de Metrologia

## Certificado de Calibração

Certificado Nº : CTER0003/14  
Data de Emissão: 17-06-2014

### Temperatura

| Valor Referência | Valor Lido | Erro    | Incerteza | k=XX |
|------------------|------------|---------|-----------|------|
| 35,00 °C         | 35,0 °C    | 0,0 °C  | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 37,00 °C         | 37,0 °C    | 0,0 °C  | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 40,57 °C         | 40,6 °C    | 0,0 °C  | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 42,03 °C         | 42,0 °C    | -0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |

Resultado Final: O equipamento está conforme para a tolerância definida de 0,2°C.

Calibrado por

Sandra Castro

Validado por

Ruben Mendes

Figura H.14.: Certificado calibração Nº: CTR0003/14

## Apêndice I.

Resultados e respectivas folhas de cálculo, adquiridos para os termómetros timpânicos calibrados- Continuação.



### Calibração de Termómetros - T= 35 °C

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = -0,01 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

|           | Valor Teórico | Leitura  | Erro     |
|-----------|---------------|----------|----------|
| 1         | 35,02         | 35,10    |          |
| 2         | 35,02         | 35,10    |          |
| 3         | 35,02         | 35,10    |          |
| 4         | 35,02         | 35,10    |          |
| 5         | 35,01         | 35,20    |          |
| 6         | 35,01         | 35,10    |          |
| 7         | 35,02         | 35,10    |          |
| 8         | 35,02         | 35,20    |          |
| 9         | 35,02         | 35,20    |          |
| 10        | 35,01         | 35,10    |          |
| Média     | 35,02         | 35,13    | 0,123 °C |
| Variância | 2,33E-05      | 2,33E-03 |          |



k= 2,03  
 U= 0,123 °C  
 X0média= 35,130 °C  
 X1média= 35,007 °C

| Componente/grandezza           | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²      | v        |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|
| Dispersão - Tipo A             | 1,97E-02 °C         | -1                   | 3,89E-04           | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04           | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03           | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04           | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04           | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,001972 °C         | 1                    | 3,89E-06           | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>    | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,66E-03</b>    |          |
| Dispersão                      | 0,0197203           | <b>[u(y)]</b>        | <b>0,060490587</b> |          |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           | v                    | <b>8,49E+01</b>    |          |
| U do padrão                    | 0,045               | k                    | <b>2,030203335</b> |          |
| Estabilidade Padrão            | 0,0173205           | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                    |          |
| Uniformidade Padrão            | 0,0103923           |                      |                    |          |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,001972            |                      |                    |          |

MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E = erro da temperatura  
 X1med = Média dos valores indicado no EMM  
 X1r = Correção devido à resolução do EMM  
 X0med = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

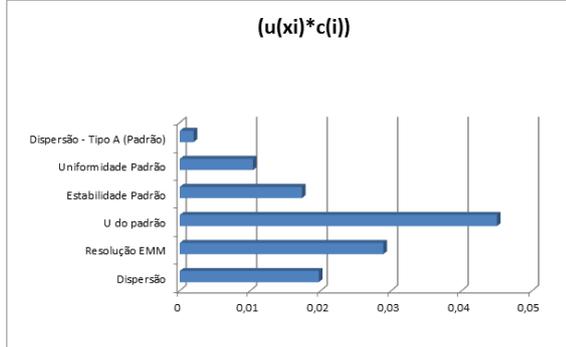


Figura I.2.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T=35 °C

**Calibração de Termómetros - T= 37 °C**

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = 0,0 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandezza           | u(xi)               | c(i)           | (u(xi)*c(i))² | v           |
|--------------------------------|---------------------|----------------|---------------|-------------|
| Dispersão - Tipo A             | 2,11E-02 °C         | -1             | 4,44E-04      | 2           |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1              | 8,33E-04      | 1,00E+20    |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1             | 2,03E-03      | 50          |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1             | 3,00E-04      | 1,00E+20    |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1             | 1,08E-04      | 1,00E+20    |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0021517 °C        | 1              | 4,63E-06      | 2           |
| <b>Componente/grandezza</b>    | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b> | <b>[u(y)]</b> | <b>v</b>    |
| Dispersão                      | 0,0210819           | 0,060954142    | 7,64E+01      | 2,033434068 |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           |                |               |             |
| U do padrão                    | 0,045               |                |               |             |
| Estabilidade Padrão            | 0,0173205           |                |               |             |
| Uniformidade Padrão            | 0,0103923           |                |               |             |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0021517           |                |               |             |

**U = ± 0,12 °C**

|                 | Valor Teórico | Leitura  | Erro             |
|-----------------|---------------|----------|------------------|
| 1               | 37,00         | 37,00    |                  |
| 2               | 37,01         | 37,10    |                  |
| 3               | 37,01         | 37,10    |                  |
| 4               | 37,01         | 37,10    |                  |
| 5               | 37,00         | 37,00    |                  |
| 6               | 37,00         | 37,00    |                  |
| 7               | 37,01         | 37,10    |                  |
| 8               | 37,00         | 37,00    |                  |
| 9               | 37,01         | 37,10    |                  |
| 10              | 37,00         | 37,10    |                  |
| Média           | 37,01         | 37,06    | 0,055 °C         |
| Variância       | 2,78E-05      | 2,67E-03 |                  |
| <b>k=</b>       |               |          | <b>2,03</b>      |
| <b>U=</b>       |               |          | <b>0,124 °C</b>  |
| <b>X0média=</b> |               |          | <b>37,060 °C</b> |
| <b>X1média=</b> |               |          | <b>37,005 °C</b> |



MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E = erro da temperatura  
 $X1_{med}$  = Média dos valores indicado no EMM  
 $X1r$  = Correção devido à resolução do EMM  
 $X0_{med}$  = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

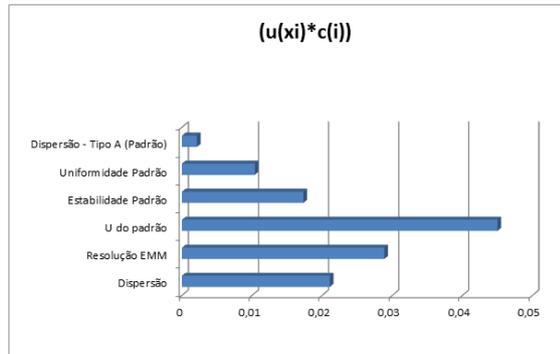


Figura I.3.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 37 °C

### Calibração de Termómetros -T= 40,6 °C

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = -0,04 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandezza               | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²   | v        |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------|----------|
| Dispersão - Tipo A                 | 3,06E-15 °C         | -1                   | 9,36E-30        | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R           | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04        | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N             | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03        | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R     | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04        | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R            | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04        | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)        | 0,0021082 °C        | 1                    | 4,44E-06        | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>        | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,27E-03</b> |          |
| Dispersão                          | 3,058E-15           | [u(y)]               | 0,057190714     |          |
| Resolução EMM                      | 0,0288675           | v                    | 1,30E+02        |          |
| U do padrão                        | 0,045               | k                    | 2,019415796     |          |
| <b>Estabilidade Padrão</b>         | <b>0,0173205</b>    | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                 |          |
| <b>Uniformidade Padrão</b>         | <b>0,0103923</b>    |                      |                 |          |
| <b>Dispersão - Tipo A (Padrão)</b> | <b>0,0021082</b>    |                      |                 |          |

|                 | Valor Teórico    | Leitura  | Erro     |
|-----------------|------------------|----------|----------|
| 1               | 40,61            | 40,60    |          |
| 2               | 40,61            | 40,60    |          |
| 3               | 40,61            | 40,60    |          |
| 4               | 40,61            | 40,60    |          |
| 5               | 40,62            | 40,60    |          |
| 6               | 40,62            | 40,60    |          |
| 7               | 40,62            | 40,60    |          |
| 8               | 40,62            | 40,60    |          |
| 9               | 40,62            | 40,60    |          |
| 10              | 40,62            | 40,60    |          |
| Média           | 40,62            | 40,60    | 0,024 °C |
| Variância       | 2,67E-05         | 5,61E-29 |          |
| <b>k=</b>       | <b>2,02</b>      |          |          |
| <b>U=</b>       | <b>0,115 °C</b>  |          |          |
| <b>X0média=</b> | <b>40,600 °C</b> |          |          |
| <b>X1média=</b> | <b>40,576 °C</b> |          |          |



MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1med+X1r) - (X0med+\delta X0u+\delta X0e+\delta X0unif)$   
 E= erro da temperatura  
 X1med = Média dos valores indicado no EMM  
 X1r = Correção devido à resolução do EMM  
 X0med = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0unif$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

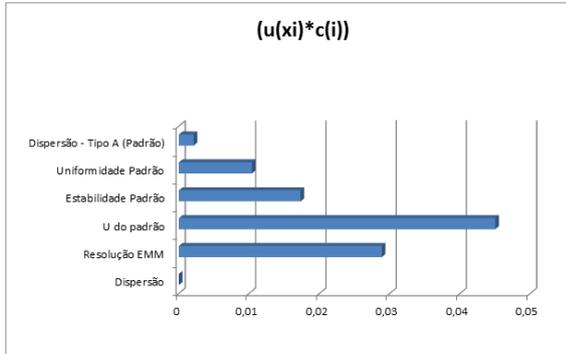


Figura I.4.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 40,6 °C

**Calibração de Termómetros - T= 42 °C**

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = 0,01 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandezza           | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²      | v        |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|
| Dispersão - Tipo A             | 1,97E-02 °C         | -1                   | 3,89E-04           | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04           | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03           | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04           | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04           | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0017213 °C        | 1                    | 2,96E-06           | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>    | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,66E-03</b>    |          |
| Dispersão                      | 0,0197203           | <b>[u(y)]</b>        | <b>0,060482933</b> |          |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           | <b>v</b>             | <b>8,49E+01</b>    |          |
| U do padrão                    | 0,045               | <b>k</b>             | <b>2,030203335</b> |          |
| Estabilidade Padrão            | 0,0173205           | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                    |          |
| Uniformidade Padrão            | 0,0103923           |                      |                    |          |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0017213           |                      |                    |          |

|                 | Valor Teórico | Leitura  | Erro             |
|-----------------|---------------|----------|------------------|
| 1               | 42,01         | 42,00    |                  |
| 2               | 42,01         | 42,00    |                  |
| 3               | 42,01         | 42,00    |                  |
| 4               | 42,01         | 42,00    |                  |
| 5               | 42,02         | 42,00    |                  |
| 6               | 42,02         | 41,90    |                  |
| 7               | 42,01         | 42,00    |                  |
| 8               | 42,01         | 42,00    |                  |
| 9               | 42,01         | 41,90    |                  |
| 10              | 42,01         | 41,90    |                  |
| Média           | 42,01         | 41,97    | -0,052 °C        |
| Variância       | 1,78E-05      | 2,33E-03 |                  |
| <b>k=</b>       |               |          | <b>2,03</b>      |
| <b>U=</b>       |               |          | <b>0,123 °C</b>  |
| <b>X0média=</b> |               |          | <b>41,970 °C</b> |
| <b>X1média=</b> |               |          | <b>42,022 °C</b> |



MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E = erro da temperatura  
 $X1_{med}$  = Média dos valores indicado no EMM  
 $X1r$  = Correção devido à resolução do EMM  
 $X0_{med}$  = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

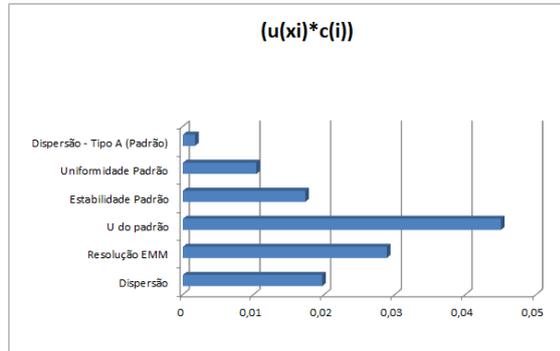


Figura I.5.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 42 °C



SÃO JOÃO

SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO | Laboratório de Metrologia

## Certificado de Calibração

Certificado Nº: CTER0004/14  
Data de Emissão: 17-06-2014

**Ciente** Hospital de São João, EPE  
Alameda Prof. Hernâni Monteiro  
Asprela 4200 - 319 Porto

**Equipamento** **Termómetro**  
Gama de medição: 33 a 42° C      Resolução: 0,1 °C  
Marca: Génius      Modelo: 2  
ID. Eq.: -      Nº série: 13567541  
Nº de Inventário: -

**Condições Ambientais** Temperatura: 23,0 °C      Humidade relativa: 33 % hr

**Operação efectuada** Calibração conforme o procedimento CER-PR020

**Local de execução** Laboratório de Metrologia do C.H.S.João (SJ-LM)

**Rastreabilidade** Sonda Tipo Pt1000 Rastreada ao HSJ, associada a um Banho de Bloco Seco, P20, Rastreado ao CATIM. (Portugal)

**Estado do Equipamento** Em serviço.

**Data de calibração:** 08-05-2014

**Resultados** Encontram-se apresentados na(s) folha(s) em anexo.  
" A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão  $k=XX$ , o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02."

Calibrado por

Sandra Castro

Validado por

Ruben Mendes

Os resultados indicados referem-se apenas ao momento e às condições em que se efectuou a calibração, sendo válidos unicamente para o equipamento acima identificado.  
Este certificado não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização escrita do Laboratório.

CENTRO HOSPITALAR DE SÃO JOÃO, E.P.E. (Sede) Alameda Professor Hernâni Monteiro 4202-451 Porto T+351 225 512 199 F+351 225 025 766 E geral@hsjoao.min-saude.pt www.chsj.pt

Pág. 1 de 2

ΔIN4 CER-IM0077

Figura I.6.: Certificado calibração Nº: CTR0004/14



SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO | Laboratório de Metrologia

## Certificado de Calibração

Certificado Nº : CTER0004/14  
Data de Emissão: 17-06-2014

### Temperatura

| Valor Referência | Valor Lido | Erro    | Incerteza | k=XX |
|------------------|------------|---------|-----------|------|
| 35,01 °C         | 35,1 °C    | 0,1 °C  | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 37,01 °C         | 37,1 °C    | 0,1 °C  | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 40,58 °C         | 40,6 °C    | 0,0 °C  | ± 0,12 °C | 2,02 |
| 42,02 °C         | 42,0 °C    | -0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |

Resultado Final: O equipamento está não conforme para a tolerância definida de 0,2°C.

Calibrado por

Sandra Castro

Validado por

Ruben Mendes

Figura I.7.: Certificado calibração Nº: CTR0004/14



**Calibração de Termómetros - T= 35 °C**

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = -0,01 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandezza           | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²      | v        |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|
| Dispersão - Tipo A             | 1,97E-02 °C         | -1                   | 3,89E-04           | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04           | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03           | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04           | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04           | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,001291 °C         | 1                    | 1,67E-06           | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>    | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,66E-03</b>    |          |
| Dispersão                      | 0,0197203           | <b>[u(y)]</b>        | <b>0,060472216</b> |          |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           | <b>v</b>             | <b>8,48E+01</b>    |          |
| U do padrão                    | 0,045               | <b>k</b>             | <b>2,030203335</b> |          |
| Estabilidade Padrão            | 0,0173205           | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                    |          |
| Uniformidade Padrão            | 0,0103923           |                      |                    |          |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,001291            |                      |                    |          |

|                 | Valor Teórico | Leitura  | Erro             |
|-----------------|---------------|----------|------------------|
| 1               | 35,02         | 35,10    |                  |
| 2               | 35,02         | 35,10    |                  |
| 3               | 35,01         | 35,00    |                  |
| 4               | 35,02         | 35,00    |                  |
| 5               | 35,02         | 35,10    |                  |
| 6               | 35,02         | 35,10    |                  |
| 7               | 35,02         | 35,10    |                  |
| 8               | 35,02         | 35,10    |                  |
| 9               | 35,02         | 35,00    |                  |
| 10              | 35,02         | 35,10    |                  |
| Média           | 35,02         | 35,07    | 0,061 °C         |
| Variância       | 1,00E-05      | 2,33E-03 |                  |
| <b>k=</b>       |               |          | <b>2,03</b>      |
| <b>U=</b>       |               |          | <b>0,123 °C</b>  |
| <b>X0média=</b> |               |          | <b>35,070 °C</b> |
| <b>X1média=</b> |               |          | <b>35,009 °C</b> |



MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E = erro da temperatura  
 X1med = Média dos valores indicado no EMM  
 X1r = Correção devido à resolução do EMM  
 X0med = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

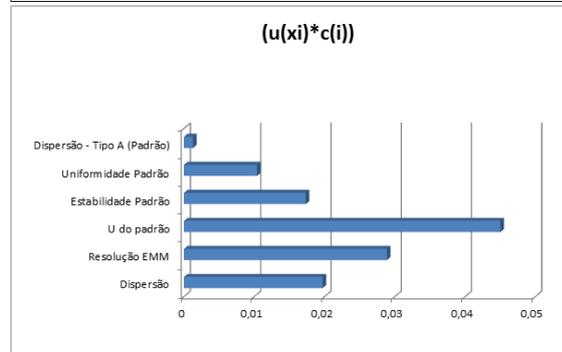


Figura I.9.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 35 °C

### Calibração de Termómetros - T= 37 °C

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C      Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = 0,0 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandezza           | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²      | v        |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|
| Dispersão - Tipo A             | 1,97E-02 °C         | -1                   | 3,89E-04           | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04           | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03           | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04           | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04           | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,001291 °C         | 1                    | 1,67E-06           | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>    | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,66E-03</b>    |          |
| Dispersão                      | 0,0197203           | <b>[u(y)]</b>        | <b>0,060472216</b> |          |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           | <b>v</b>             | <b>8,48E+01</b>    |          |
| U do padrão                    | 0,045               | <b>k</b>             | <b>2,030203335</b> |          |
| Estabilidade Padrão            | 0,0173205           | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                    |          |
| Uniformidade Padrão            | 0,0103923           |                      |                    |          |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,001291            |                      |                    |          |

|           | Valor Teórico | Leitura  | Erro     |
|-----------|---------------|----------|----------|
| 1         | 37,01         | 37,00    |          |
| 2         | 37,01         | 37,10    |          |
| 3         | 37,01         | 37,10    |          |
| 4         | 37,01         | 37,00    |          |
| 5         | 37,01         | 37,10    |          |
| 6         | 37,00         | 37,00    |          |
| 7         | 37,01         | 37,00    |          |
| 8         | 37,01         | 37,00    |          |
| 9         | 37,01         | 37,00    |          |
| 10        | 37,01         | 37,00    |          |
| Média     | 37,01         | 37,03    | 0,021 °C |
| Variância | 1,00E-05      | 2,33E-03 |          |



k= 2,03  
 U= 0,123 °C  
 X0média= 37,030 °C  
 X1média= 37,009 °C

MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1_r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E= erro da temperatura  
 X1med= Média dos valores indicado no EMM  
 X1r = Correção devido à resolução do EMM  
 X0med= Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

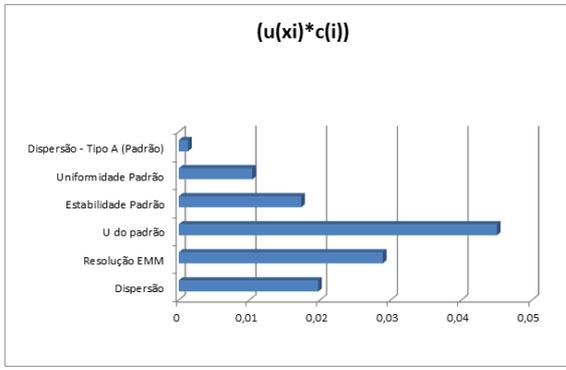


Figura I.10.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 37 °C

**Calibração de Termómetros - T= 40,6 °C**

DADOS:  
 Resolução do Eq. Padrão= 0,01 °C  
 U do padrão= 0,09 °C Factor k= 2  
 Estabilidade do Padrão= 0,03 °C

Factor de Correção = -0,04 °C  
 Resolução EMM = 0,1 °C

| Componente/grandezza           | u(xi)               | c(i)           | (u(xi)*c(i))² | v        |
|--------------------------------|---------------------|----------------|---------------|----------|
| Dispersão - Tipo A             | 2,15E-02 °C         | -1             | 4,63E-04      | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1              | 8,33E-04      | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1             | 2,03E-03      | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1             | 3,00E-04      | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1             | 1,08E-04      | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 3,058E-15 °C        | 1              | 9,35E-30      | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>    | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b> | <b>[u(y)]</b> |          |
| Dispersão                      | 0,0215166           | 0,061067965    |               |          |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           | 7,35E+01       |               |          |
| U do padrão                    | 0,045               | 2,034831232    |               |          |
| Estabilidade Padrão            | 0,0173205           |                |               |          |
| Uniformidade Padrão            | 0,0103923           |                |               |          |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 3,058E-15           |                |               |          |

**U = ± 0,12 °C**

|                 | Valor Teórico | Leitura  | Erro             |
|-----------------|---------------|----------|------------------|
| 1               | 40,61         | 40,50    |                  |
| 2               | 40,61         | 40,50    |                  |
| 3               | 40,61         | 40,60    |                  |
| 4               | 40,61         | 40,50    |                  |
| 5               | 40,61         | 40,50    |                  |
| 6               | 40,61         | 40,50    |                  |
| 7               | 40,61         | 40,60    |                  |
| 8               | 40,61         | 40,60    |                  |
| 9               | 40,61         | 40,60    |                  |
| 10              | 40,61         | 40,60    |                  |
| Média           | 40,61         | 40,55    | -0,020 °C        |
| Variância       | 5,61E-29      | 2,78E-03 |                  |
| <b>k=</b>       |               |          | <b>2,03</b>      |
| <b>U=</b>       |               |          | <b>0,124 °C</b>  |
| <b>X0média=</b> |               |          | <b>40,550 °C</b> |
| <b>X1média=</b> |               |          | <b>40,570 °C</b> |



MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E = erro da temperatura  
 X1med = Média dos valores indicado no EMM  
 X1r = Correção devido à resolução do EMM  
 X0med = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

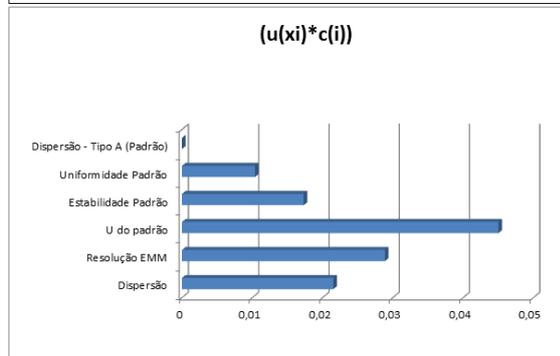


Figura I.11.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 40,6 °C

### Calibração de Termómetros - T= 42 °C

DADOS:

|                          |         |             |
|--------------------------|---------|-------------|
| Resolução do Eq. Padrão= | 0,01 °C |             |
| U do padrão=             | 0,09 °C | Factor k= 2 |
| Estabilidade do Padrão=  | 0,03 °C |             |

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Factor de Correção = | 0,01 °C |
| Resolução EMM =      | 0,1 °C  |

|           | Valor Teórico | Leitura  | Erro      |
|-----------|---------------|----------|-----------|
| 1         | 42,02         | 42,00    |           |
| 2         | 42,01         | 41,90    |           |
| 3         | 42,01         | 41,90    |           |
| 4         | 42,01         | 42,00    |           |
| 5         | 42,01         | 42,00    |           |
| 6         | 42,01         | 42,00    |           |
| 7         | 42,02         | 41,90    |           |
| 8         | 42,02         | 42,00    |           |
| 9         | 42,02         | 42,00    |           |
| 10        | 42,01         | 42,00    |           |
| Média     | 42,01         | 41,97    | -0,054 °C |
| Variância | 2,67E-05      | 2,33E-03 |           |



SÃO JOÃO  
HOSPITAL

k= 2,03  
 U= 0,123 °C  
 X<sub>0</sub>média= 41,970 °C  
 X<sub>1</sub>média= 42,024 °C

| Componente/grandezza           | u(xi)               | c(i)                 | (u(xi)*c(i))²      | v        |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|
| Dispersão - Tipo A             | 1,97E-02 °C         | -1                   | 3,89E-04           | 2        |
| Resolução EMM - Tipo B-R       | 2,89E-02 °C         | 1                    | 8,33E-04           | 1,00E+20 |
| U do padrão - Tipo B-N         | 0,045 °C            | -1                   | 2,03E-03           | 50       |
| Estabilidade Padrão - Tipo B-R | 0,0173205 °C        | -1                   | 3,00E-04           | 1,00E+20 |
| Uniformidade - Tipo B-R        | 0,0103923 °C        | -1                   | 1,08E-04           | 1,00E+20 |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0021082 °C        | 1                    | 4,44E-06           | 2        |
| <b>Componente/grandezza</b>    | <b>(u(xi)*c(i))</b> | <b>[u(y)]²</b>       | <b>3,66E-03</b>    |          |
| Dispersão                      | 0,0197203           | <b>[u(y)]</b>        | <b>0,060495179</b> |          |
| Resolução EMM                  | 0,0288675           | v                    | <b>8,50E+01</b>    |          |
| U do padrão                    | 0,045               | k                    | <b>2,030203335</b> |          |
| Estabilidade Padrão            | 0,0173205           | <b>U = ± 0,12 °C</b> |                    |          |
| Uniformidade Padrão            | 0,0103923           |                      |                    |          |
| Dispersão - Tipo A (Padrão)    | 0,0021082           |                      |                    |          |

MODELO MATEMATICO  
 $E = (X1_{med} + X1r) - (X0_{med} + \delta X0_u + \delta X0_e + \delta X0_{unif})$   
 E = erro da temperatura  
 X<sub>1</sub>med = Média dos valores indicado no EMM  
 X<sub>1</sub>r = Correção devido à resolução do EMM  
 X<sub>0</sub>med = Média dos valores lidos pelo Padrão  
 $\delta X0_u$  = Correção devido à Incerteza do Padrão (Certificado de Cal)  
 $\delta X0_e$  = Correção devido à estabilidade do Padrão  
 $\delta X0_{unif}$  = Correção devido à uniformidade do Padrão

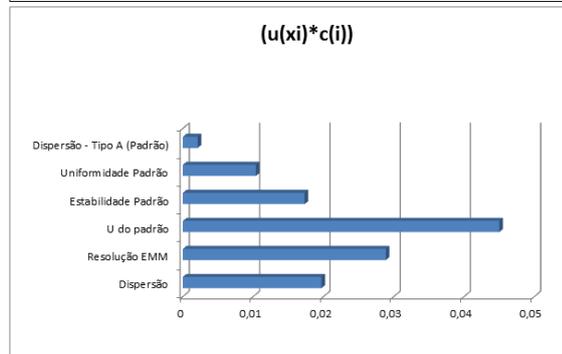


Figura I.12.: Folhas com o cálculo da incerteza para a T= 42 °C



SÃO JOÃO

SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO | Laboratório de Metrologia

## Certificado de Calibração

Certificado Nº: CTER0005/14  
Data de Emissão: 17-06-2014

Cliente Hospital de São João, EPE  
Alameda Prof. Hernâni Monteiro  
Asprela 4200 - 319 Porto

Equipamento **Termómetro**  
Gama de medição: 33 a 42° C      Resolução: 0,1 °C  
Marca: Génius      Modelo: 2  
ID. Eq.: -      Nº série: 13567569  
Nº de Inventário: -

Condições Ambientais      Temperatura: 23,0 °C      Humidade relativa: 33 % hr

Operação efectuada      Calibração conforme o procedimento CER-PR020

Local de execução      Laboratório de Metrologia do C.H.S.João (SJ-LM)

Rastreabilidade      Sonda Tipo Pt1000 Rastreada ao HSJ, associada a um Banho de Bloco Seco, P20, Rastreado ao CATIM. (Portugal)

Estado do Equipamento      Em serviço.

Data de calibração: 08-05-2014

Resultados      Encontram-se apresentados na(s) folha(s) em anexo.  
" A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão k=XX, o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%. A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02."

Calibrado por

Sandra Castro

Validado por

Ruben Mendes

Os resultados indicados referem-se apenas ao momento e às condições em que se efectuou a calibração, sendo válidos unicamente para o equipamento acima identificado.  
Este certificado não pode ser reproduzido, excepto integralmente, sem autorização escrita do Laboratório.

Figura I.13.: Certificado calibração Nº: CTR0005/14



SÃO JOÃO

SERVIÇO DE CERTIFICAÇÃO | Laboratório de Metrologia

## Certificado de Calibração

Certificado Nº : CTER0005/14  
Data de Emissão: 17-06-2014

### Temperatura

| Valor Referência | Valor Lido | Erro    | Incerteza | k=XX |
|------------------|------------|---------|-----------|------|
| 35,01 °C         | 35,1 °C    | 0,1 °C  | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 37,01 °C         | 37,0 °C    | 0,0 °C  | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 40,57 °C         | 40,6 °C    | 0,0 °C  | ± 0,12 °C | 2,03 |
| 42,02 °C         | 42,0 °C    | -0,1 °C | ± 0,12 °C | 2,03 |

Resultado Final: O equipamento está conforme para a tolerância definida de 0,2°C.

Calibrado por

Sandra Castro

Validado por

Ruben Mendes

Figura I.14.: Certificado calibração Nº: CTR0005/14