

Introdução à Metrologia em Saúde – Estudo de Caso da Medição da Incerteza Expandida de um Cardioversor do Laboratório de Avaliação Técnica do Instituto de Engenharia Biomédica da UFSC.

Introduction to Health Metrology - Case Study of the Measurement of the Expanded Uncertainty of a Cardioverter at Technical Evaluation Laboratory of the Institute of Biomedical Engineering at UFSC.

Pedro B. V. Bermudez

¹ UFSC

E-mail: pedrobagatin@yahoo.com.br

Resumo: Este artigo apresenta um estudo de caso de metrologia mostrando o passo a passo para a obtenção da incerteza expandida de um cardioversor. A classe foi ministrada no Instituto de Engenharia Biomédica (IEB) no campus da UFSC. O palestrante foi João Nicoladelli de Figueiredo e o tópico foi Metrologia Clínica.

Palavras-chave: Metrologia Clínica, Engenharia Biomédica, Cardioversor

Abstract: This paper presents a case study of metrology showing a step by step guide in how to obtain the expanded uncertainty of a cardioverter. The class was given at the Institute of Biomedical Engineering (IEB) on the UFSC campus. The lecturer was João Nicoladelli de Figueiredo and the main topic was Clinical Metrology.

Keywords: Clinical Metrology, Biomedical Engineering, Cardioverter.

1. INTRODUÇÃO

Neste relatório serão apresentados os conteúdos teóricos e práticos adquiridos na primeira aula da disciplina “Tópicos Especiais em Engenharia Clínica: Metodologia e Gestão da Tecnologia” do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEEL), que ocorreu no dia 10 de agosto de 2015. Na primeira parte da aula houve a explanação dos principais conceitos de metrologia clínica, como: exatidão, precisão, incerteza, repetibilidade, resolução, medição e rastreabilidade. Na segunda parte da aula foi feito

um estudo de caso com objetivo de obter a incerteza expandida do cardioversor presente no Laboratório de Avaliação Técnica (LAT) do Instituto de Engenharia Biomédica (IEB).

2. A IMPORTÂNCIA DA MEDIÇÃO

Medir é a operação de comparar uma grandeza com outra a fim de quantificar uma informação. Em uma indústria, o processo de medir é importante para garantir qualidade de um produto. Peças que não seguem um padrão estabelecido dificilmente serão utilizadas e devem ser

descartadas. Já na área médica, medições devem ser realizadas regularmente para prever problemas de saúde. Dessa forma, tanto na indústria como na área médica, quanto mais frequentes forem essas medições, melhores serão os resultados. Nas indústrias, caso todas as peças fossem testadas individualmente para verificar se atendessem as especificações, a indústria seria ideal, sem falhas de fabricação. O que ocorre muitas vezes é que empresas não tem o porquê e nem tempo de realizar tal tarefa, por isso, recorrem a métodos estatísticos para garantir que seus produtos atendam as especificações.

3. ERROS E INCERTEZA DE MEDIÇÃO

O erro é composto de erro aleatório e erro sistemático. Primeiramente, é importante ressaltar que erro aleatório é resultado das variações nas medições que não seguem uma tendência fixa, mas que podem ser analisadas estatisticamente pelo cálculo de sua dispersão [1]. Ao mensurar um determinado objeto diversas vezes e calculando a média do valor mensurado, o erro aleatório será minimizado.

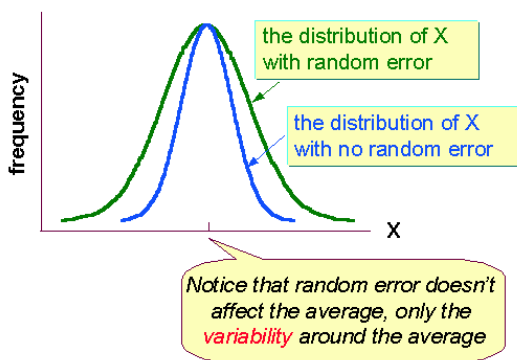


Figura 1. Distribuição das medições com e sem erro aleatório
Fonte: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/measerr.php>

O erro sistemático indica a tendência de um instrumento em registrar valores diferentes aos reais. Pode ser um aparelho que esteja mal calibrado, erros de paralaxe, erros provenientes do mau armazenamento ou mau uso do aparelho,

entre outras coisas. Como o instrumento tem uma tendência em indicar um valor sempre acima ou abaixo do real, mesmo após de ser calculada a média das medições, ele continuará indicando um valor acima ou abaixo do real. Essa diferença é chamada de erro sistemático ou de *bias*.

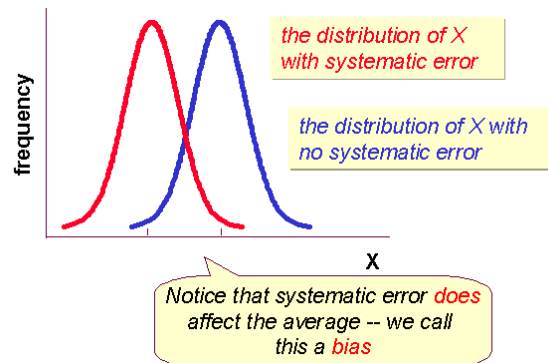


Figura 2. Distribuição das medições com e sem erro sistemático
Fonte: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/measerr.php>

A incerteza de uma medição está relacionada ao grau de confiabilidade da medição. A incerteza é a dúvida remanescente associada ao resultado da medição.

4. O CARDIOVERSOR

A fim de aplicar o conteúdo adquirido da aula teórica, os alunos foram ao Laboratório de Avaliação Técnica (LAT) verificar na prática como ocorrem as medições e calcular a incerteza expandida do cardioversor do laboratório. O cardioversor é um aparelho usado para aplicar uma corrente elétrica no peito do paciente e, conseqüentemente, ao coração. Ao aplicar a corrente elétrica, fibras cardíacas do coração são despolarizadas e arritmias cardíacas podem ser revertidas. A principal diferença entre o cardioversor e o desfibrilador elétrico é que o desfibrilador elétrico dispara a corrente elétrica assim que o aparelho é ligado ao paciente. Já o cardioversor monitora a atividade cardíaca e aplica a corrente elétrica de forma sincronizada, a liberando na onda R do sinal cardíaco. O

cardioversor do laboratório era o CardioServ da GE Medical Systems Information Technologies, Inc.

5. METODOLOGIA

Como o objetivo era mensurar a incerteza do cardioversor em relação à energia emitida, foi necessário realizar os seguintes procedimentos: inicialmente um nível de energia era selecionado através do botão verde rotatório (figura 3), então as duas pás do cardioversor eram ligadas às áreas metálicas circulares do analisador de desfibrilador (figura 4), a descarga elétrica era acionada e, conseqüentemente, o valor da energia aplicada ao analisador era mostrada no display do aparelho. O valor especificado no cardioversor deveria ser o mesmo que o mensurado no analisador. Entretanto, devido aos erros e incertezas presentes (ambiente não controlável, tempo de *warm-up* não respeitado) nem sempre o valor que estava especificado no cardioversor era o mesmo obtido no analisador. Com isso, foi proposto aos alunos que calculassem a incerteza expandida do cardioversor.



Figura 3. Vista isométrica do cardioversor presente no LAT



Figura 4. Analisador de desfibrilador presente no LAT

Para realizar o cálculo da incerteza, primeiramente, medições deveriam ser realizadas. O número de medições escolhido foi de três medições para cada um dos valores: 10, 50, 100, 150, 200, 300, 360 J. As medições eram realizadas através de uma varredura percorrendo os níveis de energia e anotando os valores obtidos no analisador. Terminada a primeira varredura foi feita a segunda varredura, anotando os valores mensurados na coluna seguinte e, por último, a terceira varredura, seguindo o mesmo procedimento. Os valores das três medições foram inseridos na tabela I.

TABELA I. MEDIÇÕES REALIZADAS NO ANALISADOR

E	1º MEDIÇÃO	2º MEDIÇÃO	3º MEDIÇÃO
10 J	9,8 J	9,9 J	9,8 J
50 J	52,2 J	52,7 J	52,5 J
100 J	103,3 J	104,5 J	105,4 J
150 J	159,6 J	161,8 J	162,0 J
200 J	215,0 J	216,4 J	215,9 J
300 J	313,2 J	315,1 J	314,0 J
360 J	368,9 J	371,5 J	371,0 J

TABELA II. PARÂMETROS ESTATÍSTICOS CALCULADOS

E	VALOR MÉDIO	DIFERENÇA	DESVIO PADRÃO
10 J	9,8 J	2%	0,06
50 J	52,2 J	5%	0,25
100 J	104,4 J	4%	1,05
150 J	161,1 J	7%	1,33
200 J	215,8 J	8%	0,71
300 J	314,1 J	5%	0,95
360 J	370,5 J	3%	1,38

Como o objetivo do laboratório era determinar a incerteza expandida, foi necessário calcular a incerteza combinada, através da seguinte fórmula:

$$u_c = \sqrt{u_a^2 + u_{pad}^2 + u_{res}^2} \quad (1)$$

Onde “ u_a ” é a incerteza de medição tipo A, “ u_{pad} ” é incerteza de medição do padrão utilizado e “ u_{res} ” é a incerteza de medição em função da resolução. A incerteza de medição do tipo A é obtida através da seguinte fórmula:

$$u_a = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Onde “s” é o desvio padrão e “n” o número de medições. Como houve três medições e o valor

do desvio padrão era de 0,25 J, a incerteza referente a medição do tipo A resultou em 0,14 J.

Já “ u_{pad} ” da equação 3 é a incerteza de medição do padrão utilizado. Pode ser obtida através da seguinte fórmula:

$$u_{pad} = \frac{U}{k} \quad (3)$$

Onde “U” é a incerteza de medição devido a incerteza da calibração do simulador utilizado no ensaio e “k” o fator de abrangência. Para determinar o valor de “U”, deve-se consultar o certificado de calibração, conforme a figura 5.

Energia					
Faixa: 0..100 J					
Padrão (J)	Instrumento (J)	Erro (J)	± Incerteza de Medição (J)	Fator de Abrangência (k)	Graus de Liberdade Efetivos
10,01	10,0	-0,01	0,19	2,00	∞
50,05	50,0	-0,05	0,94	2,00	∞

Figura 5. Incerteza padrão constatada no certificado de calibração

Como o valor da incerteza de medição é de 0,94 J para o valor de 50 J e o fator de abrangência é dois, então a incerteza de medição do padrão utilizado é de 0,47 J.

Para calcular o valor da incerteza de medição em função da resolução, da equação 3, a seguinte fórmula deve ser usada:

$$u_{res} = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

Onde:

$$a = \frac{R}{2} \quad (5)$$

Como nesse caso a resolução é de uma casa decimal ($R = 0,1$), obtém-se que a incerteza de medição em função da resolução é de 0,03 J.

Conforme explicado anteriormente, para obter a incerteza combinada deve-se calcular a raiz da soma dos quadrados das incertezas, portanto:

$$u_c = \sqrt{(0,14)^2 + (0,47)^2 + (0,03)^2} \quad (6)$$

A incerteza combinada nesse caso é igual a 0,24 J. Como a incerteza expandida é igual ao fator de abrangência multiplicado pela incerteza combinada, obtemos que o valor da incerteza expandida é de, aproximadamente, 0,5 J.

$$RM = (\bar{I} \pm U) \quad (7)$$

Onde “ \bar{I} ” é a média das medições para o valor 50 J, ou seja, 52,5 J (tabela 3) e “U” é a incerteza expandida e calculada anteriormente.

$$RM = (52,5 \pm 0,5) J \quad (8)$$

6. CONCLUSÃO

A incerteza de medição do equipamento CardioServ da GE Medical Systems Information Techonlogies, Inc. foi calculada conforme a metodologia explicada. De acordo com as normas ANSI/AAMI DF80 e NBR IEC 60601-2-4, a energia entregue não deve variar por mais que $\pm 15\%$ da energia selecionada ou ± 3 J, o maior valor dentre os dois [3]. Como a variação não foi superior a 15% (mas sim 5%) e a energia entregue não excedeu e não foi menor que 3 J do valor nominal, conclui-se que o aparelho estudado está dentro das conformidades para o valor aplicado de 50 J.

7. REFERÊNCIAS

- [1] TROCHIM, W. M. K. Measurement Error. <http://www.socialresearchmethods.net/kb/measerr.php>
- [2] PEDOTT, A. Incerteza de Medição, 2012. http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/387_incerteza_de_medicao.pdf
- [3] MORAES, J. C. T. B. & OLIVEIRA. C. A, Especificações mínimas aceitáveis de um analisador de desfibriladores e cardioversores. Rev. Bras. Eng. Bioméd. Vol.28 no.2 Rio de Janeiro Apr./June 2012.