



CALIBRAÇÃO DE ANALISADORES DE DESFIBRILADORES CARDÍACOS

Noara Foiatto ¹, Marcus Vinicius Viegas Pinto ², Rafael Hessel ³

¹ LABELO/PUCRS, Porto Alegre, Brasil, noara@pucrs.br

² LABELO/PUCRS, Porto Alegre, Brasil, mviegas@pucrs.br

³ LABELO/PUCRS, Porto Alegre, Brasil, rafael.hessel@pucrs.br

Resumo: Este trabalho propõe uma metodologia de calibração para analisadores de desfibriladores cardíacos, a partir da integração de potência, utilizando-se um divisor de tensão e com base em medidas de intervalo de tempo e de sinais de tensão elétrica. Objetiva-se com a metodologia, o estabelecimento de rastreabilidade para a medição de parâmetros que são verificados em desfibriladores cardíacos, utilizados em processos de terapia cardíaca. Como resultado há o fortalecimento da confiabilidade aplicada à verificação do instrumental de suporte hospitalar.

Palavras-chave: Calibração, Analisador, Desfibrilador, Cardíaco.

1. INTRODUÇÃO

Os dispositivos que são utilizados em um ambiente hospitalar podem ser classificados basicamente em dois tipos de equipamentos, aqueles utilizados para diagnóstico e os utilizados para terapia [3]. Quando, mediante o uso de equipamentos, ocorre alteração de algum parâmetro fisiológico de determinado paciente, há a categoria de equipamentos terapêuticos. Esse tipo de equipamento é destinado a agir sobre funções vitais do corpo humano, influenciando o seu sistema funcional de alguma forma.

Na maioria das vezes, os diagnósticos e as decisões médicas são fundamentados em informações provenientes de medições realizadas pela instrumentação disponível em um ambiente hospitalar. Este fato remete atenção especial à complexidade da instrumentação hospitalar, que envolve atividades como aquisição, operação, calibração, padronização, treinamento, certificação e manutenções [3].

Um sistema de medição compreende o conjunto completo de instrumentos de medição e outros equipamentos acoplados para executar uma medição específica [9]. Além disso, um sistema de medição é uma ferramenta que possibilita conhecer, monitorar e controlar variáveis de qualquer processo, de acordo com especificações de trabalho pré-definidas. Dessa forma, o objetivo de um sistema de gestão de medições (SGM) é gerenciar o risco de que os equipamentos e os processos de medição possam produzir resultados incorretos afetando a qualidade dos produtos de uma organização.

Atualmente é prevista pela legislação a obrigatoriedade da presença de desfibriladores em locais com alta circulação de pessoas. A regra é aplicada em alguns estados da federação, como Paraná, São Paulo, e o Distrito Federal. A exemplo disso, cita-se o Distrito Federal, com o artigo 4º do decreto nº 49.277, de 4 de março de 2008, onde os equipamentos hospitalares deverão atender às normas de fabricação e de manutenção da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e do Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial - INMETRO. Neste sentido, a Lei número 3.585, de 12 de abril de 2005, do mesmo Estado, determina que a quantidade mínima de desfibriladores por estabelecimento deve levar em consideração o número e o fluxo de pessoas por local. Sua manutenção deverá se fazer semestralmente, ou quando se fizer necessário. Compete à Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal, em conjunto com a Secretaria de Estado de Fiscalização de Atividades Urbanas do Distrito Federal – SEFAU, a fiscalização e o cumprimento desta lei. Caso haja o descumprimento desta Lei, com infrações decorrentes da inobservância aos seus preceitos, haverá punição dos estabelecimentos, podendo caber multa, advertência, interdição parcial ou total do estabelecimento ou cancelamento do alvará de licenciamento do estabelecimento.

No Brasil uma das principais causas de morte de origem cardíaca ainda é a morte súbita, responsável por 20% delas. A terapia por desfibrilação elétrica é a técnica mais simples e a mais utilizada atualmente. Este trabalho propõe uma metodologia para calibração de analisadores de desfibriladores cardíacos, com a medição de parâmetros como a amplitude e a largura de pulso, para integração do valor de potência efetivamente gerado por uma fonte de sinal de desfibrilação cardíaca. Com isso objetiva-se fornecer sustentabilidade para o nível de confiabilidade dos serviços prestados em ambientes hospitalares e em ambientes com alta circulação de pessoas. Como resultado é estabelecida a rastreabilidade das medições, associada a uma metodologia de calibração específica para analisadores de desfibriladores cardíacos, que são os equipamentos utilizados para verificar, em geral, os desfibriladores utilizados em ambientes hospitalares.

2. DESFIBRILAÇÃO CARDÍACA

Uma parada cardíaca normalmente ocorre quando há uma interrupção da passagem de eletricidade pelo miocárdio e o batimento cardíaco se torna anormalmente rápido (taquicardia ventricular). Por causa deste ritmo cardíaco irregular (arritmia), o coração acaba parando de contrair e não consegue bombear o sangue. O quanto antes o ritmo cardíaco for restabelecido melhores são as chances de sobrevivência do paciente [6]. O coração é capaz de responder a um impulso elétrico vindo do meio interno, o nó sinusal, ou a um impulso elétrico vindo do meio externo, marcapasso, por exemplo.

Para que ocorra a despolarização das células cardíacas durante uma fibrilação ventricular, pode-se utilizar uma corrente externa ao tórax, desde que esta seja de suficiente intensidade [6]. A estimulação artificial cardíaca utiliza estímulos de natureza elétrica, que apresentam amplitude da ordem de quilovolts (kV) e duração ou largura de pulso, da ordem de milissegundos (ms). Essa estimulação é um pulso de energia expresso em joules (J).

O desfibrilador é o instrumento capaz de fazer passar valores de corrente elétrica ao coração que está dessincronizado, o que acaba por despolarizar o músculo cardíaco permitindo uma contração coordenada [1]. O desfibrilador é o instrumento capaz de fazer passar valores de corrente elétrica ao coração que está dessincronizado, despolarizando o músculo cardíaco e permitindo uma contração coordenada. Esse valor de corrente é mensurado em ampères. Já, o gradiente que desloca estes elétrons é medido em volts. A resistência a esse fluxo de elétrons é medida em ohms e é denominada impedância [5].

Além de serem utilizados em unidades de tratamento intensivo (UTI) e em centros cirúrgicos, a lei nº 13.945 de janeiro de 2005 determina que qualquer estabelecimento público por onde transitem diariamente mais de 1500 pessoas (como shoppings e aeroportos) estará obrigado a dispor de um desfibrilador automático, a ser usado em eventuais emergências [10]. O principal objetivo disso é o de criar maiores condições de proteção à vida em ambientes de grande concentração de pessoas, bem como, em instituições onde há práticas de esportes (logo esforços físicos), o que acaba por aumentar o risco de morte súbita.

Para utilização dos desfibriladores, a “American Heart Association” *apud* [8] recomenda uma descarga inicial de 200 Joules para adultos, sendo que estes valores devem ser gradativamente aumentados (de 200 a 300 Joules) em caso de insucesso na primeira tentativa. Se esta dosagem ainda falhar, na terceira tentativa deve ser aplicado 360 Joules. Já em crianças, a quantidade de energia depositada deve ser 2 Joules por quilo de peso e dobrar a dose para a segunda tentativa. A maneira pela qual os desfibriladores depositam energia ao paciente é dada pela utilização de dois eletrodos, que são diversificadamente comercializados [7].

3. METODOLOGIA

Os equipamentos analisadores, em um ambiente hospitalar, em geral são utilizados para verificação do

instrumental de trabalho utilizado em processos de terapia e de diagnósticos. A calibração de um analisador de desfibrilador constitui a medição de energia sobre uma resistência padrão não indutiva. O cálculo dessa energia é dado pela equação (1).

$$E = \int \frac{v^2}{r} \times dt \quad (1)$$

Onde:

- E é a energia medida em Joules
- v é a tensão elétrica medida sobre a resistência
- r é a resistência interna do analisador de desfibrilador

A partir das grandezas medidas para estimação do valor do pulso de energia indicado por um analisador de desfibrilador cardíaco, objetiva-se a confiabilidade aos valores medidos. Para isso, é estabelecida a rastreabilidade aos padrões nacionais de referência (Figura 1), que consistem em laboratórios de calibração do INMETRO e do Observatório Nacional.

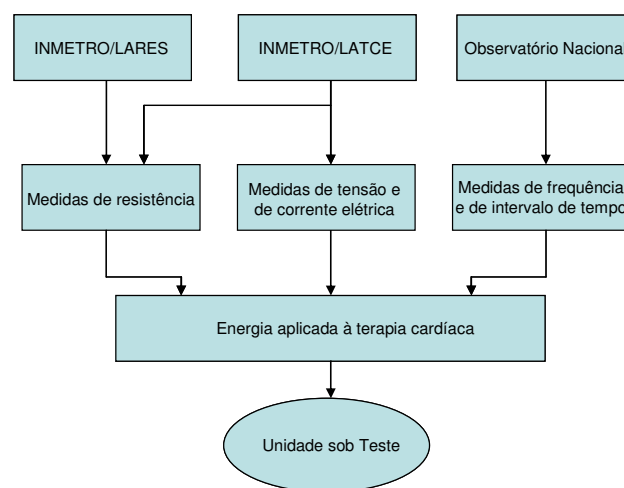


Figura 1. Rastreabilidade da medição de energia

Para realização das medidas dos parâmetros que compõem um sinal utilizado durante um processo de desfibrilação cardíaca, tem-se a representação da Figura 2. Em tal representação, verifica-se a forma de onda obtida em um osciloscópio no momento da aplicação do pulso de energia ao analisador de desfibrilador. A metodologia proposta para calibração de um analisador de desfibrilador é realizada pelo método de transferência de valores, utilizando-se um desfibrilador para geração do pulso de energia, um divisor de tensão e um osciloscópio, que contenha no mínimo dois canais e funções matemáticas. Por envolver medições com casamento de impedância entre diferentes equipamentos, o divisor de tensão utilizado, corresponde a um modelo projetado e construído pela equipe do laboratório de calibração do LABELO-PUCRS. Esse equipamento atende a especificações puramente resistivas, envolvendo a medição de altos valores de tensão elétrica que atingem cerca de 5,5kV em amplitude.

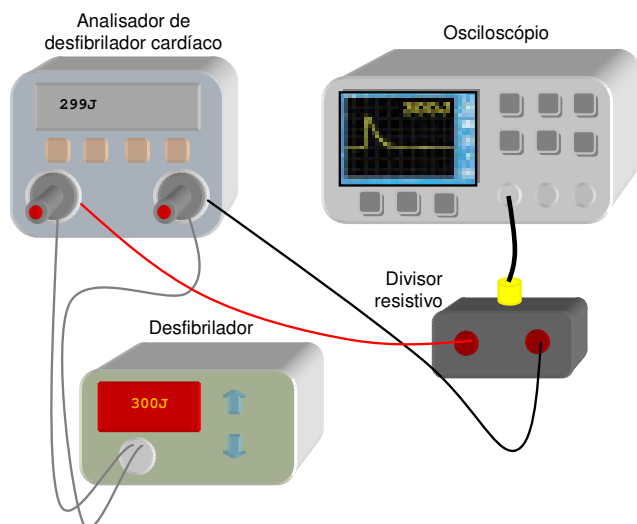


Figura 2. Representação da instrumentação utilizada na calibração de um analisador de desfibrilador cardíaco

A Figura 3 representa a medição de um pulso de energia utilizado em terapia cardíaca. Neste caso procedeu-se a medição de um valor de 342,92J, com a corrente elétrica tendo atingido um valor de pico de 58A. O valor de referência utilizado foi de 360J e a incerteza expandida da medição foi calculada em 6,8J para um nível de confiança de aproximadamente 95% com $k=2,0$ e $v_{\text{eff}}=7464$.

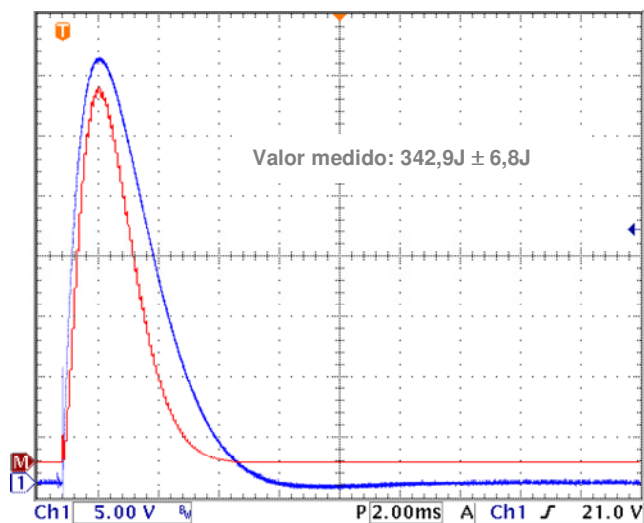


Figura 4. Medição de um pulso de energia utilizado em terapia cardíaca

Além da medição do valor de energia, os equipamentos analisadores de desfibriladores cardíacos possuem a medição de parâmetros como amplitude e a frequência dos sinais de eletrocardiograma (ECG), o tempo de sincronismo, a impedância transtorácica, a corrente elétrica, o tempo de carga e o tempo de descarga para disparo do valor de energia. A Figura 4 ilustra o resultado da medição do tempo de sincronismo entre um pulso de energia disparado por um desfibrilador cardíaco, com relação a sua medida de ECG.

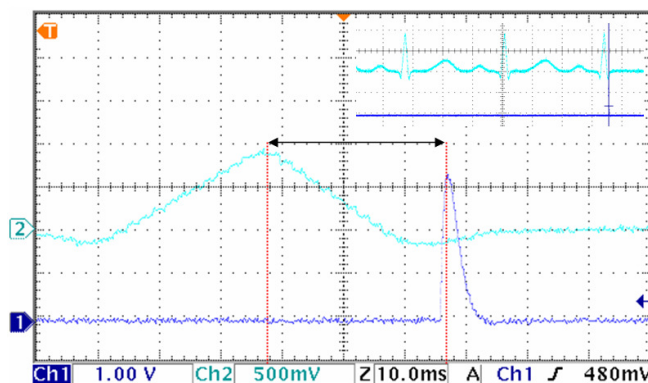


Figura 4. Medição de um pulso de energia com sinal de sincronização medido por um analisador

A partir das informações da Figura 4 tem-se que a ordem de grandeza a ser mensurada para intervalo de tempo corresponde à milissegundos, tanto para o tempo de sincronismo quanto para a largura de pulso do sinal de energia, que varia de aproximadamente 1ms até 50ms. Para os valores de energia as medidas atingem valores de até 1000J, sendo usual uma faixa de trabalho, na prática, de até 360J. Já, a impedância transtorácica, que consiste na resistência à passagem de corrente elétrica do desfibrilador para o miocárdio que é provida pelo tórax do paciente, apresenta valores em adultos da ordem de 70Ω a 80Ω, podendo variar de 15Ω a 150Ω. A impedância transtorácica é afetada por fatores como o tamanho dos eletrodos, a energia selecionada, o contato com a pele, o intervalo de tempo, o número de choques, a fase da ventilação, a distância entre os eletrodos, o tamanho do tórax, e a pressão de contato dos eletrodos no tórax [11].

4.1 Incerteza da medição

Em geral, os analisadores de desfibriladores são projetados para uma faixa de trabalho especificada com tolerâncias de erros na ordem de 2% do valor da medição. Tal informação é um indicador da exigência mínima da capacidade que o sistema de medição deve apresentar em sua composição de incertezas. Como principais fontes de incerteza para o método proposto citam-se as contribuições da Tabela 1.

Tabela 1. Contribuições de incerteza para calibração de analisadores de desfibriladores

| Contribuição | Tipo | Descrição |
|--------------|------|--|
| 1 | A | Desvio padrão da média das medidas para unidade de medição padrão |
| 2 | A | Desvio padrão da média das medidas para o analisador de desfibrilador cardíaco |
| 3 | A | Desvio padrão da média das medidas da impedância torácica |
| 4 | B | Resolução das unidades de medição padrão |
| 5 | B | Resolução do analisador de desfibrilador cardíaco |
| 6 | B | Crítérios de aceitação aplicados às unidades de medição padrão |
| 7 | B | Largura de banda da unidade de medição padrão |
| 8 | B | Deflexão vertical da unidade de medição padrão |
| 9 | B | Varredura horizontal da unidade de medição padrão |
| 10 | B | Impedância de entrada da unidade de medição padrão |
| 11 | B | Impedância do divisor de tensão |
| 12 | B | Impedância transtorácica |
| 13 | B | Elemento de transferência (ajuste de valores medidos) |
| 14 | B | Casamento de impedâncias entre as unidades de medição padrão |
| 15 | B | Contato dos eletrodos do analisador de desfibrilador cardíaco |
| 16 | B | Condições ambientais |

As contribuições citadas na Tabela 1 foram dispostas de forma genérica, onde para as referenciadas às unidades de medição padrão, o escopo de equipamentos consiste basicamente em um osciloscópio, um multímetro, um divisor de tensão, e medidores de temperatura e umidade relativa do ar. Para as contribuições referentes aos critérios de aceitação aplicados às unidades de medição padrão, considera-se a análise dos certificados de calibração e as especificações de cada padrão utilizado nas medições.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a metodologia utilizada para calibração de analisadores de desfibriladores cardíacos, com o objetivo de fornecer sustentabilidade para o nível de confiabilidade dos serviços prestados em ambientes hospitalares. Com o conhecimento dos erros de medição de um processo de terapia cardíaca, infere-se que, na prática, o uso correto da instrumentação, bem como a sua adequabilidade, são fatores controláveis. Além da calibração dos analisadores para verificação dos desfibriladores cardíacos, a implementação contínua de ações voltadas à garantia da qualidade envolve fortemente o comprometimento dos usuários do sistema.

Periodicamente é necessária a verificação do sistema de medição, que apresenta alguns componentes relevantes à operacionalidade de equipamentos eletrônicos, como é o caso da vida útil a ser tolerada para cada medidor utilizado. Atualmente, o LABELO-PUCRS, por ser um laboratório acreditado ao INMETRO em todas as grandezas mensuradas em um processo de calibração de analisadores cardíacos apresenta condições de realizar tais calibrações. Neste sentido, deve-se observar que além da calibração, deve haver a qualificação do pessoal quanto à utilização correta dos equipamentos, quanto aos procedimentos de medição e quanto às influências do ambiente de medição, como fator fundamental para a eficácia dos resultados obtidos pela terapia cardíaca.

REFERÊNCIAS

- [1] AHA - AMERICAN HEART ASSOCIATION. Suporte avançado de vida em cardiologia. Dallas, 1997.
- [2] AHA - AMERICAN HEART ASSOCIATION. American Heart Association. Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Circulation. 2005.
- [3] CARVALHO, L. C. Instrumentação médico-hospitalar. Editora Manole. Barueri, SP. 2008.
- [4] Decreto nº 49.277 de 4 de março de 2008. Disponível em: ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpsssp/bibliote/informe_eletronico/2008/iels.mar.08/iels43/M_DC-49277_040308.pdf. Acessado em: 03/06/2008.
- [5] KALIL, P. Entenda o seu coração. Porto Alegre, RS: Corpore, 2003.
- [6] TIMERMAN, S.; TIMERMAN, A.; RAMIRES, J. A. F. Desfibrilação externa automática: aumentando os índices de sobreviventes. Ver. Sociedade de Cardiologia. Estado de São Paulo. 8(4): 690-715, jul-ago. 1998.
- [7] TIMERMAN, S.; FILHO, F. C.; CARDOSO, L. F.; TIMERMAN, A.; RAMIRES, J. A. F. Desfibrilação Imediata. Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo. Vol. 11, N.2. Mar/Abr, 2001.
- [8] TIMERMAN, S. Desfibrilação Automática. Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado São Paulo. Vol. 7, N.1, Jan/Fev, 1997.
- [9] VIM. Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de Metrologia. Portaria INMETRO nº 029 de 1995 / INMETRO, SENAI - Departamento Nacional. 5. ed. Rio de Janeiro: Ed. SENAI, 2007. 72p.; 21 cm. ISBN 978-85-99002-18-6 72p.
- [10] CREMESP - Conselho Regional de Medicina de São Paulo. Disponível em: www.cremesp.org.br. Acessado em: 02/05/2008.
- [11] TRUONG, J. H.; ROSEN, P. *Current concepts in electrical defibrillation*. J Emerg Med, 15:331-338, 1997