

## **Os riscos de diagnósticos e tratamentos na área de saúde com a utilização de equipamentos eletromédicos alimentados por redes com perturbações elétricas**

### **Risks of Diagnosis and Treatment in the Health Area With the use of Electromedical Equipments Powered by Electrical Disturbances Networks**

Mário Cesar Giacco Ramos  
Universidade de Mogi das Cruzes

**Resumo:** Em todos os segmentos da sociedade, a utilização de equipamentos eletrônicos, projetados e construídos com avançadas tecnologias e controlados por microprocessadores, aumenta a cada dia. Na área de saúde, denominados de equipamentos eletromédicos, dão suporte aos setores de diagnóstico, tratamento ou procedimento cirúrgico, melhorando a qualidade dos serviços prestados e o atendimento aos pacientes. Este trabalho tem como objetivo comprovar, por meio de pesquisa em laboratório, o risco de diagnósticos médicos baseados em informações fornecidas por equipamentos eletromédicos, alimentados em redes elétricas que não atendem às normas vigentes ou totalmente perturbadas por outros equipamentos típicos desses ambientes. A metodologia aplicada consistiu em medições dos parâmetros referentes à qualidade da energia elétrica nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. Equipamentos eletromédicos foram submetidos a esses sinais para verificação de seu desempenho. Os resultados obtidos demonstraram a importância da qualidade da energia elétrica, bem como a qualidade dos serviços de manutenção nas instalações elétricas desses ambientes.

**Palavras-chave:** Equipamentos Eletromédicos; Estabelecimentos Assistenciais de Saúde; Instalações Elétricas; Qualidade de Energia Elétrica.

**Abstract:** Through all segments of our society, there is a daily increase in the use of electronic equipment designed and built with advanced technology and computerized control. In the health-medical area, designated electromedical equipment, they provide support to sectors in charge of diagnosis, treatment or surgical procedures, improving the quality of the provided services and of the manner how patients are cared for. The aim of this work is to attest through laboratory research the risk of medical diagnoses based on information provided by electromedical equipment powered through electrical networks which do not meet the standards in effect or which are completely disturbed by other equipment typical of these environments. The methodology applied consisted of measurements of the parameters referring to the quality of electrical power in health care facilities. Portable electromedical equipments, kindly supplied by national manufacturers, were subjected to these signals for assessment of their performance. The results obtained demonstrated the importance of the quality of electrical power as well as the quality of maintenance of electrical installations within these environments.

**Keywords:** Electromedical Equipments; Health Care Facilities; Electrical Installations; Power Quality

#### **Introdução**

O avanço da tecnologia e o desenvolvimento da medicina nos dias atuais vêm trazendo grandes benefícios à saúde humana em todo o mundo. Novos processos

de diagnóstico médico e modernas técnicas cirúrgicas utilizam, cada vez mais, equipamentos de última geração, projetados e construídos com avançadas tecnologias eletrônicas e controlados por microprocessadores. No entanto, o sucesso global do processo deverá incluir a qualidade das instalações elétricas nos ambientes médico-hospitalares, bem como a qualidade da energia elétrica fornecida a esses equipamentos (MIGUEL; MEDINA; ANTÓN, 2007, p.19-38, 142-145). Sob o ponto de vista do nível de qualidade da energia elétrica fornecida pelo sistema da concessionária, é muito importante, para os equipamentos eletromédicos, a ausência dessas perturbações (SERSEN; VORSIC, 2008). Na grande maioria dos casos, as perturbações são provocadas pelos próprios consumidores ou seus vizinhos, como consequência da utilização de equipamentos denominados de “tecnologia moderna”.

A partir da década de 1990, a crescente utilização desses equipamentos em todos os segmentos da sociedade agravou a situação sob o ponto de vista da qualidade da energia elétrica. O ideal seria que os equipamentos eletromédicos fossem alimentados por uma rede elétrica de alta qualidade para seu correto funcionamento, no entanto, como também são causadores das perturbações, poderão apresentar falhas (BOLLINGER, 1991, p. 24-28) (COPPER, 2008).

A partir de testes realizados em laboratório, por meio deste trabalho tem-se como objetivo demonstrar que equipamentos eletromédicos, utilizados nos procedimentos médicos nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde – EAS, podem apresentar dados incorretos ou terem seu funcionamento totalmente interrompido em função de perturbações elétricas na rede de alimentação ou devido às precárias condições das instalações elétricas nesses ambientes. Na grande maioria das vezes, as perturbações são geradas no interior desses estabelecimentos pela comutação de cargas com elevada potência ou pelo uso, cada vez maior, de cargas não-lineares. Diante desse quadro, o paciente é o maior prejudicado, cuja sobrevivência pode depender das informações fornecidas por esses aparelhos ou de seu correto funcionamento. Trata-se, portanto, de uma contribuição para a área de saúde, pois, com os resultados desta investigação, os fabricantes poderão melhorar o desempenho de seus equipamentos eletromédicos.

Pesquisa bibliográfica sobre o assunto proposto, incluindo livros e artigos técnicos apresentados em congressos ou publicados internacionalmente, indicou a

escassez de informações técnicas relacionadas às instalações elétricas e à qualidade de energia nos EAS, o que possivelmente está relacionado à despreocupação com essas duas questões.

## **Método**

A metodologia aplicada neste estudo consistiu em três partes bastante distintas, mas relacionadas entre elas, as quais podem ser enumeradas: I) medições das perturbações elétricas existentes nos EAS; II) aquisição ou empréstimo de equipamentos eletromédicos novos; III) ensaios em laboratório especializado em qualidade de energia elétrica.

O trabalho realizado em campo consistiu em medições dos parâmetros referentes à qualidade de energia elétrica, em vários EAS, tanto do setor público quanto do privado. Para os testes nos equipamentos, optou-se pela escolha de dois tipos de perturbações, os harmônicos e os afundamentos e interrupções de tensão de curta duração, classificadas como Interferências Eletromagnéticas – IEM, de baixa frequência, que se deslocam pelas redes elétricas e, portanto, são denominadas de conduzidas. Atenção especial foi dada aos equipamentos típicos desses ambientes e passíveis de provocarem essas perturbações, que são apresentados adiante. Em seguida, as perturbações foram reproduzidas em fontes de tensão específicas para essa finalidade, em que equipamentos eletromédicos portáteis foram submetidos a essas perturbações para verificação de seu desempenho.

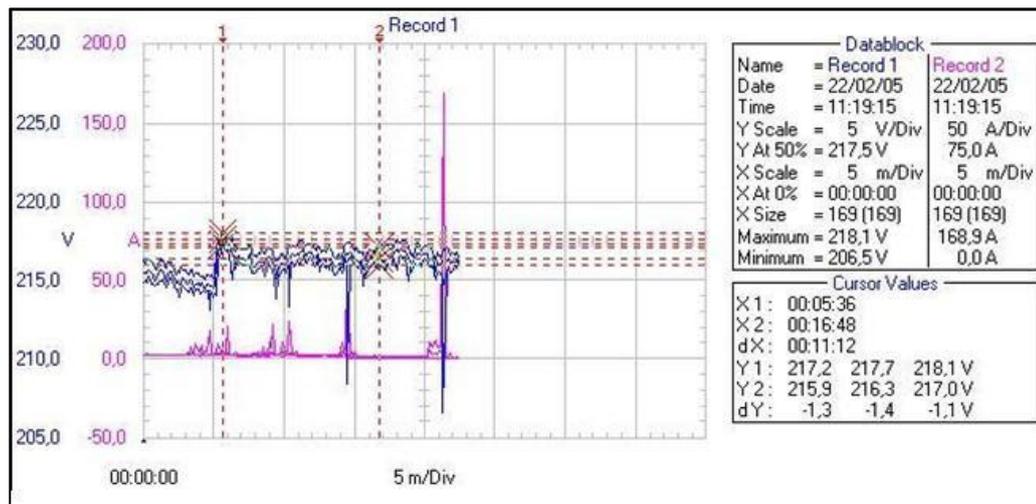
### **Perturbações provocadas por cargas típicas dos EAS**

#### *Raios X*

A produção de raios X é obtida por meio de uma fonte fornecedora de elétrons, os quais são acelerados em trajetória livre até chocarem-se com os átomos de um anteparo, provocando o deslocamento de elétrons e a consequente emissão de energia. Durante a operação no modo momentâneo no instante da radiografia, a potência elétrica necessária é elevada, podendo produzir afundamentos de tensão

de curta duração, conforme se observa na figura 1. Dependendo da potência de curto-circuito da rede de alimentação no local de instalação do equipamento, situações mais severas podem ocorrer, prejudicando o funcionamento de equipamentos sensíveis ligados no mesmo centro de distribuição.

**Figura 1:** Intensidade de corrente e o respectivo afundamento de tensão produzido na rede elétrica por um equipamento de raios X.

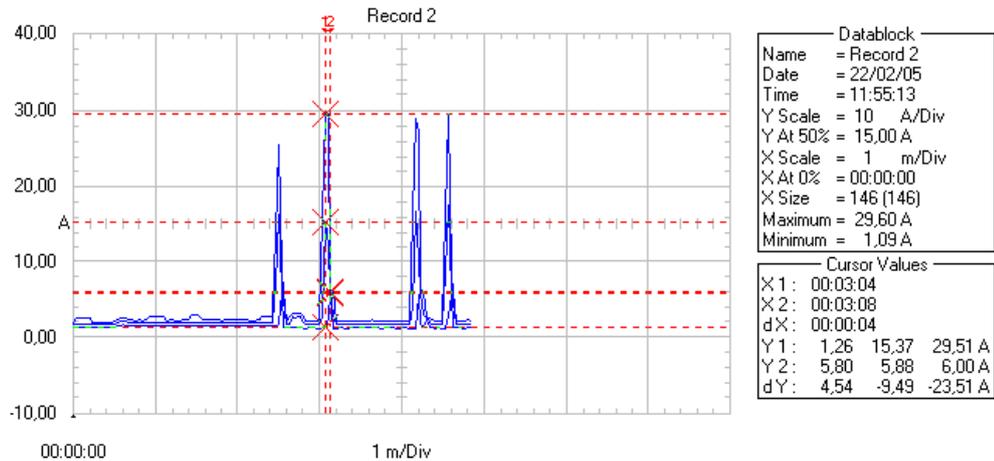


Em grande parte dos casos observados, durante a operação do equipamento, produz-se um afundamento de tensão que pode provocar funcionamento irregular em outros equipamentos eletromédicos. Muitas vezes, equipamentos de raios X são deslocados para as unidades de terapia intensiva e ligados a sistemas de alimentação incompatíveis com a potência do equipamento.

### *Mamografia*

Também denominados de mamógrafos, as unidades básicas para mamografia fornecem informações sobre a morfologia, anatomia e patologias das mamas, por meio de imagens radiográficas. Atualmente é um dos exames utilizados para a detecção e diagnóstico de câncer de mama e também para a avaliação de lesões nos seios. Durante a realização das radiografias, a corrente solicitada é de grande amplitude, com tempo de duração de alguns segundos, conforme se apresenta na figura 2.

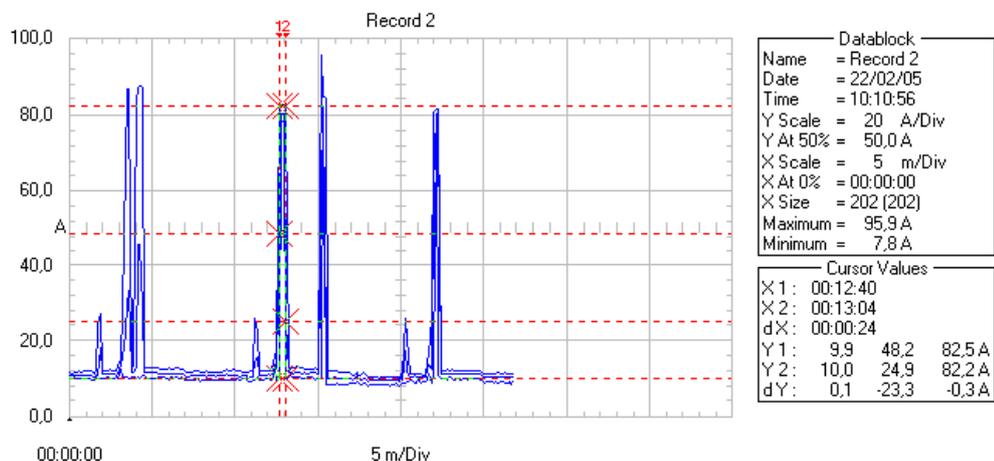
**Figura 2:** Picos de corrente provocados durante o funcionamento momentâneo de um equipamento de mamografia.



### Tomografia computadorizada

É um dos métodos de exame mais confiáveis e seguros disponíveis na medicina moderna. A intensidade de corrente, durante o funcionamento momentâneo, assume valores elevados de curta duração, conforme se observa na figura 3, que, dependendo do dimensionamento do circuito de alimentação e da potência de curto-circuito, produzirá afundamentos de tensão.

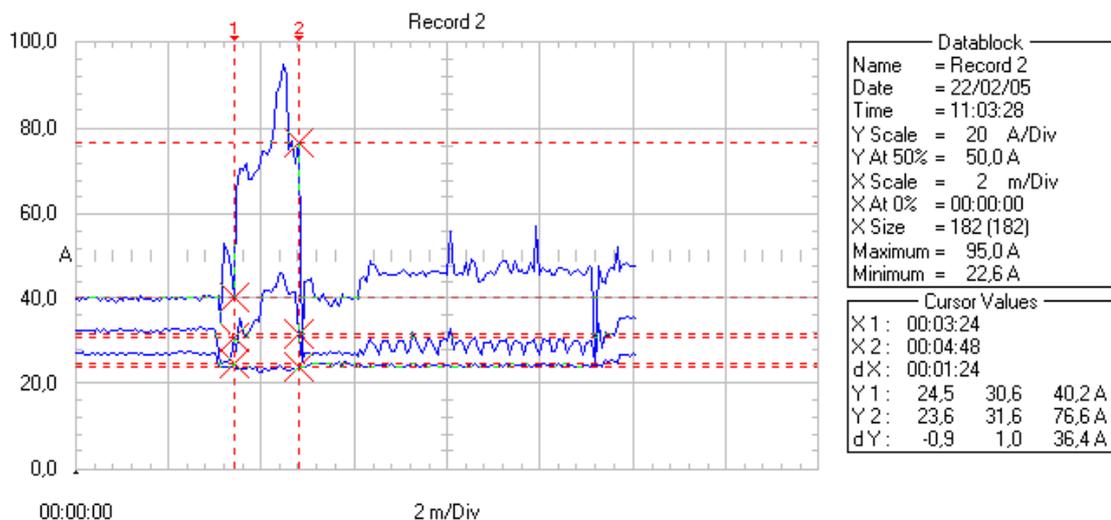
**Figura 3:** Picos de corrente provocados durante o funcionamento momentâneo de um equipamento de tomografia computadorizada.



*Ressonância magnética nuclear*

Atualmente, a medicina pode contar com uma ferramenta moderna e precisa, com a finalidade de obtenção de uma imagem seccional do interior do corpo. A imagem, obtida por intermédio de propriedades magnéticas, fornece aos médicos uma quantidade de informações detalhadas sobre a localização, tamanho e composição do tecido corporal a ser examinado, permitindo um diagnóstico rápido e preciso. Embora não apresente picos de corrente durante um curto intervalo de tempo como os demais, a ressonância exige da rede elétrica uma elevada intensidade de corrente durante longo intervalo de tempo, como se pode observar na figura 4.

**Figura 4:** Variação da corrente durante o funcionamento de um equipamento de ressonância magnética nuclear.



As medições monofásicas foram efetuadas com um Analisador de Qualidade de Energia Fluke 43B e as trifásicas foram efetuadas com um medidor de grandezas elétricas com memória, denominado de SMART METER, de fabricação da Indústria de Microsistemas Eletrônicos - IMS. Os afundamentos de tensão foram gravados com um registrador eletrônico MARH 21, fabricado pela empresa de equipamentos eletrônicos RMS.

### Testes realizados em laboratório de qualidade de energia elétrica

Formas de onda distorcidas por correntes harmônicas e afundamentos de tensão semelhantes aos observados nos EAS foram reproduzidos em duas fontes instaladas em laboratório específico para estudos de qualidade de energia elétrica.

Para a reprodução dos harmônicos, utilizou-se uma fonte de fabricação Pacific Power Source modelo 390AMX com potência de saída igual a 9 kVA. Os afundamentos de tensão de curta duração foram produzidos por uma fonte específica, denominada de Porto-Sag, modelo PS50-3P, de fabricação da EPRI-PEAC Corporation, empresa especialista em testes com afundamentos de tensão em equipamentos de processos totalmente automatizados. As figuras 5 e 6 apresentam fotos das duas fontes:

**Figura 5:** Fonte de Tensão Pacific.



**Figura 6:** Fonte de tensão Porto-Sag.



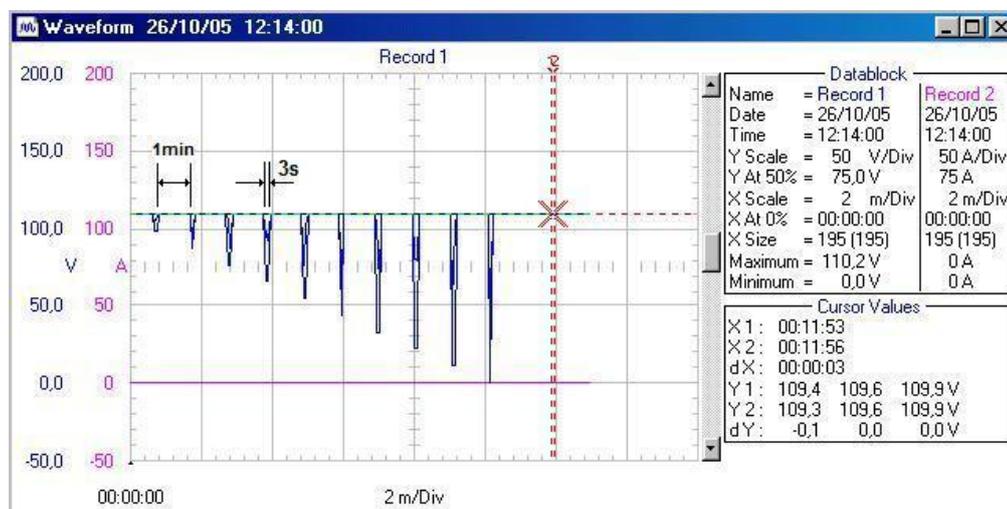
#### *Tensões de alimentação com conteúdo harmônico*

Os equipamentos testados foram alimentados com tensões distorcidas em função do conteúdo harmônico. As ordens harmônicas de interesse foram a 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup>, pois se mostraram, nas medições de campo, possuir maior predominância. O valor da distorção harmônica de tensão foi gradativamente aumentado, para verificar o comportamento dos equipamentos eletromédicos, quando submetidos a situações bem mais críticas que as encontradas nesses ambientes.

*Afundamentos de tensão de curta duração, típicos dos EAS*

Por meio de inúmeras medições realizadas em equipamentos de raios X, mamografia, tomografia computadorizada, ressonância magnética nuclear e outros, pôde-se conhecer o funcionamento desses equipamentos e, conseqüentemente, as perturbações que causam à rede elétrica. Embora possuam princípios de funcionamento diferentes, provocam o mesmo tipo de perturbação: afundamentos de tensão de curta duração. O valor do afundamento produzido depende da potência de curto-circuito da rede, no local onde o equipamento estiver instalado. A maioria desses equipamentos, como se pode observar pelos picos de corrente produzidos, apresenta dois modos de operação bastante distintos: contínuo (stand-by) e o momentâneo. No modo contínuo, o valor da potência envolvida é bastante reduzido em relação ao modo momentâneo, que ocorre durante o disparo da radiação ou a aquisição de dados para obtenção da imagem. Para simular essas situações, foram gerados e aplicados aos equipamentos eletromédicos afundamentos de tensão de curta duração de 0,1 pu, até a interrupção. A figura 7 apresenta uma seqüência desses eventos, com duração unitária de 3 segundos, com espaçamento de 1 minuto entre eles:

**Figura 7:** Afundamentos de tensão de curta duração produzidos por equipamentos de diagnóstico e tratamento de saúde instalados nos EAS, que foram aplicados aos equipamentos eletromédicos.



*Afundamentos e interrupções de tensão de curta duração, conforme IEC 61000-4-11(2000)*

A referida norma recomenda a aplicação de afundamentos de tensão de curta duração de 30% e 60% da tensão nominal ( $V_N$ ), além da interrupção. Os tempos de duração de cada evento são de 0,5 ciclo (4,33 ms) a 180 ciclos (3 s). Para melhor verificação do comportamento dos equipamentos eletromédicos, foram incluídos afundamentos de 20% e 80% da tensão nominal. A tabela 3 apresenta os afundamentos e os tempos de duração utilizados.

### **Equipamentos eletromédicos ensaiados**

Em função da facilidade de transporte, foram ensaiados equipamentos eletromédicos portáteis, de fabricação nacional, geralmente utilizados em unidades de terapia intensiva e centros cirúrgicos. Seis equipamentos eletromédicos novos foram submetidos a testes: dois monitores multiparamétricos de fabricantes diferentes, dois oxímetros de pulso de fabricantes diferentes e dois ventiladores pulmonares de modelos diferentes de um mesmo fabricante. Foi verificado o comportamento desses equipamentos, alimentados com tensão de 110V, em duas situações. Na primeira delas, os aparelhos foram submetidos a uma tensão de alimentação com elevado conteúdo harmônico, enquanto, na segunda, foram colocados sob a influência de afundamentos e interrupções de tensão de curta duração. Enquanto alguns declaram este valor de 110V como valor de placa, outros incorporam esse valor dentro da faixa de uso normal.

#### *Oxímetro de pulso*

É um equipamento utilizado na determinação do nível de saturação de oxigênio no sangue arterial ( $SpO_2$ ), sendo esta quantificação executada de forma não-invasiva, por meio de sensores ópticos posicionados externamente ao paciente (CALIL *et al.*, 2002). Para evitar interferências, foi utilizado um simulador de paciente ligado ao equipamento. No primeiro grupo de testes, o equipamento foi alimentado com tensões contendo harmônicos, conforme apresentado na tabela 1.

**Tabela 1:** Ensaios de harmônicos de tensão aplicados ao oxímetro de pulso<sup>1</sup>.

Ensaio n°	Fundamental (%)	3ª Harmônica (%)	5ª Harmônica (%)	7ª Harmônica (%)	THD(V) (%)
1	100	10	-	-	10
2	100	20	-	-	20
3	100	30	-	-	30
4	100	70	-	-	70
5	100	30	10	5	31,9
6	100	50	30	10	39,1
7	100	70	50	30	108,2

O segundo grupo de ensaios foi referente a afundamentos de tensão de curta duração, semelhantes aos produzidos por equipamentos de raios X, ressonância magnética nuclear e outros, cujos valores estão apresentados na tabela 2.

**Tabela 2:** Ensaios de afundamentos de tensão de curta duração aplicados ao oxímetro de pulso<sup>2</sup>.

Ensaio n°	Quantidade de afundamentos	Tensão de afundamento (V)	Tensão remanescente (V)	Tempo de duração (s)	Espaçamento (s)
1	10	3,3	106,7	1	1
2	10	5,5	104,5	1	1
3	10	8,8	101,2	1	1
4	10	11	109	1	1
5	10	22	88	1	1

No terceiro grupo de ensaios foram aplicados afundamentos de tensão de curta duração, conforme as recomendações contidas no item 5.1 da Norma IEC 61000-4-11(2000). Por tratar-se de um equipamento extremamente sensível aos afundamentos de tensão de curta duração, considerou-se conveniente a apresentação dos resultados mediante a tabela 3.

<sup>1</sup> O equipamento foi alimentado com tensão de 110V; THD(V) – distorção harmônica total de tensão, em relação à fundamental; apresentou falhas nos ensaios assinalados em vermelho.

<sup>2</sup> O equipamento foi alimentado com tensão de 110V; apresentou falhas nos ensaios assinalados em vermelho.

**Tabela 3:** Ensaio de afundamentos de tensão conforme Norma IEC 61000-4-11 (2000) e que foram aplicados ao oxímetro de pulso<sup>3</sup>.

Nível de tensão remanescente - %V <sub>n</sub>	Tensão de afundamento ou interrupção-%V <sub>n</sub>	Duração - (ciclos) / ocorrência
80	20	5 ciclos: o visor reduziu o brilho, mas não perdeu as informações
70	30	5 ciclos: o visor reduziu o brilho, mas não perdeu as informações
40	60	10 ciclos: travou e a tela apresentou caracteres aleatórios. Necessitou ser desligado para retornar a funcionar. 25, 50 e 180: ciclos: apagou, mas retornou à tela principal. Voltou a funcionar normalmente.
20	80	10 ciclos: travou e a tela apresentou caracteres aleatórios. Necessitou ser desligado para retornar a funcionar.
0	100	10 ciclos: travou e a tela apresentou caracteres aleatórios. Necessitou ser desligado para retornar a funcionar.

Este equipamento apresentou funcionamento incorreto em todos os três tipos de ensaios aplicados. A falta de bateria interna, para garantir o funcionamento do equipamento em casos de interrupção de energia, pode ser um dos motivos do mau desempenho do equipamento.

#### *Ventilador pulmonar*

O ventilador pulmonar tem como objetivo proporcionar ventilação pulmonar artificial em pacientes com insuficiência respiratória em função de enfermidades, efeito anestésico, entre outros problemas. Pode também ser utilizado para proporcionar descanso aos músculos respiratórios até a total recuperação do paciente e o retorno ao processo de ventilação natural (CALIL et al., 2002). O ventilador testado é um equipamento de fabricação nacional, totalmente microprocessado e projetado para aplicações de insuficiência respiratória em pacientes pediátricos e adultos. Possui bateria interna para evitar a interrupção do funcionamento em caso de falta de energia elétrica. Simulou-se a presença dos pulmões através de um balão de borracha especial, próprio para essa finalidade, e fornecido pela mesma empresa fabricante do equipamento. No primeiro grupo de

<sup>3</sup>O equipamento foi alimentado com tensão de 110V; apresentou falhas nos ensaios assinalados em vermelho.

testes, o equipamento foi alimentado com tensão de 110V, mas contendo componentes harmônicos, conforme se apresenta na tabela 4.

**Tabela 4:** Ensaios com harmônicos de tensão aplicados ao ventilador pulmonar<sup>4</sup>.

Ensaio n°	Fundamental (%)	3ª harmônica (%)	5ª harmônica (%)	7ª harmônica (%)	THD(V) (%)
1	100	3	-	-	3
2	100	10	-	-	10
3	100	20	-	-	20
4	100	30	-	-	-
5	100	50	-	-	50
6	100	30	10	5	31,9
7	100	50	30	10	59,1
8	100	70	50	30	91,4

O manômetro digital, instalado na parte frontal, indicou os mesmos valores em todos os ensaios. Dessa forma, pôde-se comprovar sua imunidade quando submetido a tensões fortemente distorcidas. O segundo grupo de ensaios foi referente a afundamentos de tensão de curta duração, cujos valores estão apresentados na tabela 5.

**Tabela 5:** Ensaios de afundamentos de tensão de curta duração aplicados ao ventilador pulmonar<sup>5</sup>.

Ensaio n°	Quantidade de afundamentos	Tensão de afundamento (V)	Tensão remanescente (V)	Tempo de duração (s)	Espaçamento (s)
1	10	11	99	3	1
2	10	22	88	3	1
3	10	33	77	3	1
4	10	44	66	3	1
5	10	55	55	3	1
6	10	11 a 110 77, 88, 99, 110	99 a 0 33, 22, 11, 0	3	60

<sup>4</sup>O equipamento foi alimentado com tensão de 110V; THD(V) – distorção harmônica total, de tensão, em relação à fundamental.

<sup>5</sup>O equipamento foi alimentado com tensão de 110V; apresentou falhas no ensaio assinalado em vermelho.

No ensaio nº 6, o equipamento apresentou funcionamento irregular para os afundamentos de 77V, 88V, 99V e interrupção. Os problemas apresentados incluem travamentos, bloqueios de válvula expiratória e ausência de atuação do sistema de alarme. No terceiro grupo de ensaios, foram aplicados afundamentos de tensão de curta duração, em conformidade com as recomendações contidas no item 5.1 da Norma IEC 61000-4-11 (2000). O comportamento do equipamento é mostrado na tabela 6.

**Tabela 6:** Afundamentos de tensão de curta duração recomendados pela Norma IEC 61000-4-11 e que foram aplicados ao ventilador pulmonar<sup>6</sup>

Nível de tensão remanescente -%V <sub>n</sub>	Tensão de afundamento ou interrupção - %V <sub>n</sub>	Duração-(ciclos)
80	20	
70	30	0,5; 1; 5
40	60	10; 25; 50; 180
20	80	
0	100	

Quando analisados afundamentos de 80% e interrupções, com tempo de duração igual ou superior a 10 ciclos, o equipamento apresentou vários problemas, que poderão colocar em risco o paciente a ele ligado, com destaque para estes itens:

1) O funcionamento foi interrompido, embora a bateria estivesse carregada. Os parâmetros definidos não se perderam, mas o alarme não foi acionado.

2) Em alguns ensaios, considerando o instante da aplicação dos afundamentos ou interrupções, a válvula expiratória manteve-se permanentemente aberta, lançando para o ambiente todo ar/oxigênio injetado nos pulmões. O sistema de alarme também não foi acionado, e o equipamento teve de ser desligado da rede de alimentação e reprogramado, para retornar à operação.

3) Da mesma forma que no caso 2, ocorreram casos em que o equipamento travou, continuando a injetar ar/oxigênio com a válvula expiratória permanentemente

<sup>6</sup>O equipamento foi alimentado com tensão de 110 V; apresentou falhas nos ensaios assinalados em vermelho.

fechada. O alarme não foi acionado e o equipamento também precisou ser desligado da rede e reprogramado. O medidor de pressão indicou um valor bem superior ao valor ajustado.

## **Discussões**

### **As instalações elétricas dos EAS**

Embora a norma brasileira ABNT NBR 13534 especifique as condições exigíveis às instalações elétricas dos EAS, a fim de garantir a segurança pessoal, principalmente dos pacientes, observa-se na prática, em muitos casos, exatamente o oposto. Muitas vezes, equipamentos com tecnologia de ponta, instalados em hospitais e ambientes similares, são alimentados por instalações elétricas deficientes e isentas de manutenção, podendo fornecer dados incorretos. O maior prejudicado nestes casos é o paciente, cuja sobrevivência pode depender dessas informações (SANTANA, 1999). Visitas a doze unidades hospitalares, sendo sete do setor público e cinco do privado, na região da Grande São Paulo, foram suficientes para verificar que, em alguns casos, as instalações elétricas não atendem às normas técnicas vigentes. Documentos desatualizados, técnicas inadequadas de manutenção e instalação, além da total falta de qualificação dos profissionais da área de eletricidade, foram algumas das situações mais encontradas. No Brasil, as prescrições gerais para as instalações elétricas de baixa tensão estão contidas na ABNT NBR 5410 (2004). A ABNT NBR 13534 (2008) complementa a norma citada no caso de instalações elétricas em EAS. Atenção especial deve ser dada ao sistema de aterramento, como forma de garantia da continuidade segura do fornecimento de energia elétrica de forma estável, proporcionando a correta atuação dos dispositivos de proteção e a segurança pessoal, no tocante a acidentes elétricos (SANTANA, 1999, p. 11, 25-26, 149) (KEEBLER, 2007). A falta de diagramas elétricos atualizados, identificação nos dispositivos de comando e proteção contidos nos painéis, identificação dos pontos de aterramento, entre outros, também são algumas das causas que comprometem o funcionamento seguro das instalações e provocam acidentes, muitas vezes de elevada gravidade (ATLAS, 2009).

## **Os equipamentos eletromédicos ensaiados**

A medicina moderna vem cada vez mais utilizando equipamentos com tecnologia eletrônica totalmente microprocessados e extremamente sensíveis às perturbações existentes nos sistemas elétricos de fornecimento de energia atuais.

A demora no atendimento para eliminação do defeito, por exemplo, do ventilador pulmonar e uma nova parametrização de suas variáveis, poderão levar o paciente a óbito.

Embora, a Norma ABNT NBR IEC 60601-1-2 (2006) inclua os ensaios de imunidade segundo a Norma IEC 61000-4-11 (2000), a qual foi utilizada neste trabalho, na época dos testes alguns fabricantes alegavam dificuldades para atendimento às exigências estabelecidas em função do reduzido número de laboratórios especializados e credenciados para a realização dos referidos testes (MARRONI, 2007).

## **As concessionárias de distribuição de energia elétrica**

As concessionárias preocupadas com a redução das interrupções permanentes de energia elétrica vêm utilizando cada vez mais de religadores para reenergização rápida da rede elétrica em caso de defeitos temporários, provocando o funcionamento incorreto de equipamentos sensíveis, como os eletromédicos.

Existe, portanto a necessidade de uma reavaliação desse conceito de proteção, considerando o religamento do circuito e o restabelecimento de energia por parte das concessionárias, pois, muitas vezes, a interrupção permanente de energia poderá ser menos prejudicial que religamentos rápidos.

## **Conclusão**

Acredita-se que este trabalho, em função dos resultados apresentados, atingiu o objetivo de comprovar falhas em equipamentos eletromédicos quando alimentados por redes elétricas que contenham perturbações geradas por outras cargas típicas desses ambientes, ou provocadas pela concessionária de distribuição de energia elétrica. As pesquisas realizadas *in loco* constroem um panorama do estado atual das instalações elétricas nos EAS do País. Em muitos casos, bastante degradadas, essas instalações não atendem aos requisitos mínimos recomendados

pelas normas técnicas da ABNT.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 208 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13534**: requisitos específicos para instalação em estabelecimentos assistenciais de saúde. Rio de Janeiro, 2008, 21p.

\_\_\_\_\_. **NBR IEC 60601-1-2**: equipamento eletromédico – Parte 1-2: prescrições gerais para segurança – norma colateral: compatibilidade eletromagnética – prescrições e ensaios. Rio de Janeiro, 2006. 93 p.

ATLAS. **Segurança e medicina do trabalho**. 63.ed., São Paulo: Equipe Atlas, 2009, 108p.

BOLLINGER, F. Harmônicas em instalações de computadores: casos reais e recomendações. **Revista Eletricidade Moderna**. São Paulo: Aranda Editora, n. 206, 1991.

CALIL, S.J. *et al.* Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção. **Ministério da Saúde**. Brasília, 2002. p.9, 345-357, 471-490, 491-504, 653- 682, 683-720.

COPPER DEVELOPMENT ASSOCIATION INC. **A Powerquality Primer**. Disponível em: <<http://www.copper.org/applications/electrical/pq/primer.html>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 61000-4-11: **Testing and Measurement Techniques** – voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests. Geneva: IEC, 2000, 43p.

KEEBLER, P. Power quality for healthcare facilities. **EPRI – Electric Power Research Institute**. 2007. Disponível em: <<http://www.leonardo-energy.org>>. Acesso em: set. 2008, 24p.

MARRONI, A. C. **O que há de novo na NBR IEC 60601-1-2**. Disponível em: <<http://banasmetrologia.com.br>>. Acesso em: 20 jan. 2007, 6p.

MIGUEL, A.A.P; MEDINA, N.B.; ANTÓN, M.L. **La amenaza de los armónicos y sus soluciones**. Madrid: Editora Centro Español de Información del Cobre, 2007.

SANTANA, C.J.R. **Instalações elétricas hospitalares**. 2 ed. Porto Alegre: Editora Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 1999.

SERSEN, E.; VORSIC, J. **Quality of Electricity Supply as a Service**. In: ICREPQ - INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGIES AND POWER QUALITY. Valencia, 2009. Disponível em: <<http://www.icrepq.com>> Acesso em: 10 nov. 2008, 6p.