

OUTRAS APOSTILAS EM:
www.projetoderedes.com.br

INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS OCASIONADA POR TELEFONIA CELULAR

ABSTRACT

Electromagnetic interference (EMI) is the occurrence of functional alterations in equipment due to its exposition to electromagnetic fields. The EMI effects are particularly worrying when occur in monitoring or life-support medical equipment. This work aims to quantify and classify detectable functional alterations in some particular medical equipment submitted to the electric fields produced by cellular telephone, operating in its maximum power (600 mW). The electromagnetic field has been measured and 31 different medical equipments have been exposed to this field, functioning under controlled conditions. The experimental results have shown a significant number of observed reproducible functional alterations in the medical equipment.

Keywords: electromagnetic interference, cellular telephone, medical equipment.

S.C.B. Cabral, S.S. Mühlen

Departamento de Engenharia Biomédica da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação,
Centro de Engenharia Biomédica
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 13081-970 Campinas, São Paulo, Brasil.
Suzy@ceb.unicamp.br

RESUMO

Interferência eletromagnética (EMI) é a ocorrência de alterações funcionais em um determinado equipamento devido a sua exposição a campos eletromagnéticos. Os efeitos de EMI são particularmente preocupantes quando ocorrem em equipamentos eletromédicos, sobretudo se estão monitorando ou dando suporte à vida de um paciente. O objetivo desse trabalho é quantificar e classificar as alterações funcionais perceptíveis em determinados equipamentos eletromédicos quando expostos ao campo elétrico produzido por um telefone celular operando em potência máxima (600 mW). O campo eletromagnético foi medido e 31 equipamentos eletromédicos diferentes foram expostos a este campo, operando normalmente, mas em ambiente controlado. Os resultados das etapas experimentais permitiram observar um número significativo de alterações funcionais reprodutíveis nos equipamentos eletromédicos submetidos ao campo elétrico produzido pelo telefone celular.

Palavras chave: *interferência eletromagnética, telefone celular, equipamentos eletromédicos.*

1.INTRODUÇÃO

O ambiente hospitalar é rico tanto em número quanto em diversidade de equipamentos eletro-eletrônicos, sendo propício ao aparecimento de fenômenos de EMI.

Este problema vem se agravando em função do número crescente de equipamentos presentes no ambiente hospitalar: equipamentos de apoio às atividades médicas, equipamentos ligados à infra-estrutura hospitalar e equipamentos portáteis trazidos ao ambiente hospitalar pelos profissionais, pacientes e visitantes, como é o caso da telefonia móvel.

Muitos equipamentos médicos atualmente operam sob baixos níveis de tensões e correntes; as induções eletromagnéticas espúrias são então proporcionalmente mais significativas e lesivas. Equipamentos médicos microprocessados (presentes nos hospitais cada vez em maior número) tendem a ser mais susceptíveis às EMI, não só oriundas de telefonia celular, mas também de rádios de comunicação interna (usados pelos serviços de segurança e manutenção), redes de informática *wireless*, outros equipamentos médicos e de radiodifusão, transformadores, motores, descargas eletrostáticas, linhas de transmissão de energia.

O número de telefones celulares vem aumentando dramaticamente no Brasil, em especial nas áreas de maior

concentração urbana. Este meio de comunicação está fazendo parte do cotidiano de milhares de pessoas, pela comodidade oferecida e pelos problemas nas comunicações fixas convencionais. Nos hospitais, pacientes, visitantes, empregados e médicos utilizam-no rotineiramente para facilitar comunicações normais e de emergência.

Muitos pesquisadores e instituições internacionais publicaram nos últimos anos resultados de estudos associando incidentes ocorridos em equipamentos médicos com a proximidade de telefones portáteis [1-6]. O apelo mediático deste assunto é enorme e, ainda que aqueles relatórios não comprovem inequivocamente o risco clínico dos pacientes, despertam as atenções do público para o problema.

Para gerenciar efetivamente a compatibilidade eletromagnética de equipamentos médicos e emissores de RF, os hospitais necessitam conhecer as falhas que podem ocorrer quando a imunidade do equipamento médico é excedida, quais os emissores podem causar interferência e qual a distância entre estes e os equipamentos médicos para a qual a interferência é detectável.

Uma política hospitalar deve então ser formulada de modo a prevenir os riscos do paciente em virtude das EMI. Esta política serviria para uniformizar as instruções para pessoal interno, visitantes e pacientes, e assim reduzir a confusão em relação ao uso de telefones celulares, *paggers* e rádio-comunicadores, evitando restrições infundadas, mas considerando evidências estatísticas relacionadas às EMI. Facilitaria também a troca de experiências entre hospitais, abrindo caminho para a elaboração de uma política mais global sobre o uso de telefonia móvel em estabelecimentos de saúde.

É sabido que os transmissores de RF podem interferir na operação normal de equipamentos eletrônicos, mas os mecanismos exatos da interferência não são bem conhecidos ou documentados. A ausência de evidências reprodutíveis das EMI em equipamentos hospitalares tem levado algumas instituições a relaxar as restrições ao uso de equipamentos interferentes, exceto talvez em áreas de cuidados intensivos com alta densidade de equipamentos de suporte à vida. Então, para avaliar a existência de interferência e poder atribuí-la a determinada fonte é importante a adoção de padrões ou normas de estudo referentes a EMI.

Atualmente diversos comitês normativos trabalham na formulação ou na revisão de normas cujo escopo é a interferência e/ou a compatibilidade eletromagnética. Um dos principais é o CISPR/IEC, cujas prescrições serviram de base para muitas das atuais normas [7, 8].

No Brasil, de acordo com a Resolução nº 444 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde – ANVISA, de setembro de 1999, os equipamentos eletromédicos comercializados no país devem estar de acordo com as prescrições da norma geral NBR IEC 60601-1 [10] e das normas particulares NBR IEC 60601-2 [11], que especificam níveis mínimos de campo elétrico que os equipamentos eletromédicos devem suportar sem apresentar modificações funcionais.

A norma colateral brasileira NRB IEC 60601-1-2 [12] que traz prescrições relativas à compatibilidade eletromagnética em equipamentos eletromédicos ainda não é compulsória, apesar de já existirem discussões nos comitês normativos com relação a isso.

A imunidade e a interferência eletromagnética nesse trabalho são relacionadas com a intensidade de campo elétrico capaz de produzir perturbações na operação normal do equipamento eletromédico sob teste. Este parâmetro foi adotado, pois é o mesmo seguido pelas normas internacionais.

O objetivo desse trabalho é, portanto, estudar os efeitos das radiações eletromagnéticas provenientes de telefonia móvel no desempenho de diversos equipamentos eletromédicos normalmente presentes em hospitais.

2.METODOLOGIA

As etapas experimentais deste trabalho foram definidas segundo as prescrições das seguintes normas: IEC CISPR 16-1 [7], IEC CISPR 16-2 [8], IEEE Std. C95-3 [9] e a NBR IEC 60601-1-2 [12]. De acordo com esta última, os equipamentos eletromédicos devem ser projetados para operar sem a degradação do seu desempenho na presença de campos elétricos com intensidades até 3 V/m, na faixa de frequência de 26 MHz a 1 GHz. Para avaliar esta condição foi então elaborado um protocolo experimental dividido em duas etapas:

Etapa I– Medida da intensidade do campo elétrico produzido por um telefone celular analógico operando em 600 mW. Foi utilizado um analisador de espectro Tektronix 2710, centrado na frequência de 835 MHz e com uma largura de banda de 300 kHz. Foi conectada ao analisador uma antena dipolo EMCO de $1/2\lambda$, com um fator de antena de 27,5 dB e um ganho numérico de 1,38 com relação à antena isotrópica.

Para a realização das medições foram adotadas as recomendações das normas acima no que diz respeito ao local de ensaio e ao posicionamento dos equipamentos de medida, a saber:

Local para realização dos testes – Como o ambiente hospitalar possui diversas fontes de RF, foi necessário realizar os testes em um local que estivesse o mais livre possível de interferências externas, para que os campos elétricos medidos, assim como os efeitos de interferência observados, fossem reprodutíveis e decorrentes exclusivamente da fonte de radiação local. Dessa forma o local escolhido foi o Ginásio Multidisciplinar da UNICAMP, que reúne as seguintes características: distâncias superiores a 25 m em todas as direções sem obstáculos, ausência de fontes de RF internas, estrutura metálica aterrada em todas as faces (exceto o piso);

Disposição dos equipamentos de teste – De acordo com a norma IEC CISPR 16-1, a antena receptora e o equipamento emissor sob teste devem estar circunscritos por uma elipse sem obstáculos, e com as dimensões conforme aparece na Fig. 1. Como a maior distância de medida foi 2 m, a elipse foi delimitada com $R = 2$.

A menor distância foi de 10 cm entre a fonte e a antena de medida, de modo a evitar o seu campo próximo [13].

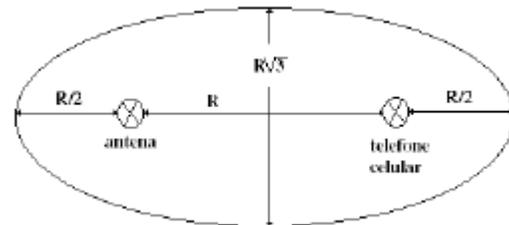


Fig. 1. Elipse sugerida pela norma IEC CISPR 16-1 para a realização das medidas de intensidade de campo elétrico.

Foram feitas medições com vinte distâncias diferentes entre a fonte (telefone celular) e a antena receptora, e em cada posição foram realizadas medidas nas polarizações vertical e horizontal da antena receptora.

Etapa II– Exposição dos equipamentos eletromédicos selecionados aos campos eletromagnéticos produzidos pelo telefone celular e medidos na etapa I.

A seleção dos equipamentos eletromédicos foi feita de acordo com os seguintes critérios:

- Sejam utilizados comumente em UTI e recuperação pós-cirúrgica, em monitoração e suporte à vida;
- Sejam portáteis e independentes de instalações especiais para funcionar;
- Não necessitem de simuladores de funções fisiológicas para funcionar;
- Sejam disponibilizados para os testes pelos serviços médicos do Hospital de Clínicas da UNICAMP.

Por estes critérios foram selecionados:

- Bomba de infusão (12 unidades de 04 fabricantes diferentes);
- Oxímetro de pulso (12 unidades de 04 fabricantes diferentes);
- Medidor de pressão arterial não invasivo (01 unidade);
- Monitor cardíaco (05 unidades de 04 fabricantes);
- Monitor multiparamétrico (01 unidade).

Os equipamentos foram fabricados entre 1989 e 2000, sendo a maioria entre 1995 e 1999.

A exposição ao campo eletromagnético obedeceu às mesmas configurações utilizadas na etapa I, com os equipamentos eletromédicos posicionados no local da antena de medida.

As perturbações observadas nos equipamentos, assim como as distâncias da fonte e polarizações da antena emissora foram registradas em protocolos de ensaio, sendo os resultados apresentados a seguir.

3. RESULTADOS

O campo elétrico produzido pelo telefone celular pode ser observado na Fig.2. Fica evidente a influência da polarização relativa (paralela ou ortogonal) entre fonte e alvo, assim como é possível notar que a intensidade de campo elétrico produzido pelo telefone celular supera o nível máximo que os equipamentos devem suportar (se eles forem projetados de acordo com a norma NBR IEC 60601-1-2), para distâncias inferiores a 1,9 m ou 0,3 m respectivamente, dependendo da polarização (paralela ou ortogonal).

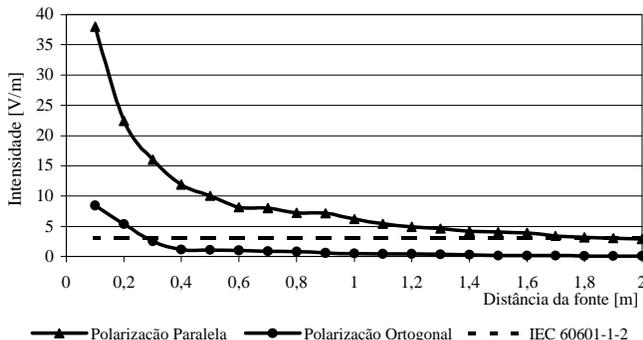


Fig. 2. Intensidade de campo elétrico produzido pelo telefone celular operando em 600 mW em relação ao nível para qual os equipamentos eletromédicos são projetados.

O efeito do campo eletromagnético no funcionamento dos equipamentos eletromédicos pode ser apreciado na Fig. 3, onde a EMI foi classificada em três categorias, de acordo com o seu grau de risco:

Categoria 0: Não ocorreram alterações perceptíveis no desempenho do equipamento.

Categoria I: Ocorreram alterações perceptíveis, porém não houve prejuízo no desempenho da função do equipamento.

Categoria II: Ocorreram perturbações perceptíveis com prejuízo no desempenho de sua função.

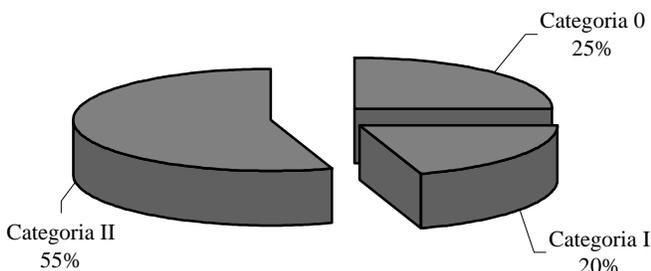


Fig. 3. Frequência e tipos de interferências observadas nos equipamentos eletromédicos.

A frequência de EMI depende fortemente da distância entre o equipamento e a fonte de radiação eletromagnética, como pode ser constatado na Fig. 4.

4. DISCUSSÃO

Os resultados experimentais deste estudo referendam a maioria dos resultados de trabalhos semelhantes que vêm sendo realizados por outras equipes, em todo o mundo. Uma das primeiras constatações é de que um número significativo de equipamentos eletromédicos não é

adequado para operar em ambientes hostis do ponto de vista eletromagnético, apresentando degradação do seu desempenho. Em tal situação, os pacientes são submetidos a uma condição de risco ainda maior do que a decorrente da sua própria condição clínica.

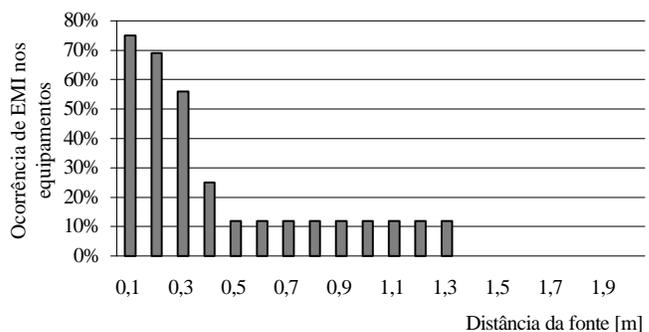


Fig. 4. Porcentagem de equipamentos apresentando degradação de desempenho em relação à distância da fonte de interferência.

Os equipamentos eletromédicos ensaiados são produto de uma geração tecnológica onde os níveis e os tipos de EMI não eram os mesmos que se encontram atualmente no ambiente hospitalar. Nos países em desenvolvimento, onde o ritmo de substituição de equipamentos por obsolescência tecnológica é menor do que nos países mais ricos, encontram-se equipamentos com uma dezena de anos ou mais em operação, coexistindo com os mais recentes produtos de telecomunicação. Esta incompatibilidade tecnológica é inevitável e tão mais pronunciada quanto mais lenta for a substituição do parque de equipamentos nos hospitais.

A reversão desta condição em curto prazo apresenta dificuldades técnicas e é fortemente dependente do investimento em tecnologias compatíveis que o hospital se disponha a fazer. Ainda assim, a rapidez com que novos produtos potencialmente geradores de EMI passam a ser utilizados nos hospitais limita o alcance de uma “solução por substituição”. Uma política de gerenciamento deve então ser formulada de modo a prevenir os riscos do paciente em virtude das EMI nos hospitais, utilizando todas as informações experimentais disponíveis.

Outra constatação deste estudo é que 20% dos equipamentos ensaiados não sofreram modificações perceptíveis em sua operação. Os equipamentos médicos contêm geralmente dezenas de componentes eletrônicos que podem funcionar como pequenas antenas para os sinais de RF. Os efeitos dos sinais eletromagnéticos irradiados dependem da intensidade do campo (V/m) percebido pelo equipamento, do comprimento de onda deste sinal em relação às dimensões dos componentes e cabos (agindo como antenas espúrias), do tipo de modulação do sinal (analógica ou digital) e do acoplamento entre as antenas (posicionamento e polarização). Estas condições podem se manifestar conjuntamente, e serem ainda modificadas pelas características geométricas do ambiente (atenuações e reflexões), conferindo às EMI um caráter fortemente aleatório e probabilístico.

O mau funcionamento de equipamentos médicos devido à EMI é, portanto, quase sempre imprevisível. Apesar de, na maioria dos casos, os equipamentos de telefonia móvel serem os responsáveis pela interferência detectada, esta interferência não é sempre reproduzível por uma das

seguintes razões: 1) quando a radiação está próxima do limiar de susceptibilidade do equipamento, a interferência pode depender de coincidir com um período de latência do equipamento médico; 2) o arranjo e a localização dos cabos externos do equipamento podem ter sido mudados; 3) o paciente pode estar em uma posição diferente; 4) o modo de operação do equipamento pode ser outro; 5) a localização exata do equipamento na sala pode ser diferente. Por estas razões foi importante na primeira etapa desse trabalho a padronização dos procedimentos tanto de medida quanto de ensaio de interferência, para que as conclusões possam ser consistentes e, na medida do possível, reproduzíveis, de maneira a minimizar os erros.

Testar a imunidade dos equipamentos médicos como descrito pela norma NBR IEC 60601-1-2 requer equipamentos sofisticados e conhecimentos específicos, muitas vezes fora do alcance dos hospitais. Ainda assim, o engenheiro clínico é responsável por identificar a dimensão e a severidade do problema de EMI e propor soluções. Deve localizar e descrever tecnicamente a natureza da interferência em termos de sua frequência, potência, distância do equipamento susceptível e tipo de interferência. Estas informações devem ser organizadas na forma de relatórios (escritos ou orais) no sentido de encorajar a direção e os serviços do hospital a informar ao engenheiro clínico a ocorrência de qualquer problema relacionando equipamentos de comunicação com falhas nos equipamentos médicos.

A existência de risco comprovado de EMI neste estudo é um forte estímulo para que outros trabalhos sejam realizados, buscando agora reproduzir com mais fidelidade as condições do ambiente hospitalar.

5. CONCLUSÃO

Enquanto a não compatibilidade entre tecnologias oferecer risco aos pacientes, é essencial que as instituições de saúde estabeleçam programas visando a orientação dos usuários dos telefones celulares sobre o risco potencial que os mesmos possuem de produzir interferência nos equipamentos eletromédicos.

A presença do telefone celular em um ambiente não determina o aparecimento de interferência nos equipamentos presentes, mas aumenta a probabilidade de sua ocorrência.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro, o Centro de Engenharia Biomédica e o Hospital de Clínicas da UNICAMP, o Prof. Dr. Evandro Conforti e os engenheiros Kleiber Tadeu Solleto e Victor Vellano Neto pelo apoio na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] J. P. Casamento; P. S. Ruggera, "Applying Standardized Electromagnetic Compatibility Testing Methods for Evaluating Radiofrequency Interference with Ventilators", *Biomedical Instrumentation & Technology*, September/October, pp. 418-425, 1996.
- [2] D. Adler; L. Margulies; Y. Mahler; A. Israeli, "Measurements of Electromagnetic Fields Radiated from Communication Equipment and of Environmental Electromagnetic Noise: Impact on the Use of Communication Equipment within the Hospital *Biomedical*

Instrumentation & Technology, November/December, pp.581-590, 1998.

- [3] I. Baba; H. Furuhashi; T. Kano; S. Watanabe; T. Ito; T. Nojima; S. Tsubota, "Experimental Study of Electromagnetic Interference from Cellular Phones with Electronic Medical Equipment", *Journal of Clinical Engineering*, vol.27, pp.122-134, 1998.
- [4] J. Turcotte; D. Witters, "Practical Technique for Assessing Electromagnetic Interference in the Clinical Setting: Ad Hoc Testing" *Biomedical Instrumentation & Technology*, May/June, pp.241-252, 1998.
- [5] W. D. Paperman; Y. David, "The Clinical Engineer: A Ghost Hunter or Manager of EMI", *Biomedical Instrumentation & Technology*, march/april, pp.177-181, 1998.
- [6] W. E. Irnich; R. Tobisch "Mobile Phones in the Hospital", *Biomedical Instrumentation & Technology*, January/February, pp.28-34, 1999.
- [7] IEC/CISPR 16-1 "Specification for radio disturbance and immunity measurement apparatus and methods. Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus", Genève, 1993.
- [8] IEC/CISPR 16-2 "Specification for radio disturbance and immunity measurement apparatus and methods. Part 2: Methods of measurement of Disturbance and immunity", Genève, 1996.
- [9] IEEE Std. C95.3.1991, "Recommended Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields – RF and Microwave", New York, 1992.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR IEC 60601-1: "Equipamento Eletromédico. Parte 1 – Prescrições Gerais para Segurança". Rio de Janeiro, RJ, 1994, 149 p.
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Série de normas NBR IEC 60601-2: "Requisitos particulares de segurança em Equipamento Eletromédico". Rio de Janeiro, RJ.
- [12] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR IEC 60601-1-2 "Equipamentos Eletromédicos – Norma Colateral: Compatibilidade Eletromagnética" ABNT, 1997.
- [13] W.D. Kimel; D.D. Gerke, "Electromagnetic Compatibility in Medical Equipment", IEEE, 1ª Edição, New York, 1995.