

Análise de espectro eletromagnético advindo de estações de rádio em unidades hospitalares

Jobson de Araújo Nascimento

Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas (UNCISAL - AL)
Maceió - AL, Brasil

Diego Fernando Ferreira Rodrigues

Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas (UNCISAL - AL)
Maceió - AL, Brasil

RESUMO

Nas unidades de terapia intensiva (UTIs), existe uma diversidade de equipamentos eletromédicos (EEM) dividindo um curto espaço inclusive com outros dispositivos eletrônicos. Apesar de cada equipamento ter passado por testes de compatibilidade eletromagnética, bem como os manuais orientarem quais os distanciamentos necessários para evitar possíveis interferências, alguns cenários não são previstos na prática, através desses testes e atualmente os hospitais compartilham diversas fontes de Radiofrequência (RF), como smartphones, roteadores, dentre outros. O objetivo no artigo é fazer medições de possíveis cenários que idealizem um ambiente hospitalar como uma UTI, CTI, dentre outros, na UNCISAL-AL, os submetendo a fontes de RF. Nesse trabalho exclusivamente emissoras de rádio, verificando se há riscos na utilização de equipamentos eletromédicos e consequentemente de avarias nos equipamentos hospitalares, devido a exposição eletromagnética acima da imunidade nesses equipamentos.

Palavras-chave: Interferência, Eletromédico, Rádio, Imunidade.

1 INTRODUÇÃO

O uso crescente de tecnologias, principalmente de comunicação sem fio e a diversidade de perturbações eletromagnéticas que podem estar presentes nas unidades hospitalares, podem afetar o funcionamento dos equipamentos eletromédicos. A integração de dispositivos eletrônicos, que incluem unidades de armazenamento, redes, interface de comunicação vem crescendo nos últimos anos. Dados do Sistema de Gestão de Certificação e Homologação (SGCH) da ANATEL, entre os anos de 2005 a 2012 o número de homologação de produtos, aumentou em 44,8%. Para os modelos de terminais celulares homologados pela ANATEL o aumento foi de 862%. Para os modelos de transceptores de radiação restrita, que incluem os de tecnologia Wi-Fi Bluetooth e RFID (Identificação por Radiofrequência) o aumento foi superior a 1.000% (ANATEL SGCH, 2016).

Os efeitos da interferência eletromagnética (IEM), tem ligado o sinal de alerta de pesquisadores, uma vez que se essas interferências ocorrerem em equipamentos eletromédicos que dão suporte a vida de um paciente, sendo responsáveis pelo monitoramento de parâmetros vitais. No cenário em que se tem fontes de RF, causadores de IEM, os equipamentos eletromédicos devem estar seguros e serem imunes



a essas interferências (SUZY, 2001). Logo alguns cenários devem ser analisados para verificação de estresse eletromagnético dos equipamentos eletromédicos.

Os cenários hospitalares atuais abrangem ambientes que possuem uma diversidade de equipamentos eletroeletrônicos que emitem ondas eletromagnéticas pelo espaço livre(ar), em variadas frequências, gerando campos elétricos com amplitudes distintas. Nos corredores dos hospitais diversas vezes são utilizados dispositivos móveis para comunicação (JAMILSON, 2018).

As diretrizes e declaração do fabricante dos principais equipamentos eletromédicos, definem que deve haver uma distância de separação recomendada entre esses equipamentos e as fontes, em função da potência máxima do transmissor e da frequência(IEC, 2010; IEC, 2014).Porém análises de interferência eletromagnética de fontes externas, no ambientes urbanos têm-se como principais fontes de perturbações eletromagnéticas as emissões de ERBs (Estações de Rádio Base), utilizadas na telefonia celular, estações de radiodifusão sonora(FM) e radiodifusão de som e imagem (TV).

A construção dos hospitais, nas proximidades de ERBs, como as diversas tecnologias móveis que coexistem dentro dos hospitais, podem contribuir para uma interferência eletromagnética que não só ultrapasse os limites de imunidade listados nas normas de compatibilidade eletromagnética (CEM), bem como também possam afetar o funcionamento dos equipamentos eletromédicos.

Os cenários atuais de funcionamento da maioria dos hospitais, prevê um grande quantitativo de equipamentos eletrônicos que emitem irradiação não ionizante que não foram analisados e podem contribuir de forma significativa para a diminuição do limite de imunidade e interferência eletromagnética.

O objetivo da pesquisa que gerou esse artigo foi efetuar medições de possíveis cenários que idealizem um ambiente hospitalar como uma UTI, CTI, dentre outros, efetuando medições do espectro eletromagnético irradiado por estações de rádio, verificando se os níveis aferidos oferecem riscos no uso de equipamentos hospitalares.

2 METODOLOGIA

Os equipamentos eletromédicos possuem baixa imunidade eletromagnética, ou seja, o campo elétrico máximo que eles suportam, sem apresentar avarias e/ou desconformidades. A tab.1, foi construída, com o intuito de associar o risco correlacionado com o tipo de equipamento e o local de funcionamento. Alguns equipamentos eletromédicos possuem imunidade eletromagnética que variam com a frequência, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 1. Nível de imunidade eletromagnética de alguns equipamentos eletromédicos. JAMILSON, 2018, p. 79)

PRODUTO	MODELO	FAIXA(MHz)	IMUNIDADE(V/m)
Aparelho de anestesia	DIXTAL/5020	80-2.500	10
Bomba de infusão	BRAUN/ Infusomat [®]	80-2.500	10
	BAXTER/ Colleague	26- 2.500	20 ¹
Ventilador Pulmonar	CAREFUSION / AVEA	80-2.500	10
	INTERMED / iX5	80-2.500	10
Oxímetro de Pulso	MORIYA / M1000	80-2.500	3
	NELLCOR / OxiMax	80-2.500	3
	NONIN / 2500C	80-2.500	20 ³
Monitor multiparamétrico	INSTRAMED / INMAX	80-2.500	3

¹A tela principal da bomba pode escurecer ou ficar em branco em níveis acima de 8 V/m. Para ambientes CEM não controlados como ambulâncias terrestres, a bomba pode parar de infundir ou alarmar em um nível de 15 V/m ou maior.
² Requisitos da norma ISO 9919:2005

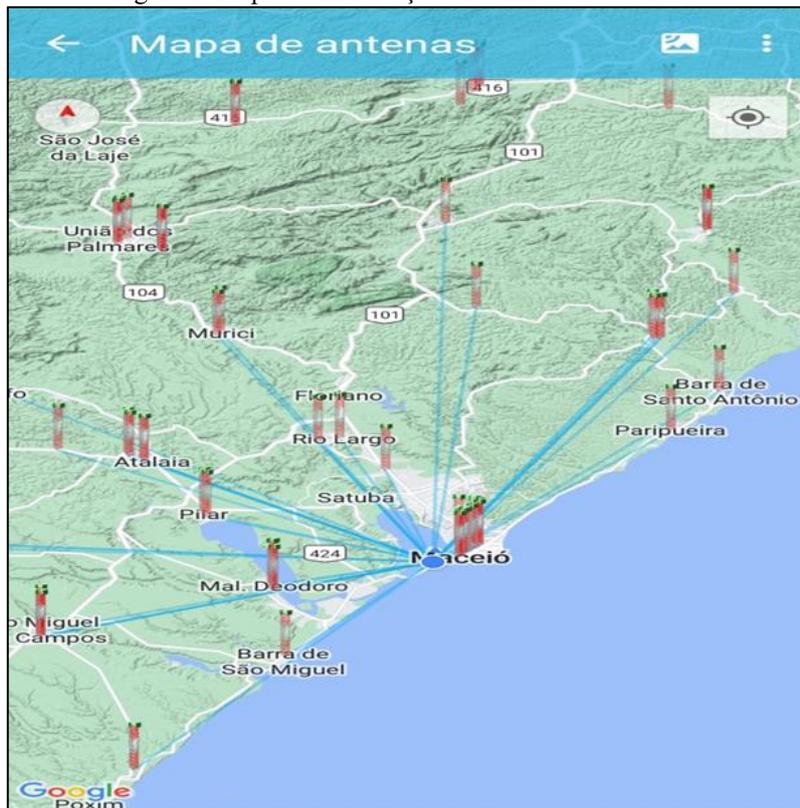
As diretrizes e declaração do fabricante dos principais equipamentos eletromédicos, definem que deve haver uma distância de separação recomendada entre esses equipamentos e as fontes, em função da potência máxima do transmissor e da frequência. Porém análises de interferência eletromagnética de fontes externas, nos ambientes urbanos têm-se como principais fontes de perturbações eletromagnéticas as ERBs, utilizadas na telefonia celular, estações de radiodifusão sonora (FM) e radiodifusão de som e imagem (TV). As potências e faixa de frequência desses transmissores são observados na Tabela 2.

Tabela 2. Características dos serviços de radiodifusão brasileiros (ANATEL, 1998,2001).

SERVIÇO	FREQUÊNCIA	POTÊNCIA MÁXIMA DO TRANSMISSOR
TV VHF	54 – 88 MHz (VHF Baixa) 174 – 216 MHz (VHF Alta)	316 kW
RÁDIO FM	88 – 108 MHz	100 kW
TV UHF	470 – 800 MHz	1.600 kW
TV DIGITAL	470 – 668 MHz	80 kW
RETRANSMISSÃO DE TV	VHF	31,6 kW
	UHF	160 kW

Inicialmente foram listadas na cidade de Maceió - AL, as principais transmissoras, AM, FM e emissoras de TV. Na fig.1, podem ser observada uma tela de como foi efetuada a pesquisa das emissoras com a ferramenta de pesquisa da plataforma Google.

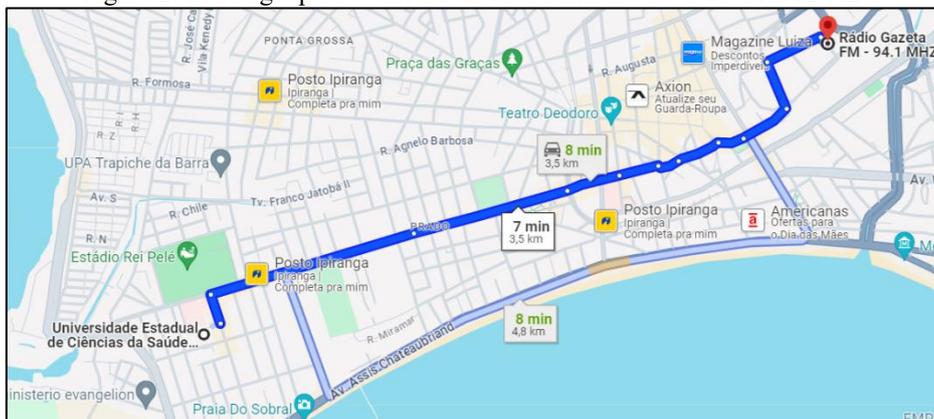
Figura 1. Mapa de distribuição das emissoras de Rádio.



Fonte: Google Maps.

Foram identificados parâmetros como frequência de operação, potência provável máxima do transmissor e distância em visada direta (linha reta) até a UNCISAL-AL. Na fig.2, pode ser observado como foi utilizada a ferramenta para o cálculo da distância até o ponto de referência, ou seja, a UNCISAL-AL. O objetivo de identificar a distância até a UNCISAL-AL, é identificar se nesse ponto de referência fosse construída uma unidade hospitalar, qual seria o campo eletromagnético percebido por eventuais equipamentos eletromédicos instalados nesse local (receptores). As medições inicialmente foram realizadas em ambiente aberto.

Figura 2. Estratégia para o cálculo de cada emissora até a UNCISAL-AL.



Fonte: Google Maps.

Antes de efetuar as medições foram calculados os campos elétricos teóricos (prováveis), percebidos na UNCISAL-AL, pelas fontes identificadas na pesquisa. As características dos serviços de radiodifusão brasileiros foram consultadas em (JAMILSON, 2018, pg. 40). E a estimativa do nível de perturbação causado pela fonte (intensidade do campo eletromagnético) foi calculado através de (JAMILSON, 2018, pg. 73):

$$E = \frac{6\sqrt{P}}{d} \quad (1)$$

Onde:

E é a intensidade de campo eletromagnético [V/m]

P é a potência máxima [W],

d é a separação mínima entre fonte e receptor [m].

Em seguida os valores foram aferidos através de um analisador de espectro, do fabricante *RF Explorer* 2,45 GHz, antena receptora de ganho 2,0 dBi que mostrava em sua tela o nível da potência captada pela antena do receptor e dBm e a frequência da fonte emissora. A potência foi convertida em W, assim como o ganho da antena foi convertido para o valor adimensional. Ao inserir os dados obtidos na eq. 2 (JULIO, 2016, pg. 236), obtêm-se o valor do campo eletromagnético.

$$|E| = \left(\frac{P_{rx} \cdot 480\pi^2}{G \cdot \lambda^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Onde

$|E|$ módulo do campo eletromagnético [V/m]

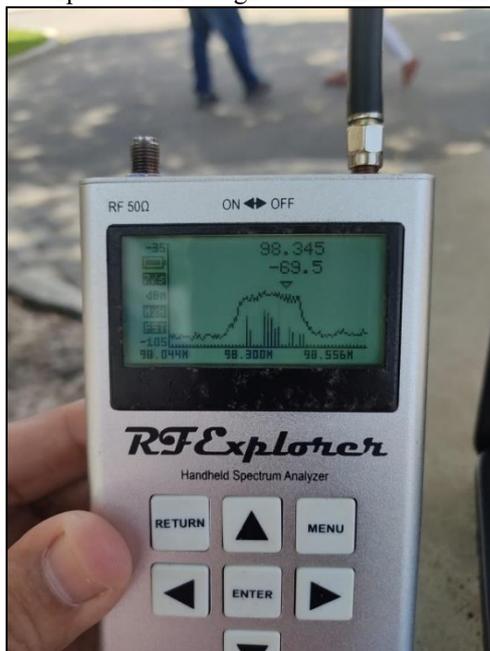
P_{rx} é a potência recebida [W];

G é o ganho adimensional da antena receptora [adimensional].

λ é comprimento de onda da estação (fonte de RF) [m]

Na fig.3, pode ser observado um extrato na tela do equipamento de uma das medições. No equipamento eram selecionados a largura de banda em frequência que continha a frequência da emissora desejada e o nível de potência em dBm era visualizado em tela.

Figura 3. Medição do espectro eletromagnético utilizando o analisador de espectro.



Fonte: Própria.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados calculados e medidos, bem como a diferença em percentagem, podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado teórico e medido em ambiente externo. ³ Média com o desvio padrão.

Nome da Rádio/Frequência	Campo elétrico teórico(V/m)	Campo elétrico medido (V/m) Ambiente Externo	Diferença Percentual (%)
Rádio Gazeta FM- 94,1MHz	0,0558	0,0003	60,00
Rádio Farol FM-90,1MHz	0,3530	0,0001	87,00
Rádio 96 FM-96,5MHz	0,3810	$5,0 \cdot 10^{-5}$	92,60
Rádio Mix FM-98,3MHz	0,6100	0,0001	33,00
Rádio Jovem Pan FM-100,7MHz	0,6100	$2,0 \cdot 10^{-5}$	10,00
Rádio Transamérica FM-102,7MHz	0,6100	$8,0 \cdot 10^{-5}$	14,30
Rádio Pajuçara FM-103,7MHz	0,6800	0,00071	99,89
Rádio CBN FM-104,5MHz	0,3720	$7,2 \cdot 10^{-5}$	75,00
Rádio Educativa FM-107,7MHz	0,4362	$1,8 \cdot 10^{-5}$	51,10
Rádio Nova Brasil FM-106,5MHz	0,4170	0,00123	78,00
---	---	----	$(57,20 \pm 33,52)^3$

Os resultados de medição estão bem distantes dos aferidos. As justificativas se devem ao fato de os níveis teóricos calculados de acordo com a eq.(1), não levam em conta a atenuação do campo elétrico em obstáculos que existem entre as emissoras e a ponto de referência externa, a UNCISAL-AL, outros fatores de dispersão, a potência do transmissor que pode ser inferior a listada na tab.2, bem como a nível de potência da estação ser variável de acordo com o horário do dia, afetando o resultado da medição. Na

última coluna pode ser observada a diferença percentual entre o valor teórico esperado e o nível de fato medido.

Em seguida as medições foram efetuadas em ambiente fechado, nas dependências da UNCISAL-AL, uma sala cercada por paredes e os níveis aferidos foram comparados com os do ambiente externo. Os dados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Comparação entre as medições em ambiente externo e interno.
⁴Média com o desvio padrão.

Nome da Rádio/Frequência	Campo elétrico medido (V/m) Ambiente Externo	Campo elétrico medido (V/m) Ambiente Interno	Redução Percentual (%)
Rádio Gazeta FM- 94,1MHz	0,0003	0,00012	60,00
Rádio Farol FM-90,1MHz	0,0001	$1,3 \cdot 10^{-5}$	87,00
Rádio 96 FM-96,5MHz	$5 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	92,60
Rádio Mix FM-98,3MHz	0,0001	$6,7 \cdot 10^{-5}$	33,00
Rádio Jovem Pan FM-100,7MHz	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	10,00
Rádio Transamérica FM-102,7MHz	$8 \cdot 10^{-5}$	$7,0 \cdot 10^{-5}$	91,25
Rádio Pajuçara FM-103,7MHz	0,00071	0,00015	78,87
Rádio CBN FM-104,5MHz	$7,2 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	75,00
Rádio Educativa FM-107,7MHz	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$8,8 \cdot 10^{-6}$	51,11
Rádio Nova Brasil FM-106,5MHz	0,00123	0,00027	78,05
---	----	----	$(67,49 \pm 25,26)^4$

As medições no ambiente externo, foram efetuadas num ambiente livre de superfícies atenuadoras diretas como paredes e obstáculos. E as medições no ambiente interno foram efetuadas dentro das dependências da UNCISAL-AL, em um ambiente que possui as paredes, nas quais se tem uma expectativa de um campo eletromagnético com menor intensidade, como pode ser observado na tab.4. Isso se deve ao fator dielétrico ocasionado pelas paredes da edificação, porém essa atenuação foi significativa assim em termos percentuais.

A terceira medição foi realizada nas imediações das emissoras. As aferições foram efetuadas em visada direta nas estações cerca de no máximo 10,0 m das rádios. Os níveis podem ser observados na tab.5.

Tabela 5. Medições nas proximidades das estações de rádio.

Nome da Rádio/Frequência	Campo elétrico medido (V/m) Ambiente Externo
Rádio Gazeta FM- 94,1MHz	0,010
Rádio Farol FM-90,1MHz	0,002
Rádio 96 FM-96,5MHz	0,006
Rádio Mix FM-98,3MHz	0,010
Rádio Jovem Pan FM-100,7MHz	0,010
Rádio Transamérica FM-102,7MHz	0,010
Rádio Pajuçara FM-103,7MHz	0,005



Rádio CBN FM-104,5MHz	0,00001
Rádio Educativa FM-107,7MHz	0,0008
Rádio Nova Brasil FM-106,5MHz	0,0002

Os níveis de campo elétrico aferidos nas imediações das emissoras de rádio, apesar de serem bem maiores, quando comparados com os níveis observados nos ambientes; externo(tab.2) e interno(tab.3), são irrelevantes, quando comparados com a menor imunidade apresentada na tab.1, ou seja, 3V/m. Logo não há risco de se utilizar equipamentos eletromédicos, ainda que as unidades hospitalares fossem construídas nas imediações emissoras de rádio.

4 CONCLUSÕES

Os resultados de medição expostos no trabalho, certificam que de fato que o campo elétrico irradiado pelas estações de rádio não oferece risco para eventuais construções de unidades hospitalares, relativamente distantes ou mesmo próximas de estações de rádio, tendo em vista que o campo elétrico medido nos cenários apresentados é bem inferior as imunidades dos principais equipamentos eletromédicos listados na tab.1. Porém se faz necessário, o que não é observado com frequência, de uma análise espectral, antes, e depois da construção nas unidades hospitalares. Vale a pena salientar, que análises que envolvem outras fontes de RF, como smartphones, tablets, roteadores Wi-Fi, dentre outros, não foi objeto dessa pesquisa e conseguinte, poderiam eventualmente ter níveis de medição, maiores do que os observados nessa pesquisa.

5 AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos devem ser feitos a UNCISAL-AL, que a partir do programa de Iniciação Científica, na modalidade, PIBIC/FAPEAL existente na instituição e financiado pela FAPEAL(Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas), permitiu o desenvolvimento e a execução dessa pesquisa.



REFERÊNCIAS

ANATEL SGCH 2016. Disponível em: <https://sistemas.anatel.gov.br/sgch>. Acesso em: 14 abr. 2024.

ANATEL. Resolução nº 363, de 20 de abril de 2004. Aprova as alterações no Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Frequência Modulada. 2004. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

CABRAL, Suzy C. B. Interferência eletromagnética em equipamento eletromédico ocasionada por telefonia móvel celular. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2001. 157p.

EVANGELISTA, Jamilson R. Controle do nível de compatibilidade eletromagnética para gerenciamento de risco em estabelecimentos assistenciais de saúde. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2018. 94p.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION - IEC. IEC 60601-1-2:2014 Medical electrical equipment - Part 1-2: General requirements for basic safety and essential performance - Collateral standard: Electromagnetic disturbances - Requirements and tests. 4th ed. Geneva: IEC, 2014.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION - IEC. IEC 61000-4-3:2010 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test. 3rd ed. Geneva: IEC, 2010.

MEDEIROS, Julio Cesar de O. Princípios de Telecomunicações: Teoria e Prática. 5. ed. rev. São Paulo: Érica, 2016.