



MEDIÇÕES DE PERTURBAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS EM AMBIENTE DE SAÚDE

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6276

Autores: LÍVIA HELENA MARTINELI TEIXEIRA, EMILY VITÓRIA FERREIRA DE OLIVEIRA, GABRIEL LIZZI PIROTELLO, GABRIELLA COLUSSI FERREIRA, ISABELA POSO HAGA, LETÍCIA COSTA ISHIUCHI, GUSTAVO IERVOLINO DE MORAIS, LORENZO CAMPOS COIADO

Resumo: Os avanços tecnológicos impulsionam o desenvolvimento de equipamentos médicos mais sofisticados, integrando engenharia e medicina. Apesar dos benefícios, crescem as preocupações com interferência eletromagnética (EMI) e a segurança dos pacientes. Mesmo com testes de compatibilidade eletromagnética (EMC) e diretrizes dos fabricantes, ambientes hospitalares são dinâmicos e imprevisíveis. Este projeto, realizado durante a residência tecnológica no Instituto de Pesquisas Eldorado, teve por objetivo medir distúrbios eletromagnéticos em ambientes de saúde, avaliando a conformidade com limites regulatórios. Foram analisadas diferentes faixas de frequência e comparadas com os parâmetros dos equipamentos em uso. O estudo busca superar limitações dos testes convencionais, oferecendo uma análise prática em cenários reais, identificando possíveis fontes de interferência e destacando a importância do monitoramento contínuo para garantir a segurança do paciente e a eficácia dos dispositivos médicos.

Palavras-chave: Interferência Eletromagnética, Equipamento Eletromédico, Segurança do Paciente

MEDIÇÕES DE PERTURBAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS EM AMBIENTE DE SAÚDE

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos nas últimas décadas impulsionaram a interdisciplinaridade entre as áreas diversas das ciências exatas e das ciências da saúde, refletindo a integração entre tecnologia e aplicação prática no setor da saúde (ALMEIDA, 2025). Isso trouxe o advento de diversos e tecnológicos equipamentos eletromédicos em ambientes hospitalares, que hoje são indispensáveis para o diagnóstico, tratamento e monitoramento dos pacientes (VERIFIED MARKET REPORTS, 2023). Conquanto, com o aumento da densidade desses dispositivos em lugares que fornecem assistência à saúde, surge a preocupação com os níveis de radiação eletromagnética gerados nesse ambiente. Campos eletromagnéticos (EMF) podem interferir no funcionamento de equipamentos sensíveis, prejudicando a eficácia dos tratamentos como também correndo o risco de sensibilizar a segurança dos pacientes (MJA, 2024).

A medição desses EMF em ambientes hospitalares é regulamentada por normas internacionais e nacionais que estabelecem limites específicos para exposição de trabalhadores e pacientes. Entre as principais diretrizes está a norma internacional IEC 60601-1-2, que regula a compatibilidade eletromagnética de dispositivos médicos. Os órgãos responsáveis pela fiscalização do cumprimento dessa medida e outras são a Agência Nacional de Vigilância Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que realizam essa ação fiscal de forma periódica a fim de assegurar os padrões normativos. Além desses, é importante frisar a importância de que essa conformidade seja oferecida pelos próprios fabricantes desses equipamentos, visando o bem-estar do paciente.

Porém, um dos desafios enfrentados nesse cenário é que muitas vezes as normas estabelecidas, elaboradas pelos órgãos regulamentares, podem não refletir sempre nas condições reais dos ambientes de assistência à saúde. A proximidade entre diferentes dispositivos, a variação no número de equipamentos operando simultaneamente e a arquitetura física dos lugares podem gerar interferências adicionais que não são capturadas em testes padronizados. Portanto, a necessidade de avaliações práticas e contínuas dos níveis de EMF torna-se essencial para garantir a segurança, o desempenho eficaz dos equipamentos eletromédicos em situações do dia a dia e a relevância das normas vigentes (VAN DER TOGT et al., 2008; MURRAY et al., 2001).

Nesse contexto, o presente projeto, desenvolvido como parte da residência tecnológica no Instituto de Pesquisas Eldorado, tem como objetivo realizar medições de campos eletromagnéticos em um ambiente de assistência à saúde real, assegurando que os níveis de radiação estejam em conformidade com as normas estabelecidas. Com isso, espera-se contribuir para a melhoria da segurança e da eficácia no uso de equipamentos eletromédicos, reforçando o controle dos níveis de EMF nesses ambientes.

1.1 Residência tecnológica

A Residência Tecnológica é uma iniciativa da PUC-Campinas, presente no componente curricular, que tem como objetivo aproximar os alunos do mercado de trabalho por meio da vivência prática em parceria com empresas. Durante o programa, os estudantes

têm a oportunidade de atuar em projetos reais ao desenvolver soluções junto às organizações, permitindo uma maior compreensão da dinâmica de um ambiente profissional e a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo da graduação. Dessa forma, a iniciativa contribui para a formação de profissionais mais preparados e alinhados com as demandas do setor produtivo.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

O projeto tem como objetivo medir perturbações eletromagnéticas em ambientes de saúde e comparar os resultados com os valores informados pelos fabricantes dos equipamentos eletromédicos e com as normas vigentes. A intenção é garantir a conformidade dos equipamentos e a segurança em áreas críticas, como salas de cirurgias e de exames.

2.2 Objetivos específicos

- Definir as áreas de medição
- Mapear possíveis fontes externas de perturbações;
- Identificar os equipamentos em uso;
- Realizar as medições com instrumentos apropriados;
- Analisar os dados obtidos;
- Documentar todo o processo e os resultados;
- Aprofundar conhecimentos técnicos e competências sociais por meio da infraestrutura e dos recursos oferecidos pelo Instituto Eldorado, viabilizados pelo convênio estabelecido com a Residência Tecnológica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

- Analisador de Espectro: Visualização e análise dos dados coletados pela antena, podendo identificar as possíveis fontes de interferência eletromagnética (EMI Test Receiver ESI 7 ROHDE&SCHWARZ)
- Excel: Utilizado para registrar, compilar e analisar os dados coletados;
- Antenas de Medição: Utilizada para medir a intensidade dos sinais em diferentes faixas de frequência (ETS - 3142B (LOG) e ETS - Lindgren 3117 (Horn)).

3.2 Métodos

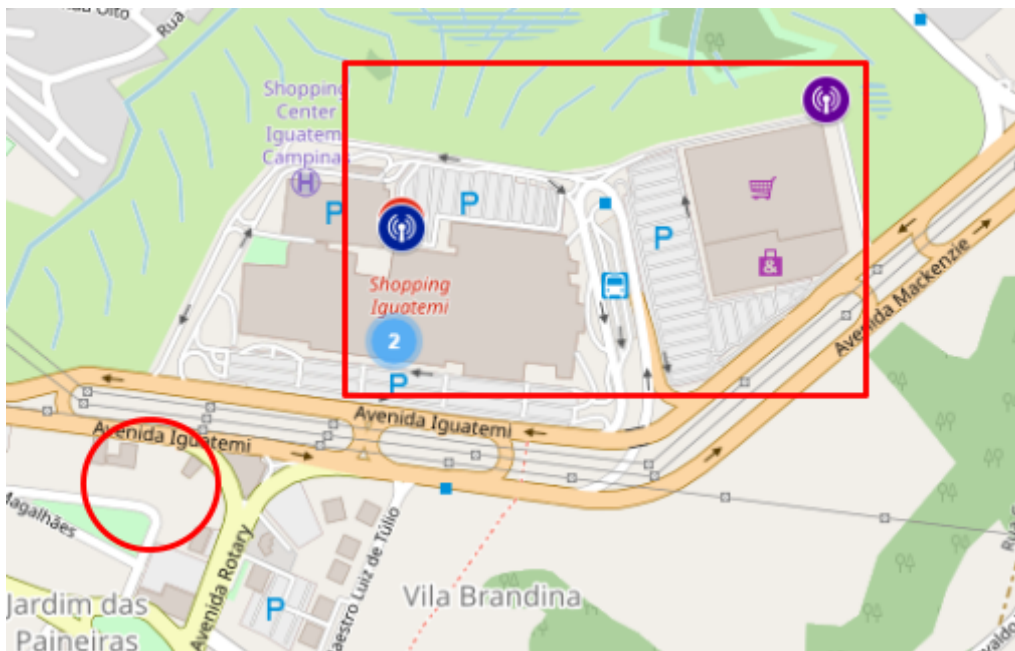
Escolha do local

Para identificar o local com maior nível de perturbações eletromagnéticas, foram considerados dois critérios: a concentração de equipamentos eletromédicos e a proximidade de fontes externas de interferência, como antenas de telefonia. Após análise dos ambientes vinculados à PUC-Campinas e uso da ferramenta da ANATEL para mapeamento de antenas, definiu-se que a Clínica Veterinária – Unidade Iguatemi, seria o local ideal para as medições. Dentro da clínica, o centro cirúrgico foi escolhido por ser uma área crítica com alta densidade de equipamentos.

Mapeamento do local

Nos arredores da clínica escolhida, representada por uma circunferência nas Figuras 1, 2 e 3, foram identificadas redes elétricas e 11 antenas de telecomunicação. Cinco estão localizadas ao nordeste, com frequências entre 2505 MHz e 3450 MHz, conforme demonstrado na Figura 1; quatro ao sudeste, variando entre 723 MHz e 3550 MHz, como apresentado na Figura 3; e duas a oeste, com faixas entre 723 MHz e 3350 MHz, conforme ilustrado na Figura 2. As figuras detalham as localizações dessas antenas. Ademais, as faixas de frequência das antenas utilizadas na análise foram consultadas na ferramenta Mosaico da Anatel, variando aproximadamente entre 698 MHz e 2690 MHz, conforme o tipo e modelo da antena.

Figura 1 - Antenas localizadas dentro do shopping Iguatemi (quadrado) e a clínica (circunferência).



Fonte: Autores deste documento.

Figura 2 - Antenas (quadrado) a oeste da clínica (circunferência).



Figura 3 - Antenas (quadrado) a sudeste da clínica (circunferência).



Foram identificados, no centro cirúrgico, equipamentos potencialmente suscetíveis a interferências eletromagnéticas, os quais estão listados na Tabela 1.

Quadro 1 - Lista dos equipamentos e especificações técnicas.

Equipamento	Imunidade a Campos Eletromagnéticos	Descarga Eletrostática	Pulso de Transiente Elétrico Rápido (EFT)
Conjunto de Anestesia KT-15	3 V/m a 10 V/m	± 15 kV (ar), ± 8 kV (contato)	2 kV (alimentação), 1 kV (sinal)
Monitor SDA Med	3 V/m a 10 V/m	± 15 kV (ar), ± 8 kV (contato)	2 kV (alimentação), 1 kV (sinal)
Bomba de Infusão DigiPump SR31x	Até 10 V/m	± 15 kV (ar), ± 8 kV (contato)	2 kV (alimentação), 1 kV (sinal)
Bisturi Eletrônico Deltronix SEG200	Até 10 V/m	± 15 kV (ar), ± 8 kV (contato)	2 kV (alimentação), 1 kV (sinal)
Luminária Cirúrgica SDA Med	Até 10 V/m	± 15 kV (ar), ± 8 kV (contato)	2 kV (alimentação), 1 kV (sinal)
Ventilador Mecânico VentPet	Até 10 V/m	± 15 kV (ar), ± 8 kV (contato)	2 kV (alimentação), 1 kV (sinal)

Fonte: Autores deste documento.

Medições

As medições seguiram o mapeamento das antenas, com cinco coletas por direção. Foram analisadas faixas de frequência entre 30 MHz e 6 GHz, divididas em cinco intervalos. A Tabela 2 apresenta a distribuição e as configurações dessas medições.

Quadro 2 - Configurações das medições.

Faixa (MHz)	Antena	RBW / VBW	Nível de Referência
20 - 200	ETS - 3142B (LOG)	100 / 100	110 dB μ V/m
200 - 500	ETS - 3142B (LOG)	120 / 120	110 dB μ V/m
500 - 2000	ETS - 3142B (LOG)	1000 / 1000	110 dB μ V/m
2000 - 4000	ETS - Lindgren 3117 (Horn)	1000 / 1000	110 dB μ V/m
4000 - 6000	ETS - Lindgren 3117 (Horn)	1000 / 1000	110 dB μ V/m

Fonte: Autores deste documento.

No total foram feitas quatro orientações com duas direções cada, horizontal e vertical. O primeiro sentido foi em direção a porta, utilizado como referência, e os três seguintes seguiram o mapeamento. Considerando que foram cinco medidas para cada uma das direções e sentidos, no total foram realizadas 40 (cinco medições para cada direção da antena, em quatro posições diferentes). A Figura 4A representa as direções feitas com a LOG e a Figura 4B com a Horn.

Figura 4 - (A) Direção de medição realizada com a antena LOG. (B) Direção da medição realizada com a antena HORN.



Fonte: Autores deste documento.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Levando em consideração as medições realizadas e o mapeamento detalhado do local, foi possível obter conclusões sobre as perturbações eletromagnéticas presentes no ambiente estudado. As análises das medições realizadas na frente da clínica evidenciaram a existência de picos em determinadas faixas de frequência, especialmente entre 80 e 100 MHz. Embora essa faixa de frequência não esteja diretamente associada às emissões típicas de torres de alta tensão, que operam em frequências muito mais baixas, a presença dessas estruturas nas proximidades pode contribuir indiretamente para o surgimento de interferências eletromagnéticas, seja por acoplamento com outras fontes emissoras, geração de harmônicos ou ressonâncias em sistemas eletrônicos sensíveis. Isso sugere que múltiplos fatores ambientais e estruturais podem estar interagindo para produzir as perturbações detectadas nesse intervalo de frequência.

As medições na direção ao shopping, local escolhido devido à presença de diversas torres de celular, mostraram a coexistência de múltiplos sistemas de comunicação, com picos marcantes em 390 MHz, 480 MHz e uma faixa contínua de 500-900 MHz, sugerindo a presença de transmissões de rádio, TV e outros sistemas de comunicação. Adicionalmente, os picos em 1850 MHz e as faixas entre 2,1 a 2,6 GHz apontam para sinais típicos de redes de telecomunicações móveis (LTE, 3G, 4G) e Wi-Fi, comuns em áreas urbanas densamente povoadas. Medições em bandas mais elevadas, como 5,3 GHz e 5,8 GHz, podem estar associadas a sistemas de Wi-Fi de alta frequência e dispositivos IoT, contribuindo para a diversidade de fontes de emissões eletromagnéticas.

A lateral da clínica apresentou menos picos significativos, sugerindo menor densidade de fontes emissoras nessa direção. Em contraste, as medições realizadas na direção oposta ao shopping exibiram flutuações menores, sem a intensidade dos picos observados nas demais direções.

Os dados revelam que a distribuição das perturbações eletromagnéticas no ambiente é significativamente impactada pela proximidade de infraestruturas tecnológicas, como torres de telecomunicações e linhas de transmissão de alta tensão, corroborando as previsões

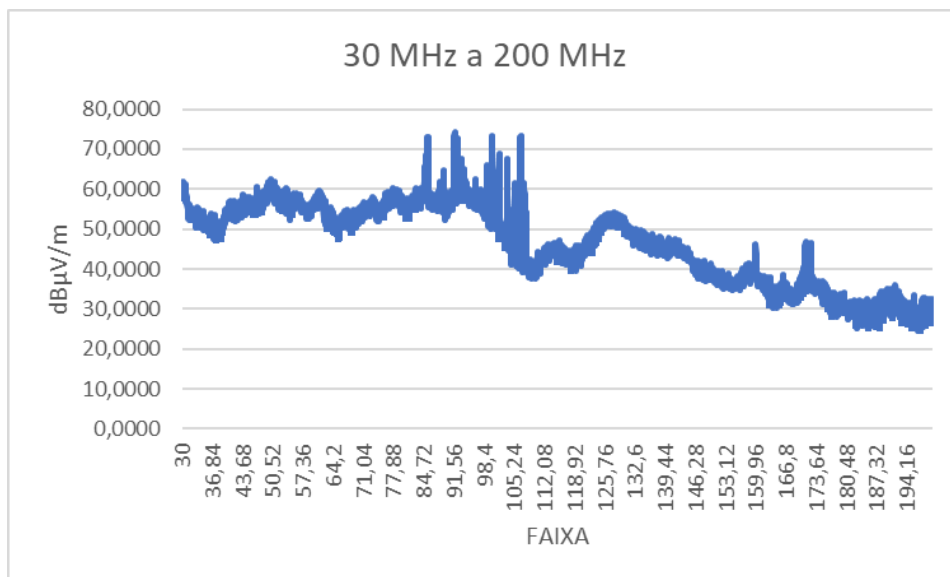
feitas durante o mapeamento do local. As Figuras 5 e 6 trazem alguns exemplos das medições realizadas.

A Figura 5 mostra a intensidade dos campos eletromagnéticos na faixa de 30 MHz a 200 MHz, captada na direção da porta do centro cirúrgico, com orientação horizontal. Essa faixa é relevante por incluir frequências utilizadas por sistemas de rádio e outras fontes de emissão de baixa frequência, permitindo identificar possíveis interferências provenientes de estruturas próximas, como redes elétricas ou equipamentos hospitalares.

A Figura 6, por sua vez, representa as medições realizadas na faixa de 2 GHz a 4 GHz, direcionadas ao shopping, local com alta concentração de torres de telecomunicações. Essa faixa cobre frequências utilizadas por tecnologias de comunicação sem fio, como Wi-Fi (2,4 GHz e 5 GHz), redes móveis (3G, 4G, LTE) e dispositivos IoT. Os picos observados nessa faixa são indicativos da coexistência de múltiplos sistemas de comunicação, o que pode gerar um ambiente eletromagnético mais denso e complexo. A análise dessa figura é essencial para avaliar se os níveis de campo eletromagnético estão dentro dos limites estabelecidos pelas normas técnicas e se há risco de interferência em equipamentos eletromédicos que operam em bandas próximas.

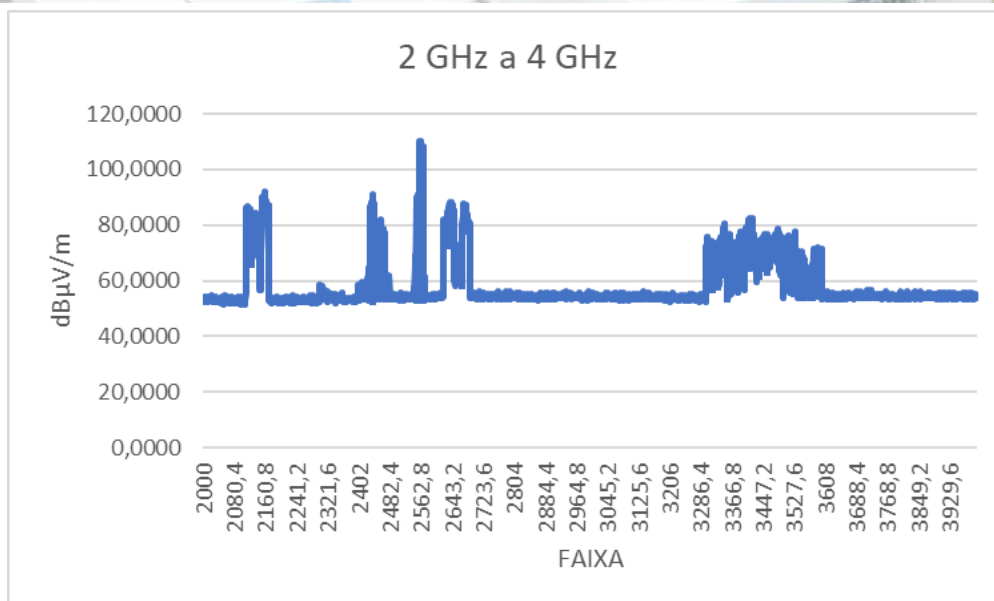
Em conjunto, essas figuras ilustram a diversidade espectral presente no ambiente hospitalar e reforçam a importância de medições práticas para garantir a compatibilidade eletromagnética e a segurança dos pacientes.

Figura 5 - Medição na faixa de 30MHz a 200MHz na direção da porta (horizontal).



Fonte: Autores deste relatório.

Figura 6 - Medição na faixa de 2GHz a 4GHz na direção do shopping (horizontal)



Fonte: Autores deste documento.

Os resultados obtidos nos gráficos foram convertidos para a unidade V/m , conforme exigido pelas normas aplicáveis, com o objetivo de avaliar se os equipamentos eletromédicos do Centro Cirúrgico estão sujeitos a interferências eletromagnéticas dentro dos limites estabelecidos. A conversão foi realizada utilizando a equação:

$$V/m = 10^{\frac{dB\mu V/m}{20}} * 10^{-6} \quad (1)$$

Essa equação transforma os valores medidos pelo analisador de espectro em $dB\mu V/m$ para V/m , unidade padrão para análise de imunidade eletromagnética. Após o cálculo, verificou-se que o maior nível de perturbação registrado foi de aproximadamente 0,34 V/m , valor inferior ao limite permitido pelas normas para equipamentos eletromédicos. Assim, as interferências detectadas não comprometem o desempenho dos dispositivos, garantindo sua operação dentro dos parâmetros regulamentares.

5 CONCLUSÃO

As medições realizadas no Centro Cirúrgico da Clínica Veterinária PUC-Campinas confirmaram que as perturbações eletromagnéticas detectadas no ambiente estão abaixo dos limites estabelecidos pelas normas de compatibilidade eletromagnética para equipamentos médicos, garantindo a segurança e a eficácia dos dispositivos avaliados. Apesar da presença de diversas fontes emissoras nas proximidades, como torres de telefonia celular e linhas de alta tensão, o maior nível registrado, de 0,3 V/m , é inferior aos limites críticos para os dispositivos avaliados. Assim, conclui-se que as interferências identificadas não comprometem a operação ou segurança dos equipamentos, evidenciando a conformidade com os parâmetros normativos e a compatibilidade dessas normas com o cenário real brasileiro.

Por fim, este estudo destaca a importância de avaliações práticas e contínuas em ambientes reais, considerando a dinâmica de locais voltados à assistência à saúde, que possam contribuir para a adoção de estratégias de mitigação de interferências em áreas críticas, caso necessário. Através do programa de Residência Tecnológica da PUC-Campinas, essa experiência foi ainda mais enriquecedora, permitindo que os alunos se aproximassem do ambiente profissional e aplicassem seus conhecimentos acadêmicos em um contexto real. A vivência prática com desafios técnicos reais contribuiu significativamente para a formação dos estudantes, ampliando sua visão sobre a atuação na área e fortalecendo sua preparação para o mercado de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto de Pesquisa Eldorado, especialmente ao Caio Ganselli e Gustavo Iervolino, pelo suporte ao desenvolvimento deste trabalho, bem como à Pontifícia Universidade Católica de Campinas, com destaque ao professor Lorenzo Campos Coiado, cuja intermediação foi fundamental para a parceria com o Instituto. Estendemos nossa gratidão ao Luís Henrique Rossan, também colaborador do Eldorado, responsável pela realização das medições que sustentaram este projeto. Cada contribuição foi de suma importância para o crescimento acadêmico e pessoal proporcionado por essa experiência.

INDICADORES DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL

O trabalho foi realizado por estudantes da primeira turma de Engenharia Biomédica do sétimo período da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Os alunos em questão possuem já boas experiências nas áreas de manufatura aditiva e modelagem devido a bolsas de Iniciação Científica e algumas outras vivências na parte de equipamentos médicos e engenharia clínica. Atualmente, estão em busca de novos aprendizados em áreas complementares. Nesse contexto, a Residência Tecnológica representa uma oportunidade valiosa para ampliar seus conhecimentos em tecnologia e saúde, ao mesmo tempo em que os aproxima de desafios reais do setor, promovendo uma formação mais prática e integrada às demandas do mundo profissional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). Regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos. **Resolução nº 700, 2018.**

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 27, de 21 de junho de 2011: **Regulamento Técnico para Produtos de Saúde. Brasília: ANVISA, 2011.**

ALMEIDA, Fabrício Moraes de (org.). **Avanços interdisciplinares nas Ciências Exatas e seus impactos tecnológicos.** São Paulo: Atena Editora, 2025.

HANADA, E.; KODAMA, K.; TAKANO, K.; WATANABE, Y.; NOSE, Y. **Possible electromagnetic interference with electronic medical equipment by radio waves coming from outside the hospital.** *Bioelectromagnetics*, [S.l.], v. 22, n. 7, p. 545–548, 2001. DOI: 10.1023/a:1010727220929. Acesso em: 21 jul. 2025.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). Medical Electrical Equipment – Part 1-2: General Requirements for Basic Safety and Essential Performance – Collateral Standard: Electromagnetic Compatibility. **IEC 60601-1-2, 2014.**

JUNIOR, W. **Aplicação coordenada das técnicas de medição, simulação numérica e otimização para o mapeamento do ambiente eletromagnético em hospitais.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/95952/297690.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 set. 2024.

LIESHOUT, Erik Jan van; VAN DER VEER, Sabine N.; HENSBROEK, Reinout; KOREVAAR, Johanna C.; VROOM, Margreeth B.; SCHULTZ, Marcus J. **Interference by new-generation mobile phones on critical care medical equipment.** *Critical Care*, [S.l.], v. 11, n. 5, p. R98, 2007. DOI: 10.1186/cc6115. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2556741/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

MJA – The Medical Journal of Australia. **Mobile phone interference with medical equipment and its clinical relevance: a systematic review.** *Med J Aust*, v.181, n.3, p. 172–175, 2004. Disponível em: PubMed. Acesso em: 21 jul. 2025.

VERIFIED MARKET REPORTS. **Electromedical Devices Market – Application: Hospitals held ~55% share in 2023; global market valued at ~USD 64 billion in 2022, driven by diagnostic, therapeutic and monitoring technologies.** 2023. Disponível em: <https://www.verifiedmarketreports.com/product/electromedical-devices-market/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

MEASUREMENTS OF ELECTROMAGNETIC DISTURBANCES IN HEALTHCARE ENVIRONMENTS

Abstract: *Technological advances drive the development of more sophisticated medical equipment, integrating engineering and medicine. Despite the benefits in the healthcare sector, concerns about electromagnetic interference (EMI) and patient safety are increasing. Even with electromagnetic compatibility (EMC) testing and manufacturer guidelines, hospital environments are dynamic and unpredictable. This project, carried out during the technological residency at the Instituto de Pesquisas Eldorado, aims to measure electromagnetic disturbances in healthcare environments, verifying compliance with regulatory limits. Different frequency ranges were analyzed and compared with the parameters of the equipment in use. The study seeks to overcome the limitations of conventional testing by offering a practical analysis in real-world scenarios, identifying areas of potential interference, and emphasizing the importance of continuous monitoring to ensure patient safety and the effectiveness of medical devices.*

Keywords: *Electromagnetic Compatibility, Electromedical Equipment, Patient Safety.*

