

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENFERMAGEM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE**

Naiara Chirlei Ferreira Martins

**MONITORAMENTO DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS DE
ALTA FREQUÊNCIA ORIUNDAS DO SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR
NO CAMPUS SAÚDE DA UFMG**

Belo Horizonte
2022

Naiara Chirlei Ferreira Martins

**MONITORAMENTO DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS DE
ALTA FREQUÊNCIA ORIUNDAS DO SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR
NO CAMPUS SAÚDE DA UFMG**

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Serviços, da Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Gestão de Serviços de Saúde.

Área de concentração: Gestão de Serviços de Saúde.

Linha de pesquisa: Política, Planejamento e Avaliação em Saúde.

Orientadora: Prof^{fa}. Dr^a. Vanessa de Almeida

Coorientadora: Dra. Mery Natali Silva Abreu

Belo Horizonte
2022

M386m Martins, Naiara Chirlei Ferreira.
Monitoramento das radiações eletromagnéticas de alta frequência oriundas do sistema de telefonia celular no campus saúde da UFMG [recursos eletrônicos]. / Naiara Chirlei Ferreira Martins. - - Belo Horizonte: 2022.

109f.: il.

Formato: PDF.

Requisitos do Sistema: Adobe Digital Editions.

Orientador (a): Vanessa de Almeida.

Coorientador (a): Mery Natali Silva Abreu.

Área de concentração: Gestão de Serviços de Saúde.

Dissertação (mestrado): Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Enfermagem.

1. Efeitos da Radiação. 2. Saúde Radiológica. 3. Risco à Saúde Humana 4. Campos Eletromagnéticos. 5. Dissertação Acadêmica. I. Orientador Almeida, Vanessa de. II. Coorientador Abreu, Mery Natali Silva. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Enfermagem. IV. Título.

NLM: WN 600

Bibliotecário responsável: Marina Nogueira Ferraz CRB-6/2194



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENFERMAGEM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE

ATA DE NÚMERO 68 (SESSENTA E OITO) DA SESSÃO PÚBLICA DE ARGUIÇÃO E DEFESA DA DISSERTAÇÃO APRESENTADA PELA CANDIDATA NAIARA CHIRLEI FERREIRA MARTINS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE.

Aos 11 (onze) dias do mês de agosto de dois mil e vinte e dois, às 14:00 (catorze horas), realizou-se por videoconferência, a sessão pública para apresentação e defesa da dissertação "MONITORAMENTO DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS DE ALTA FREQUÊNCIA ORIUNDAS DO SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR NO CAMPUS SAÚDE DA UFMG", da aluna *Naiara Chirlei Ferreira Martins*, candidata ao título de "Mestre em Gestão de Serviços de Saúde", linha de pesquisa "Política, Planejamento e Avaliação em Saúde". A Comissão Examinadora foi constituída pelas seguintes doutoras: Professora Vanessa de Almeida, Professora Mery Natali Silva Abreu, Adilza Condessa Dode e Professora Nádia Cristina Pinheiro Rodrigues, sob a presidência da primeira. Abrindo a sessão, a presidente, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata para apresentação do seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa da candidata. Logo após, os membros da Comissão se reuniram sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado final:

APROVADA;

APROVADA COM AS MODIFICAÇÕES CONTIDAS NA FOLHA EM ANEXO;

REPROVADA.

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pela orientadora. Nada mais havendo a tratar, eu, Davidson Luis Braga Lopes, Secretário do Colegiado de Pós-Graduação em Gestão de Serviços de Saúde da Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais, lavrei a presente Ata, que depois de lida e aprovada será assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 11 de agosto de 2022.

Profª. Drª. Vanessa de Almeida
Membro Titular - Orientadora (UFMG)

Profª. Drª. Mery Natali Silva Abreu
Membro Titular - Coorientadora (UFMG)

Drª. Adilza Condessa Dode
Membro Titular (MRE Engenharia)

Profª. Drª. Nádia Cristina Pinheiro Rodrigues
Membro Titular (ENSP/FIOCRUZ)

Davidson Luis Braga Lopes
Secretário do Colegiado de Pós-Graduação



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa de Almeida, Subcoordenador(a)**, em 16/08/2022, às 18:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mery Natali Silva Abreu, Professora do Magistério Superior**, em 25/08/2022, às 15:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adilza Condessa Dode, Usuário Externo**, em 07/09/2022, às 15:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nádia Cristina Pinheiro Rodrigues, Usuária Externa**, em 23/09/2022, às 13:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Davidson Luis Braga Lopes, Secretário(a)**, em 23/09/2022, às 16:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1680057** e o código CRC **E1440AF8**.

Agradeço a Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar mais este sonho.

À minha família por sempre acreditar em mim. Aos meus pais Janaina, Osvaldo e Miguel por todo carinho e empenho.

Ao meu marido Lucas por todo apoio que me deu durante esta jornada e pelo companheirismo de sempre.

Ao meu amado bebê que está sendo gerado, que me faz sonhar e lutar todos os dias.

À querida professora e amiga Adilza, por toda consideração, conselhos e empenho.

AGRADECIMENTOS

“Ebenézer, até aqui nos ajudou o Senhor! (I Samuel 7:12)”

Agradeço

A Deus pelo dom da vida e por tudo que tem me proporcionado viver.

À minha família por acreditar em mim e por não medir esforços para me auxiliar nesta caminhada. Obrigada pelo incentivo e por sempre ter acreditado em mim.

Ao meu marido, Lucas, pelo amor, paciência, carinho e apoio durante toda a realização do mestrado.

Ao meu bebê que, em breve, estará em meus braços, sua existência me motiva e enche ainda mais meu coração de esperança!

À Prof.^a Dr^a Vanessa de Almeida por sua competência em orientar-me, pela confiança e paciência com que me orientou neste trabalho de pesquisa.

À Prof.^a Dr^a Mery Natali Silva Abreu por sua excelência co-orientação, por sua dedicação, paciência e por todas as melhorias propostas em todo o tempo.

À Prof.^a Dr^a Adilza Condessa Dode por ter sonhado junto comigo este trabalho de pesquisa, por todos os artigos científicos compartilhados sobre os efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos, por ter cedido generosamente todos os aparelhos necessários para a realização da medição das radiações eletromagnéticas na Escola de Enfermagem da UFMG e por ter acompanhado todo o trabalho realizado, pelo apoio na resolução das dúvidas, acrescidos de uma grande amizade;

À Prof.^a Dr^a Nádia Cristina Pinheiro Rodrigues pela atenção, disponibilidade e pelas contribuições tanto na qualificação quanto na apresentação final.

RESUMO

O uso de telefones sem fio, Estações Rádio Base (ERB's), roteadores Wi-Fi sem fio, *smartphones*, *tablets*, *laptops* e *Bluetooth* expandiu-se rapidamente nos últimos anos, expondo todos os seres vivos aos campos eletromagnéticos (CEM) de radiofrequência a níveis crescentes em todo planeta. A exposição aos CEM de radiofrequência gerou uma preocupação generalizada devido aos potenciais efeitos negativos sobre a saúde. A dedicação ao tema, por parte da comunidade científica, visa discutir, mensurar e buscar evidências sobre os riscos aos quais os seres humanos estão expostos, a fim de subsidiar a formulação de políticas públicas com o intuito de proteger a população com normas mais restritivas quanto à exposição eletromagnética. O objetivo deste trabalho foi mensurar os níveis de exposição ambiental aos CEM de altas frequências oriundas do sistema de telefonia celular, no Campus da Saúde de uma Universidade Federal situada na região Sudeste, e confrontá-los com as legislações vigentes, nacionais e internacionais. As medições ocorreram nas salas de aulas, nos auditórios, nas salas de professores, salas de coordenações, colegiados, diretorias, departamentos administrativos, secretarias de cursos, corredores, laboratórios, áreas de circulação, congregação, portarias, anfiteatros e estacionamento. A empresa "MRE Engenharia - Medição de Radiações Eletromagnéticas LTDA. - ME" cedeu os instrumentos necessários para as medições das radiações eletromagnéticas. As medições ocorreram no dia 19 de fevereiro de 2022 quando não havia pessoas presentes nos locais devido à pandemia. Os resultados encontrados, durante as medições, estão em conformidade com os padrões dos Níveis de Referência para a Exposição Ocupacional e de Público em Geral, quando comparados com os limites adotados pela Lei Federal nº. 11.934/2009 que segue as diretrizes da Comissão Internacional de Proteção Contra as Radiações Não Ionizantes (ICNIRP). Entretanto, considerando legislações internacionais mais restritivas, sabe-se que medidas milhares de vezes menores em relação às encontradas no presente estudo, representam danos à saúde humana, conforme relatado na literatura científica. Dessa forma, conclui-se que as diretrizes da ICNIRP permitem a exposição em níveis considerados prejudiciais à saúde pública. No interesse da saúde pública, sugere-se que as diretrizes da ICNIRP sejam revisadas, à luz do conhecimento científico, de forma a proteger verdadeiramente a saúde da população.

Palavras-chave: Medições, Radiações Eletromagnéticas, Riscos à Saúde Pública, Campos Eletromagnéticos.

ABSTRACT

The use of cordless phones, Radio Base Stations (ERB's), wireless Wi-Fi routers, smartphones, tablets, laptops and Bluetooth has expanded rapidly in recent years, exposing all living beings to radiofrequency electromagnetic field (EMF) with increasing levels across the planet. Exposure to radiofrequency EMFs has generated widespread concern due to potential negative health effects. The dedication to the topic, by the scientific community, aims to discuss, measure and seek evidence about the risks to which human beings are exposed, in order to subsidize the formulation of public policies in order to protect the population with more restrictive norms regarding to electromagnetic exposure. The objective of this work was to measure the levels of environmental exposure to high-frequency EMF coming from the cell phone system, at the Health Campus of a Federal University located in the Southeast region, and to compare them with current national and international legislation. Measurements took place in classrooms, auditoriums, teachers's rooms, coordination rooms, collegiate rooms, directorates, administrative departments, course secretariats, corridors, laboratories, circulation areas, congregation, entrances, amphitheatres and parking lot. The company "MRE Engenharia - Medição de Radiações Eletromagnéticas LTDA. - ME". provided the necessary instruments for the measurements of electromagnetic radiation. The measurements took place on February 19th, 2022 when there were no people present in the mentioned places due to the COVID-19 pandemic. The results found during the measurements are in accordance with the standards of Reference Levels for Occupational and General Public Exposure, when compared to the limits adopted by Brazilian Federal Law 11,934/2009 that follows the guidelines of the International Commission on Protection Against Non-Ionizing Radiation (ICNIRP). However, the damage to human health reported in the scientific literature is thousands of times smaller in relation to these standards. ICNIRP guidelines allow exposure at levels considered harmful to public health. In the interest of public health, it is suggested that the ICNIRP guidelines be revised in the light of scientific knowledge in order to truly protect the population's health.

Keywords: Measurements. Electromagnetic Radiations. Public Health Risks. Electromagnetic Fields.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CDMA -	Acesso Múltiplo por Divisão de Código
CEM -	Campos Eletromagnéticos
CEMRF -	Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos, na Faixa de Radiofrequências entre 8,3 kHz e 300 GHz
ERB -	Estação Rádio Base
ERO -	Espécies Reativas de Oxigênio
GSM -	Sistema Global para Comunicações Móveis
IARC -	<i>International Agency for Research on Cancer</i> (Agência Internacional para Pesquisa do Câncer)
ICNIRP -	<i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection</i> (Comissão Internacional contra a Radiação Não Ionizante)
INCA -	Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva
NTP -	<i>National Toxicology Program</i>
ONG -	Organização Não Governamental
RF -	Radiofrequência
RFR -	Radiação de Radiofrequência
RNI -	Radiação Não Ionizante
SAR -	<i>Specific Absorption Rate</i> (Taxa de Absorção Específica)
TI -	Tecnologia da Informação
UFMG -	Universidade Federal de Minas Gerais

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites para exposição ocupacional a CEMRF (valores eficazes não perturbados).....	19
Tabela 2 - Limites para exposição da população em geral a CEMRF (valores eficazes não perturbados)	19
Tabela 3 - Padrões Comparativos para Níveis de Exposição do Público em Geral a RF – 900 e 1800 MHz para as duas bandas principais de telefone móvel em diversos países.....	20
Tabela 4 - Níveis de referência ou limites de exposição para o público em geral para campos eletromagnéticos em áreas habitadas em estados membros da União Europeia e nações industriais selecionadas fora da União Europeia.....	23
Tabela 5 - Descrição por local das medições das radiações eletromagnéticas.....	37
Tabela 6 - Descrição da amostra total das medições das radiações eletromagnéticas	38
Tabela 7 - Valor permitido pela ANATEL, segundo diretrizes da ICNIRP.....	39
Tabela 8 - Densidade de potência de radiofrequência e relatos de impactos na saúde	39

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	10
1 INTRODUÇÃO	11
1.2 Objetivo geral	15
1.3 Objetivos específicos	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 A Radiação Eletromagnética	16
2.2 Limites de Exposição	17
2.3 Genotoxicidade, danos ao DNA e câncer.	24
2.4 Eletro-hipersensibilidade e comprometimento do sistema nervoso	28
2.5 Infertilidade	29
2.6 Estressor ambiental e enfraquecimento da imunidade	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 Abordagem da pesquisa	33
3.2 Método da pesquisa	33
3.3 Local da pesquisa	33
3.4 Técnica(s) de coleta de dados	34
3.5 Técnica de análise de dados	35
3.6 Cuidados éticos	36
3.7 Riscos e Benefícios	36
3.8 Divulgação dos resultados	36
4 RESULTADOS	37
5 DISCUSSÃO	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
7 RECOMENDAÇÕES	47
8 REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE A	55
APÊNDICE B	57
APÊNDICE C	60
APÊNDICE D	82

APRESENTAÇÃO

Sou Naiara Chirlei Ferreira Martins, graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix em 2015, e Licenciatura Plena em Biologia (Complementação Pedagógica) pela Universidade de Franca em 2016. Realizei especializações Lato Sensu em “Engenharia de Segurança do Trabalho” pela Universidade de Franca em 2018; “Supervisão Escolar” pela Faculdade Única de Ipatinga em 2020; e “AEE - ATENDIMENTO EDUCACIONAL ESPECIALIZADO E EDUCAÇÃO INCLUSIVA” pela FAVENI - Faculdade Venda Nova do Imigrante em 2021.

Atualmente atuo como Coordenadora de Saúde, Segurança e Meio Ambiente na empresa MRE Engenharia - Medição de Radiações Eletromagnéticas LTDA. – ME, e também como Professora de Biologia na Escola Estadual Presidente Itamar Franco.

Este Trabalho de Conclusão do Mestrado (TCM) em Gestão de Serviços de Saúde foi inspirado pela minha experiência na MRE Engenharia, onde se realiza medições de radiações eletromagnéticas em ambientes industriais, empresariais e residenciais, a fim de verificar se os valores encontrados estão de acordo com o que é recomendado pela Legislação Federal e também com os padrões internacionais vigentes. O interesse pelo tema veio devido ao grande número de estudos científicos que correlacionam a exposição à radiação eletromagnética com diversos danos à saúde humana e ambiental.

Dessa maneira, o Mestrado Profissional em Gestão de Serviços de Saúde, na linha de pesquisa Política, Planejamento e Avaliação em Saúde me oportunizou contribuir com a proteção da saúde coletiva e propiciar acesso à informação, visando principalmente à proteção da saúde dos profissionais da área da saúde, bem como pacientes, e comunidade em geral, no Campus Saúde da UFMG. Sendo assim, essa temática se faz importante na minha trajetória profissional e pessoal, uma vez que a realização das medições das radiações eletromagnéticas e os estudos que correlacionam riscos à saúde devido à exposição à radiação eletromagnética podem subsidiar o planejamento e avaliação de políticas públicas de saúde brasileira.

1 INTRODUÇÃO

A radiação não ionizante é uma modalidade de radiação de baixa frequência e baixa energia, também denominada de campo eletromagnético (CEM) que se propaga através de uma onda eletromagnética, constituída por um campo elétrico e um campo magnético, podendo ser provenientes de fontes naturais e não naturais. Essas ondas eletromagnéticas são caracterizadas pelo seu comprimento, frequência e pela energia que transportam. O espectro da radiação eletromagnética é amplo e consiste em radiações de baixa frequência e energia até radiações de alta frequência e energia (INCA, 2021).

A radiação não ionizante possui frequência igual ou menor à da faixa de frequência da luz visível, possui energia suficiente para mover átomos em torno de uma molécula ou fazê-la vibrar, mas não o suficiente para remover elétrons de sua órbita e ionizar átomos (EVANS *et al.*, 2009).

Exemplos de fontes naturais de radiações não ionizantes são a luz visível (proveniente do sol) e a luz infravermelha proveniente do corpo humano ou do sol. Fontes não naturais de radiações não ionizantes são os aparelhos elétricos (TV, rádios, secadores de cabelo), luz elétrica (incandescente ou fluorescente), torres de transmissão e distribuição elétrica, fiação elétrica em construções, equipamentos que emitem radiação infravermelha, telefones celulares, telefones sem fio, redes Wi-Fi e torres e antenas de transmissão e distribuição de voz e dados (EVANS *et al.*, 2009).

Exemplos de CEM artificiais na faixa de radiofrequência no ambiente incluem telefones celulares, antenas e estações base (tecnologia 2G, 3G, 4G, 5G) e sistemas e dispositivos de telecomunicações específicos, incluindo *Global System for Mobile* (GSM), *universal mobile* sistemas de telecomunicações, evolução em longo prazo, linhas de rádio de micro-ondas, telefonia sem fio digital aprimorada padrão, telefones sem fio, *laptops*, *tablets*, leitores eletrônicos, redes de internet sem fio (Wi-Fi), rede local sem fio (LAN), unidades de exibição de vídeo, rádio, televisão, consoles de *videogame* sem fio e medidores sem fio de uso de água e gás. A tecnologia 5G está atualmente em desenvolvimento e potencialmente aumentará a exposição às radiações eletromagnéticas (STEIN, UDASIN, 2020).

O uso de telefones sem fio aumentou rapidamente nos últimos anos. A exposição de usuários de telefones sem fio a CEM de radiofrequência (RF) gerou

uma preocupação generalizada devido aos potenciais efeitos negativos sobre a saúde (WANG, 2018). A radiação de radiofrequência (RFR) é uma forma de radiação eletromagnética que varia de 3 kHz a 300 GHz. A maioria dos telefones celulares transmite sinais RFR nas faixas de 800–900 e 1.800–2.200 MHz (IARC *Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 2013).

Embora os CEM sejam menos citotóxicos do que a radioatividade ou certos produtos químicos citotóxicos, eles representam os estressores citotóxicos diários mais persistentes contra os quais quaisquer mecanismos de reparo não podem ser suficientemente eficientes. Diversos estudos experimentais e epidemiológicos relacionam cada vez mais a exposição a campos eletromagnéticos e radiação de frequência extremadamente baixa com problemas de saúde, danos/alterações genéticas (danos no DNA, danos nos cromossomos e mutações, entre outros), morte celular, infertilidade e câncer (PANAGOPOULOS *et al.*, 2021).

As exposições humanas aos CEM podem ocorrer a partir do uso de dispositivos pessoais (por exemplo, telefones celulares, telefones sem fio, *wireless*, Wi-Fi, *Bluetooth* e rádios amadores), de fontes ocupacionais (por exemplo, dielétricos de alta frequência e aquecedores de indução, radares pulsados de alta potência), e de fontes ambientais (por exemplo, estações de base de telefones celulares, antenas de transmissão e aplicações médicas). A população em geral recebe a maior exposição de transmissores próximos ao corpo, incluindo dispositivos portáteis, como telefones celulares (IARC *Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 2013).

A exposição à radiação de baixa frequência é considerada um agente externo potencialmente nocivo às células pelo fato de ser correlacionado ao aumento de Espécies Reativas de Oxigênio (ERO), resultando no estresse oxidativo a nível celular, podendo ocasionar variação na bioatividade e estar associada à causa de doenças. A indução de radicais de oxigênio ou interferência com processos de reparo de DNA foi proposta como possíveis mecanismos pelos quais a radiação de baixa frequência poderia causar danos ao DNA (RUEDIGER, 2009; YAKYMENKO *et al.*, 2015).

A energia eletromagnética não produz necessariamente uma doença específica, mas está associada a uma elevação dos níveis de mortalidade e morbidade da população exposta. Estudos laboratoriais, com seres humanos e

animais, revelam que a energia eletromagnética associada aos CEM é um estressor biológico que pode provocar uma resposta adaptativa do organismo exposto, podendo levá-lo a desenvolver algum tipo de patologia (TEJO, 2004).

Ao contrário da radiação ionizante ou luz ultravioleta, a radiação emitida pelos telefones celulares não é suficientemente energética, em várias ordens de magnitude, para danificar diretamente as macromoléculas (IARC *Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 2013). A exposição às radiações eletromagnéticas é considerada um agente externo potencialmente nocivo às células pelo fato de ser correlacionado ao aumento de ERO, resultando no estresse oxidativo a nível celular, podendo ocasionar variação na bioatividade e estar associada à causa de doenças. A indução de radicais de oxigênio ou interferência com processos de reparo de DNA foi proposta como possíveis mecanismos pelos quais a RFR poderia causar danos ao DNA (RUEDIGER, 2009; YAKYMENKO *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, os efeitos adversos à saúde dos CEM, emitidos por telefones celulares e dispositivos sem fio, como o Wi-Fi, aumentaram as preocupações sociais e científicas. Pessoas em todos os lugares, como em casa, no local de trabalho, em áreas habitadas coletivamente e nas escolas, estão expostas à radiação de radiofrequência emitida por telefones celulares e dispositivos Wi-Fi (AKDAG *et al.*, 2016).

A exposição às radiações de comunicações sem fio é um estressor ambiental generalizado, mas, muitas vezes, negligenciado, que pode produzir uma ampla gama de bioefeitos adversos (RUBIK, BROWN, 2021). Os telefones celulares são uma fonte muito popular de RFR, e as pessoas os mantêm perto de seus corpos mesmo enquanto dormem. Portanto, eles estão se tornando cada vez mais perigosos para a saúde humana (DELEN *et al.*, 2021).

A transmissão celular e muitas outras formas de transmissão de informações ocultam riscos de várias ordens à saúde humana e ao meio ambiente (DODE, 2010). A dedicação ao tema, por parte da comunidade científica, visa discutir, mensurar e comprovar a quais riscos os seres humanos estão expostos, a fim de proteger a população com normas mais restritivas quanto à exposição eletromagnética e limitações de usos seguros dos aparelhos eletroeletrônicos.

Em 2011, a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classificou os CEM de radiofrequência associados ao uso de telefones sem fio como possivelmente carcinogênicos para humanos (grupo 2B) (IARC *Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 2013). Entretanto, Morgan e colaboradores (2015) sugeriram que a radiação do telefone celular que causa tumores cerebrais em humanos deveria ser classificada como um provável carcinógeno humano (grupo 2A) (MORGAN, *et al.*, 2015).

O avanço tecnológico faz-se importante e primordial para alcançar melhorias contínuas para a população, mas este processo não pode colocá-la em risco. Os meios eletrônicos atuais possibilitam que a comunicação seja cada vez melhor (BARANAUSKAS, 2001), porém não se pode prejudicar a saúde e bem estar de muitos para propiciar informações, comodidades e facilidades. Muitas vezes faltam esclarecimentos por parte dos fabricantes e empresas prestadoras de serviços que não divulgam o domínio teórico acerca das tecnologias adotadas, não alertando assim, aos consumidores quanto aos possíveis danos aos quais estão sujeitos (MARCHESAN, 2004).

A realização desta pesquisa justifica-se devido a diversas evidências científicas de riscos à saúde humana e ambiental ocasionados pela exposição à radiação eletromagnética e também à grande importância da Instituição. De acordo com o Ato nº 458 da ANATEL, áreas localizadas a até 50 (cinquenta) metros de hospitais, clínicas, escolas, creches e asilos são consideradas áreas críticas e devem ser alvos das medições para demonstração do atendimento aos limites de exposição humana a CEM. O Campus Saúde da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) é um local de grande relevância social e acadêmica, e também muito frequentado por diversos profissionais, alunos, pesquisadores, pacientes em tratamentos e comunidade em geral que passam longos períodos no local. Os resultados de medições dos CEM externos de RF são informações fundamentais para a avaliação de riscos à saúde das pessoas expostas, sejam elas trabalhadoras ou o público em geral. O tema em questão é de grande relevância para a saúde pública, uma vez que, a literatura apresenta resultados indicando vários agravos na saúde decorrentes de exposições aos CEM, além da reduzida produção científica sobre o mesmo tema no Brasil, o que pode justificar a realização deste estudo.

Diante do exposto, a pergunta norteadora do estudo foi “Os níveis de radiações eletromagnéticas a que está exposta a população presente na Escola de Enfermagem, Campus Saúde da UFMG, são adequados em relação às legislações internacionais e nacionais?”

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral da pesquisa é comparar os níveis das radiações eletromagnéticas oriundas do sistema de telefonia celular, no Campus Saúde de uma Universidade Federal Pública com o que é estabelecido pela ANATEL.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar o estado da arte sobre os possíveis efeitos biológicos oriundos da exposição à radiofrequência, descrevendo o atual cenário científico mundial.
- Realizar medições das radiações eletromagnéticas no do Campus Saúde de uma Universidade Federal Pública. .
- Comparar os valores medidos das radiações eletromagnéticas com os limites de exposição humana propostos pela legislação nacional e com outros limites internacionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Muitas tecnologias e seus produtos têm sido inseridos nas sociedades desde o início da Revolução Industrial e, especialmente, no século passado. Kostoff, Goumenou e Tsatsakis (2018) relatam que há uma preocupação contínua com a segurança desses produtos, refletida em seus potenciais impactos adversos à saúde humana. Como resultado, várias agências regulatórias foram estabelecidas com o objetivo de garantir que esses produtos de tecnologia sejam seguros.

Quando as redes celulares foram introduzidas, pela primeira vez, na década de 1990, havia poucos assinantes e as células cobriam grandes áreas (vários km de raio). Suas estações base e antenas (macro células) foram montadas a uma altura de 30-50m acima do solo em novas torres ou em outras estruturas altas existentes. No entanto, essas estações base suportavam apenas um número muito limitado de transmissões simultâneas de celular e tráfego de dados. Mesmo com as melhorias na largura de banda e na capacidade, a crescente demanda por transmissão de dados, geralmente, ultrapassa a capacidade a cada nova geração de tecnologia sem fio (BUSHBERG *et al.*, 2020).

Os telefones celulares se tornaram extremamente comuns nos tempos modernos. A tecnologia sem fio possui grande número de Estações Rádio Base (ERB), que transmitem informações por meio de sinais de RF (RODRIGUES, *et al.*, 2021). Com o tempo, a adição de pequenas células em uma região aumentou as capacidades da rede, ao mesmo tempo em que aliviava a carga no local da macrocélula existente. À medida que cada célula cobria uma área menor, elas operavam com menor potência e as antenas eram montadas em alturas menores (BUSHBERG *et al.*, 2020).

As radiações eletromagnéticas de radiofrequência de outras partes do espectro não visível, não ionizante tornaram-se constantes na vida diária, como na computação sem fio e nas telecomunicações. Nas últimas duas ou três décadas, o crescimento explosivo da indústria de telefonia celular colocou muitas residências em áreas metropolitanas a menos de um quilômetro de uma torre de celular. A implementação futura da próxima geração de tecnologia de rede móvel, 5G,

aumentará ainda mais as densidades da torre de celular em uma ordem de magnitude (KOSTOFF; HEROUX; ASCHNER; TSATSAKIS, 2020).

2.2 LIMITES DE EXPOSIÇÃO

A Comissão Internacional de Proteção contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP), uma Organização Não Governamental (ONG) com sede na Alemanha, publicou em 2020 as diretrizes para limitar a exposição aos CEM na faixa de 100 kHz a 300 GHz. Embora essas diretrizes sejam baseadas na melhor ciência disponível atualmente, é reconhecido que pode haver limitações a esse conhecimento que podem ter implicações para as restrições de exposição. Dessa forma, as diretrizes serão periodicamente revisadas e atualizadas à medida que avançam no conhecimento científico relevante (ICNIRP, 2020a).

A adesão a esses níveis tem o objetivo de proteger as pessoas de todos os efeitos prejudiciais comprovados da exposição a CEM por radiofrequência. Para determinar esses níveis, a ICNIRP primeiro identificou a literatura científica publicada sobre os efeitos da exposição aos CEM por radiofrequência em sistemas biológicos e estabeleceu quais deles eram prejudiciais à saúde humana e cientificamente comprovado (ICNIRP, 2020a).

De acordo com a ICNIRP (2020a), as diretrizes diferenciam entre indivíduos ocupacionalmente expostos e membros do público em geral. Indivíduos ocupacionalmente expostos são definidos como adultos que estão expostos em condições controladas associadas às suas funções ocupacionais, treinados para estarem cientes dos riscos potenciais de CEM de radiofrequência e para empregar medidas de mitigação de danos adequadas, e que têm a capacidade sensorial e comportamental para tal consciência e resposta de mitigação de danos.

Um trabalhador com exposição ocupacional também deve estar sujeito a um programa adequado de saúde e segurança que forneça as informações e proteção acima. O público em geral é definido como indivíduos de todas as idades e com diferentes condições de saúde, o que inclui grupos ou indivíduos mais vulneráveis e que podem não ter conhecimento ou controle sobre sua exposição aos CEM.

Com diretrizes de 2 a 10 W/m² para radiação de radiofrequência, dependendo da frequência, e apenas com base em efeito térmico imediato de curto prazo, a ICNIRP ainda não considera o câncer e outros efeitos de longo prazo ou não

térmicos à saúde. De acordo com Hardell (2017), a ICNIRP é uma organização privada cujos membros possuem vínculos com a indústria, o que evidencia grandes conflitos de interesse, uma vez que as diretrizes são de grande importância econômica e estratégica para o setor militar, de telecomunicações, tecnologia da informação e de energia.

No Brasil, os limites de exposição humana foram estabelecidos pela Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009, com os limites detalhados no Ato Normativo nº 458, publicado pela ANATEL em 24 de janeiro de 2019, estabelecendo os requisitos técnicos complementares ao Regulamento sobre a avaliação da exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos associados à operação de estações transmissoras de radiocomunicação (CEMRF), aprovado pela Resolução nº 700, de 28 de setembro de 2018.

Os artigos 1º e 2º da resolução nº 700 da Anatel, de 28 de setembro de 2018, regulamentam sobre a avaliação da exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz (CEMRF), e o compromisso com a conformidade se aplica a todos que utilizam estações transmissoras de radiocomunicação que exponham as pessoas a transmissões nessa faixa de radiofrequência (ANATEL, 2018).

Requisitos técnicos complementares ao Regulamento 700 foram estabelecidos pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) por meio do Ato nº 458, de 24 de janeiro de 2019. As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, os limites para exposição ocupacional e da população em geral a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências (CEMRF) entre 8,3 kHz e 300 GHz propostos pela ICNIRP (ANATEL, 2019).

Algumas cidades brasileiras, como Campinas (SP), Criciúma (SC), Juiz de Fora (MG), João Pessoa (PB) e Porto Alegre (RS), criaram suas próprias leis, com seus padrões de exposição humana inferiores aos recomendados pela ANATEL/ICNIRP (DODE, 2010).

Tabela 1- Limites para exposição ocupacional a CEMRF (valores eficazes não perturbados)

Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo, E (V / m).	Intensidade de Campo, H (A / m).	Densidade de potência da onda plana equivalente, S_{eq} (W / m ²).
8,3 kHz a 65 kHz	170	24,4	—
0,065 MHz a 3,6 MHz	170	$1,6/f$	—
3,6 MHz a 10 MHz	$610/f$	$1,6/f$	—
10 MHz a 400 MHz	61	0,16	10
400 MHz a 2000 MHz	$3 f^{1/2}$	$0,008 f^{1/2}$	$f/40$
2 GHz a 300 GHz	137	0,36	50

Fonte: ANATEL (2019).

Tabela 2 - Limites para exposição da população em geral a CEMRF (valores eficazes não perturbados)

Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo, E (V / m).	Intensidade de Campo, H (A / m).	Densidade de potência da onda plana equivalente, S_{eq} (W / m ²).
8,3 kHz a 150 kHz	83	5	—
0,150 MHz a 1 MHz	83	$0,73/f$	—
1 MHz a 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	—
10 MHz a 400 MHz	28	0,073	2
400 MHz a 2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz a 300 GHz	61	0,16	10

Fonte: ANATEL (2019).

De acordo com Dode (2010), as cidades de Juiz de Fora, Porto Alegre e outras adotaram o mesmo padrão da Suíça, a saber: os limites de exposição, na faixa de frequência em 900 MHz, nas torres de telefonia móvel, são de 4 V/m ou 4,2 μ W/cm², e, para a faixa de frequência em 1800 MHz, são 6 V/m ou 9,5 μ W/cm². (SUÍÇA, 2019). Mesmo com os testes para a implantação do 5G, em alguns cantões da Suíça, o país manteve seus padrões mais restritivos do que os padrões da ICNIRP.

A norma da ICNIRP estabeleceu a Taxa de Absorção Específica (SAR), que indica a potência absorvida por grama de tecido, no limite máximo de 2 W/kg (média em um período de seis minutos, em qualquer volume de 10 g de tecido), nas faixas de frequência de operação de celulares.

De acordo com os padrões de exposição legais (DODE, 2003), no Estado de New South Wales, na Austrália, 1998, para a frequência de 900 MHz, o limite é de 0,00001 W/m², e, para frequências de 1,8 GHz, o limite é também de 0,00001 W/m².

O governo suíço adotou padrões atualizados de limite de exposição, para a população em geral, às linhas de transmissão de energia elétrica e às torres de transmissão de comunicação móvel, em 01/02/2000. Os limites de exposição, na faixa de frequência em 900 MHz, para torres de telefonia móvel, são de 4 V/m ou 4,2 µW/cm² e para a faixa de frequência em 1800 MHz é 6 V/m ou 9,5 µW/cm² (SUÍÇA, 2019). A Tabela 3 apresenta os padrões comparativos para níveis de exposição do público em geral a RF – 900 e 1800 MHz para as duas bandas principais de telefone móvel em diversos países.

Tabela 3 - Padrões Comparativos para Níveis de Exposição do Público em Geral a RF – 900 e 1800 MHz para as duas bandas principais de telefone móvel em diversos países

(continua)

Níveis do Público em Geral	Frequência (MHz)	Campo Elétrico (V/m)	Potência (W/m ²)	Potência (µW/cm ²)
(Níveis de investigação no Reino Unido anteriores a junho/2000) NRPB, 1993. ICNIRP 900 a 1800 MHz (...).	400	100	26,4	2640
	900	112	33	3300
	1800	194	100	10000
FCC OET 65: 1997 – 01 EUA. No documento NCRP – Rep. 86	900	47	6	600
	1800	61	10	1000
Código 6 de Segurança canadense (SC6) 1993	900	47	6	600
	1800	61	10	1000
ICNIRP, 1998 (reconhecido pela OMS) CENELEC, 1995 (EU).	900	41	4,5	450
	1800	58	9	900
Austrália, 1998 (sob revisão).	900/1800	27	2	200
Duas bases de pesquisa dos EUA	30 – 100000	19	1	100
Bélgica (Federal) (2001 AELVOET níveis)	900	20,6	1,125	112,5
	1800	29,1	2,26	225

(conclusão)

Níveis do Público em Geral	Frequência (MHz)	Campo Elétrico (V/m)	Potência (W/m²)	Potência (μW/cm²)
Polônia (zona ocupacional intermediária)		19	1	100
Zona de segurança – público em geral	300 – 300000	6	0,1	10
Rússia, 1988	300 – 300000	5	0,1	10
Itália, Decreto 381 (1999)	30 – 300000	6	0,1	10
Comitê de saúde de Toronto – 2000, no código SC6/100 de segurança Canadense.	900	5	0,06	6
	1800	6	0,1	10
Ordem Suíça para ERB a partir de 1 de Fevereiro de 2000	900	4	Não Especificado	Não Especificado
	1800	6		
Liechtenstein (2001, NISV níveis)	900	4	0,04	4
	1800	6	0,1	10
Luxemburgo (2001)	900	3	0,1	10
	1800	6	0,1	10
Itália, Gênova (2000)	900 & 1800	3	0,1	10
União Europeia e Reino Unido. Regulamentos para equipamentos sujeitos a testes de níveis (domésticos e comerciais)	30 – 2000	3	Não Especificado	Não Especificado
Máximo típico em áreas públicas próximas às torres das ERB's (pode ser mais alto)	900 & 1800	2	0,01	1
Cidade de Salzburg	300 – 300000	0,62	0,001	0,1
Dr. Cherry (NZ) proposta para 2001	300 – 300000	0,28	0,0002	0,02
Exposição média nos EUA (EPA 1980) Habitante de cidade comum (FCC 1999)	Aprox.	< 0,13	< 0,00005	< 0,005
	30 – 300000	< 2	< 0,01	< 1
Fundo natural de Banda Larga	300 – 3000	< 0,00003	< 0,00000001	< 0,000001
Típico comum perto de uma antena de celular manual	900 & 1800	50 – 300	2 – 50	200 – 5000

Fonte: Phillips (2001)

Um relatório produzido pelo governo da Holanda compara as políticas de exposição a CEM para o público em geral e exposição ocupacional entre países da UE (União Europeia) e outros países, incluindo a Austrália. O relatório agrupou os países de acordo com as respostas às recomendações da UE com base nas

diretrizes da ICNIRP para frequências EMF e como isso influenciou a política do governo (STAM, 2018).

Em 1999, o Conselho UE publicou uma Recomendação (1999/519/EC, também chamada de recomendação da EU, sobre a limitação da exposição do público em geral a CEM (0 hertz a 300 giga-hertz). Ela contém restrições básicas para os campos elétricos e correntes induzidas e a potência absorvida no corpo e níveis de referência para a força de EMF fora do corpo. Os limites na recomendação da UE são derivados das diretrizes de 1998 para limitar a exposição a EMF pela ICNIRP que emitiu novas diretrizes para EMF com frequências entre 1 hertz e 100 quilo-hertz em 2010, e para frequências entre 0 e 1 hertz em 2014, mas estas ainda não levaram a mudanças na recomendação da EU (STAM, 2018).

Em 2013, o Parlamento Europeu e o Conselho da UE emitiram uma diretiva (2013/35/UE) sobre os requisitos mínimos de saúde e segurança relativos à exposição dos trabalhadores aos riscos decorrentes de agentes físicos (EMF). Contém valores-limite de exposição para os campos elétricos induzidos e a potência absorvida no corpo e níveis de ação para a força de EMF fora do corpo. Os limites para campos estáticos e de baixa frequência na diretiva da UE são derivados das diretrizes ICNIRP de 2009 e 2010 para limitar a exposição a EMF estático e variável no tempo de baixa frequência. Os limites para campos de radiofrequência são derivados das diretrizes da ICNIRP de 1998.

Além da ICNIRP, diretrizes influentes sobre a proteção contra riscos de CEM também foram publicadas pelo Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (IEEE), tanto para exposição do público em geral quanto para ambientes controlados (exposição ocupacional). Para campos de frequência de potência, as restrições básicas do IEEE para campos elétricos induzidos são semelhantes às do ICNIRP e da UE para exposição da cabeça (cérebro), mas menos rígidas do que o ICNIRP para exposição do resto do corpo. Para campos de radiofrequência, as restrições básicas do IEEE são as mesmas do ICNIRP e da UE.

Os níveis de referência do IEEE são menos rigorosos do que os da ICNIRP e da UE (para campos de radiofrequência apenas em algumas frequências). As diferenças nos limites entre as diferentes diretrizes são causadas principalmente por diferenças nos modelos dosimétricos do corpo humano e no uso de fatores de segurança. Os limites recomendados pelo IEEE são usados na legislação nacional

de CEM de alguns países fora da UE e referidos em um padrão de segurança da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN). Como a recomendação da UE não é juridicamente vinculativa, a política EMF nos estados membros pode ser dividida em três abordagens diferentes. Os detalhes sobre os limites em frequências selecionadas por estado membro podem ser encontrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Níveis de referência ou limites de exposição para o público em geral para campos eletromagnéticos em áreas habitadas em estados membros da União Europeia e nações industriais selecionadas fora da União Europeia (situação de julho de 2017). STAM 2018.

(continua)

País:	50 Hz		900 MHz			1800 MHz			2100 MHz		
	Intensidade do campo elétrico (V/m)	densidade de Fluxo Magnético (μT)	Intensidade do campo elétrico (V/m)	densidade de Fluxo Magnético (μT)	Densidade e de Potência de Onda Plana Equivalente (W/m^2)	Intensidade do campo elétrico (V/m)	densidade de Fluxo Magnético (μT)	Densidade e de Potência de Onda Plana Equivalente (W/m^2)	Intensidade do campo elétrico (V/m)	densidade de Fluxo Magnético (μT)	Densidade e de Potência de Onda Plana Equivalente (W/m^2)
1999/519/EC	5000	100	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Áustria	[5000]	[100]	[41]	[0.14]	[4.5]	[58]	[0.20]	[9]	[61]	[0.20]	[10]
Bélgica	—	10	21	—	—	29	—	—	31	—	—
Bulgária	—	—	—	—	0,1	—	—	0,1	—	—	0,1
Croácia	2000	40	17	0.055	0.72	23	0.078	1.4	25	0.084	1.7
Chipre	[5000]	[100]	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
República Checa	2000	200	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Dinamarca	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Estônia	5000	100	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Finlândia	[5000]	[100]	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
França	5000	100	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Alemanha	5000	100	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Grécia	5000	100	32	0.11	2.7	45	0.15	5.4	47	0.16	6
Hungria	5000	100	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Irlanda	5000	100	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Itália	—	3	6	0.02	0.1	6	0.02	0.1	6	0.02	0.1
Letônia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lituânia	500	20	—	—	0,45	—	—	0,9	—	—	1
Luxemburgo	5000	100	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10

(conclusão)

País:	50 Hz		900 MHz			1800 MHz			2100 MHz		
	Intensidade do campo elétrico (V/m)	densidade de Fluxo Magnético (μT)	Intensidade do campo elétrico (V/m)	densidade de Fluxo Magnético (μT)	Densidade e de Potência de Onda Plana Equivalente (W/m^2)	Intensidade do campo elétrico (V/m)	densidade de Fluxo Magnético (μT)	Densidade e de Potência de Onda Plana Equivalente (W/m^2)	Intensidade do campo elétrico (V/m)	densidade de Fluxo Magnético (μT)	Densidade e de Potência de Onda Plana Equivalente (W/m^2)
Malta	[5000]	[100]	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Holanda	[5000]	[100]	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Polônia	1000	75	7	—	0,1	7	—	0,1	7	—	0,1
Portugal	5000	100	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Romênia	5000	100	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Eslováquia	5000	100	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Eslovênia	500	10	13	0,04	0,45	18	0,06	0,9	19	0,06	1
Espanha	[5000]	[100]	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
Suécia	[5000]	[100]	[41]	[0,14]	[4,5]	[58]	[0,20]	[9]	[61]	[0,20]	[10]
Reino Unido	[9000]	[360]	[41]	[0,14]	[4,5]	[58]	[0,20]	[9]	[61]	[0,20]	[10]
Países fora da UE											
Austrália	—	—	41	0,14	4,5	58	0,20	9	61	0,20	10
China	4000	100	12	0,04	0,4	12	0,04	0,4	12	0,04	0,4
Índia	—	—	13	0,041	0,45	18	0,058	0,9	20	0,063	1,1
Japão	3000	200	48	0,16	6	61	0,20	10	61	0,20	10
Rússia	500	5	—	—	0,1	—	—	0,1	—	—	0,1
Suíça	—	1	4	—	—	6	—	—	6	—	—
EUA	—	—	—	—	6	—	—	10	—	—	10

LEGENDA: Os valores entre colchetes são de aplicação não obrigatória.

Fonte: STAM (2018).

2.3 GENOTOXICIDADE, DANOS AO DNA E CÂNCER

A integridade do DNA é de extrema importância para a célula. A genotoxicidade engloba danos ao material genético como fragmentos de DNA, mutações genéticas, anormalidades cromossômicas, clastogenicidade e aneuploidia, que ocorrem no núcleo, cromossomo e arquitetura do DNA (YAHYAZADEH *et al.*, 2018).

O dano ao DNA está relacionado com a senescência celular (envelhecimento celular e perda da capacidade replicativa), morte celular, doenças

neurodegenerativas e envelhecimento de um organismo, sendo a principal causa de carcinogênese induzida por estressores ambientais (PANAGOPOULOS *et al.*, 2021).

A produção de radicais livres de oxigênio por CEM leva à formação de ERO e que a peroxidação lipídica causa dano celular e morte celular programada. Estudos revelaram que os CEM aumentam a formação de radicais livres, um dos fatores externos que causam estresse oxidativo (YAHYAZADEH *et al.*, 2018).

O estresse oxidativo é uma condição patológica inespecífica que reflete um desequilíbrio entre o aumento da produção de ERO e a incapacidade do organismo de desintoxicar as ERO ou reparar os danos que elas causam às biomoléculas e tecidos. O estresse oxidativo pode interromper a sinalização celular, causar a formação de proteínas do estresse e gerar radicais livres altamente reativos, que podem causar danos ao DNA e à membrana celular (YAHYAZADEH *et al.*, 2018; RUBIK, BROWN, 2021).

O acúmulo de radicais e os efeitos tóxicos no DNA da célula ocorrem devido a vários fatores associados à ERO, como a desaceleração da desintoxicação devido à superprodução ou deficiência dos sistemas antioxidantes. Os radicais livres induzidos pelo estresse oxidativo podem exibir uma ampla variedade de efeitos tóxicos, resultando em modificações semelhantes às proteínas nas duplas ligações encontradas nas bases do DNA. O estresse oxidativo é considerado um componente importante na fisiopatologia do COVID-19, bem como no dano celular causado pela exposição à WCR (*Wireless Communication Radiation* - Radiação de Comunicação sem Fio) (RUBIK, BROWN, 2021).

A indução de radicais de oxigênio ou interferência com processos de reparo de DNA foi proposta como possíveis mecanismos pelos quais a RFR poderia causar danos ao DNA. Segundo Yakymenko *et al.* (2016), a RFR de baixa intensidade é um agente oxidativo expressivo para células vivas com alto potencial patogênico e que o estresse oxidativo induzido pela exposição à RFR deve ser reconhecido como um dos mecanismos primários da atividade biológica deste tipo de radiação. Uma análise da literatura científica revisada por pares revela efeitos moleculares induzidos por RFR de baixa intensidade em células vivas; isso inclui ativação significativa de vias-chave gerando ERO, ativação da peroxidação, dano oxidativo do DNA e alterações na atividade de enzimas antioxidantes (YAKYMENKO, *et al.*, 2016).

O estresse oxidativo ocorre como resultado natural do envelhecimento e acelera o envelhecimento. Como a exposição à RFR causa estresse oxidativo, sugere que a RFR também pode ter um efeito no envelhecimento, bem como no aparecimento de doenças relacionadas à idade (Alzheimer, aterosclerose, doenças cardiovasculares e câncer em uma idade mais precoce). O estudo atual revelou que a exposição de 2600 MHz RFR por 30 dias (30 min/dia, 5 dias/semana) causou alterações oxidativas no tecido cerebral de ratos (DELEN *et al.*, 2021).

De acordo com Delen *et al.* (2021), a exposição ao RFR de 2.600 MHz por 30 dias (30 min/dia) diminuiu os parâmetros antioxidantes e aumentou os parâmetros oxidativos no tecido cerebral de ratos machos. Além disso, a exposição RFR causou alterações estruturais e aumento da apoptose e danos ao DNA no tecido cerebral. Delen *et al.* (2021) observou a ocorrência de apoptose em neurônios e células neurogliais no córtex, principalmente em células neurogliais no hipocampo. Como as células nervosas não têm capacidade de regeneração, a apoptose que ocorre nos neurônios pode levar a doenças neurodegenerativas. A RFR pode ser um fator de risco tanto para doenças neurodegenerativas quanto para tumores cerebrais (DELEN *et al.*, 2021).

Um estudo recente, realizado por Rodrigues e colaboradores (2021), com o objetivo de estimar a taxa de mortalidade por câncer em decorrência da exposição à RF de ERB's, aponta que quanto maior a exposição à RF de ERB's, maior a mortalidade por câncer. A análise espacial mostrou que maior exposição à RF de ERB's foi observada em uma cidade do sul do Brasil que também apresentou a maior taxa de mortalidade para todos os tipos de câncer e, especificamente, para câncer de pulmão e mama (RODRIGUES *et al.*, 2021).

Um estudo anterior também verificou maior mortalidade por câncer nas proximidades das ERB. Dode *et al.*, (2011) realizaram uma importante pesquisa com o objetivo de verificar a existência de correlação espacial ERB e casos de óbitos por neoplasia no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, durante o período de 1996 a 2006. Os resultados confirmaram a existência de correlação espacial entre os casos de óbito por neoplasia e as localizações das ERB neste município. Os autores confirmam ainda que as taxas de mortalidade e o risco relativo foram maiores para os residentes dentro de um raio de 500 metros das ERB, em comparação com a taxa de mortalidade média de toda a cidade. A maior

concentração de antenas localizou-se no DS Centro-Sul da cidade, que também apresentou a maior incidência acumulada (DODE *et al.*, 2011).

Os campos magnéticos de frequência extremamente baixa podem induzir câncer através de efeitos estimulatórios e inibitórios no sistema imunológico, afetando os reguladores do ciclo celular e as vias de sinalização que potencialmente podem afetar a proliferação e morte celular. Além disso, os campos magnéticos de frequência extremamente baixa podem modular o ciclo celular, apoptose, angiogênese, invasão e metástase que levam ao câncer, impactando a produção de radicais livres (KARIMI, MOGHADDAM, VALIPOUR, 2020).

Um estudo realizado por Franchini *et al.* (2018) confirma as crescentes evidências de que a exposição à radiação THz *in vitro* causa efeitos não térmicos no genoma. Como as propriedades aneugênicas dos campos eletromagnéticos THz foram detectadas em condições de exposição abaixo dos limites de segurança atuais, são necessários mais estudos para proteção humana. Além disso, embora haja total concordância entre os estudos realizados até agora sobre aneuploidia induzida por THz, a explicação dos mecanismos biofísicos que a levam permanece especulativa e não comprovada experimentalmente. Portanto, estudos mecanicistas sobre as interações entre os campos eletromagnéticos e o aparelho mitótico seriam muito úteis (FRANCHINI *et al.*, 2018).

De acordo com Falcioni *et al.* (2018), houve um aumento na incidência de tumores cerebrais e cardíacos em ratos expostos a radiação eletromagnética de radiofrequência, em estudo carcinogênico realizado pelo Instituto Ramazzini. De acordo com os autores, esses estudos experimentais fornecem evidências suficientes para exigir a reavaliação das conclusões da IARC em relação ao potencial carcinogênico de RFR em humanos (FALCIONI *et al.*, 2018).

A exposição crônica ao CEM de radiofrequência, conforme ÇELIKER *et al.* (2017), provoca degeneração dos núcleos cocleares em ratos. Como resultado dessa degeneração, por meio de métodos imuno-histoquímicos, observou-se aumento na taxa de apoptose em núcleos cocleares. Esses achados apoiam os possíveis efeitos genotóxicos e cancerígenos do CEM de radiofrequência.

Diversos estudos de exposição por longo tempo, realizados com animais de laboratório, mostraram taxas mais altas de câncer e de danos no DNA e em

diferentes órgãos em animais expostos aos CEM em comparação aos grupos não expostos (CHOU, *et al.*, 1992; SMITH-ROE, *et al.*, 2020; NTP, 2018).

O *National Toxicology Program* (NTP) realizou testes de bioensaios de câncer em roedores que foram expostos às duas principais modulações de radiação eletromagnética de radiofrequência usadas para comunicação de telefone celular em todo o mundo, o CDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Código) e o GSM (Sistema Global para Comunicações Móveis). Os resultados apontaram aumentos significativos nos níveis de danos ao DNA, medidos pelo ensaio do cometa, em vários tecidos de ratos e camundongos, indicando que a radiação eletromagnética de radiofrequência pode ser capaz de causar aumentos nos danos ao DNA, observados, principalmente, no tecido cerebral de ratos machos e camundongos expostos à radiação eletromagnética de radiofrequência, em relação aos controles que não foram expostos (SMITH-ROE, *et al.*, 2020).

A indução de radicais de oxigênio ou interferência com processos de reparo de DNA foi proposta como possíveis mecanismos pelos quais a radiação eletromagnética de radiofrequência poderia causar danos ao DNA (RUEDIGER, 2009; YAKYMENKO, *et al.*, 2016). Segundo Yakymenko *et al.* (2016), a RFR de baixa intensidade é um agente oxidativo expressivo para células vivas com alto potencial patogênico e que o estresse oxidativo induzido pela exposição à radiação eletromagnética de radiofrequência deve ser reconhecido como um dos mecanismos primários da atividade biológica deste tipo de radiação. Uma análise da literatura científica, revisada por pares, revela efeitos moleculares induzidos por radiação eletromagnética de radiofrequência de baixa intensidade em células vivas; isso inclui ativação significativa de vias-chave gerando ERO, ativação da peroxidação, dano oxidativo do DNA e alterações na atividade de enzimas antioxidantes (YAKYMENKO, *et al.*, 2016).

2.4 ELETRO-HIPERSENSIBILIDADE E COMPROMETIMENTO DO SISTEMA NERVOSO

O termo hipersensibilidade eletromagnética ou eletrossensibilidade refere-se a uma condição clínica caracterizada por um amplo espectro de sistemas de múltiplos órgãos não específicos que, normalmente, ocorrem após a exposição de uma pessoa a CEM do ambiente. A hipersensibilidade eletromagnética é

caracterizada por uma gama de sintomas inespecíficos de múltiplos órgãos, implicando processos inflamatórios agudos e crônicos. A sensibilidade à radiação eletromagnética é uma resposta humana sistêmica à exposição crônica à radiofrequência de baixa intensidade (STEIN; UDASIN, 2020).

Os sintomas incluem dor de cabeça, fadiga, estresse, distúrbios do sono, distúrbios de memória de curto prazo, irritabilidade, labilidade emocional e ansiedade, náusea, dor no peito, palpitações, falta de ar, dores musculares, redução da libido, diminuição do apetite, reações cutâneas, depressão, falta de energia, fadiga e sintomas semelhantes aos da gripe (BELYAEV *et al.*, 2016, STEIN; UDASIN, 2020).

O zumbido tem sido relatado como um dos sintomas em pacientes com hipersensibilidade eletromagnética. De acordo com Medeiros e Sanchez (2016), há evidências para a associação entre exposição aos CEM e zumbido em alguns pacientes, particularmente aqueles que sofrem de hipersensibilidade eletromagnética. Embora os autores tenham encontrado pouca evidência estatisticamente significativa de influência da radiação eletromagnética no zumbido, a associação entre essas condições também não deve ser negligenciada (MEDEIROS; SANCHEZ, 2016).

2.5 INFERTILIDADE

A exposição excessiva à radiação eletromagnética, por longos períodos, causa efeitos nocivos na reprodução feminina e masculina, “intolerância ambiental idiopática” em humanos e animais. As crianças são altamente suscetíveis à radiação eletromagnética de radiação de radiofrequência em termos de desenvolvimento do sistema nervoso (DILLI, 2021).

O estresse oxidativo também é considerado uma importante causa de infertilidade masculina. Neste contexto, ROS, que se originam de espermatozoides e leucócitos, afetam a motilidade espermática e podem causar infertilidade. A membrana plasmática dos espermatozoides possui um sistema redox múltiplo que se assemelha ao NADH, uma importante fonte de ânions superóxidos. Estudos mostraram que EMF estimula a NADH oxidase na membrana plasmática de células de mamíferos (ALTUN *et al.*, 2018).

Os órgãos reprodutores femininos têm funções críticas para a sobrevivência da espécie. Danos ao tecido reprodutivo feminino ou processos de radiação eletromagnética de baixa frequência e radiação eletromagnética de alta frequência devido ao uso generalizado de telefones celulares podem aumentar o risco de infertilidade ou contribuir para o crescimento fetal anormal (ALTUN *et al.*, 2018).

As células reprodutivas, segundo Altun *et al.* (2018), parecem ser mais sensíveis à radiação ionizante e não ionizante do que outras células, porque sofrem taxas de crescimento rápidas durante a meiose e a mitose. Quanto mais rápido as células crescem, maior a chance de incorporarem erros durante a síntese de várias biomoléculas (ALTUN *et al.*, 2018).

Embora muitos estudos tenham relatado deteriorações morfológicas e funcionais nos testículos e ovário após exposições a CEM, bem como *déficits* estruturais e funcionais na saúde reprodutiva, os mecanismos subjacentes não foram totalmente elucidados (ALTUN *et al.*, 2018).

A investigação de Ali (2020) sobre os efeitos da radiação eletromagnética de radiofrequência emitidos por telefones celulares e estações geradoras de rádio em Camundongos machos Wistar mostra que a exposição crônica a radiação eletromagnética de telefone celular causa a função testicular prejudicada, acompanhada por uma diminuição no valor dos hormônios sexuais. A microscopia de esperma também mostrou uma diminuição na contagem de espermatozoides, forma alterada e desenvolvimento nos grupos experimentais (ALI, 2020).

A investigação de Akdag *et al.* (2016) mostra a possível formação de quebras de DNA em vários tecidos de ratos expostos à radiação de RF prolongada emitida por dispositivos Wi-Fi que aumenta com o uso generalizado da Internet. Observou-se, pois, um aumento significativo nas quebras de DNA no tecido testicular de ratos expostos à radiação de RF prolongada emitida por dispositivos Wi-Fi. A principal razão do aumento significativo, observado na formação de quebras de fita de DNA no tecido testicular, pode ser devido aos radicais livres gerados pelo dano oxidativo induzido pela radiação de radiofrequência emitida por dispositivos Wi-Fi. De fato, uma das possíveis causas de danos ao DNA é o ataque dos radicais livres formados nas células ao DNA. Os radicais livres afetam as células danificando macromoléculas como DNA, proteínas e lipídios de membrana (AKDAG *et al.*, 2016).

Verificou-se que os órgãos reprodutivos de ratos machos estavam seriamente comprometidos em um estudo realizado por Adebayo et al. (2019) com o objetivo de determinar a consequência da radiação eletromagnética de radiofrequência (≈ 1800 MHz) (RF-EMR) nas propriedades histológicas, hematológicas e histoquímicas de tecidos selecionados de ratos. Alguns dos órgãos examinados apresentaram alterações histológicas, hematológicas e histoquímicas diferentes do normal (ADEBAYO et al., 2019).

Muitas são as evidências que apontam para anormalidades do desenvolvimento embrionário mediadas por campos magnéticos de frequência extremamente baixa. Por outro lado, os estudos *in vivo* e *in vitro* relatam que esses campos podem atrapalhar o equilíbrio da síntese e secreção de hormônios em animais. Além disso, a exposição a campos magnéticos de frequência extremamente baixa pode afetar a reprodução e a fertilidade em animais. Mais estudos são necessários para descobrir os efeitos dos campos magnéticos de frequência extremamente baixa na reprodução humana e fertilidade (KARIMI, MOGHADDAM, VALIPOUR, 2020).

2.6 ESTRESSOR AMBIENTAL E ENFRAQUECIMENTO DA IMUNIDADE

A exposição em longo prazo à radiação do telefone celular realmente tem um impacto na imunidade, no estresse oxidativo do hipocampo e na atividade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal foi observada por Singh *et al.* (2020). Embora esses resultados não possam ser extrapolados diretamente para humanos, eles dão uma ideia sobre as consequências para a saúde da exposição em longo prazo à radiação do CEM de radiofrequência do telefone celular e um estudo mais elaborado que analisa o mecanismo de interação entre a radiação dos CEM de radiofrequência do telefone celular e a matéria biológica é necessário para estabelecer o fato (SINGH *et al.*, 2020).

A radiação de comunicação sem fio tornou-se um estressor ambiental que pode ter contribuído para resultados adversos à saúde de pacientes infectados com SARS-CoV-2 e aumentado a gravidade da pandemia de COVID-19 (RUBIK, BROWN, 2021). Portanto, recomenda-se que todas as pessoas, particularmente aquelas que sofrem de infecção por SARS-CoV-2, reduzam a exposição à radiação de comunicação sem fio tanto quanto razoavelmente possível até que mais

pesquisas esclareçam melhor os efeitos sistêmicos à saúde associados à exposição crônica à radiação de comunicação sem fio (RUBIK, BROWN, 2021).

A exposição à radiação de comunicação sem fio de baixo nível, conforme observado em estudos com animais, também pode comprometer o sistema imunológico com exposição diária crônica, produzindo imunossupressão ou desregulação imunológica, incluindo hiperativação (RUBIK, BROWN, 2021).

Resultados mostram um aumento estatisticamente significativo entre os casos atribuídos a COVID-19 e mortes em estados e condados nos EUA com vs. sem tecnologia 5G. Os estados com tecnologia 5G tiveram excesso de casos e excesso de mortes por milhão quando comparados aos estados sem essa tecnologia (TSIANG, HAVAS, 2021).

Há também evidências dos efeitos da radiação eletromagnética de RF na flora e na fauna. Por exemplo, a redução global de abelhas e outros insetos está plausivelmente ligada ao aumento da radiação eletromagnética de RF no ambiente, dentre outros fatores (TAYE, *et al.*, 2017).

3 METODOLOGIA

3.1 ABORDAGEM DA PESQUISA

O presente estudo foi realizado com abordagem quantitativa. A pesquisa quantitativa é uma modalidade de pesquisa que atua sobre um problema humano ou social, é baseada no teste de uma teoria e composta por variáveis quantificadas em números, as quais são analisadas de modo estatístico, com o objetivo de determinar se as generalizações previstas na teoria se sustentam ou não (KNECHTEL, 2014). A pesquisa é caracterizada como de natureza aplicada e descritiva, com o objetivo de avaliar os níveis de radiações eletromagnéticas, dentro do Campus Saúde de uma Universidade Pública Federal situada na região Sudeste.

3.2 MÉTODO DA PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa com delineamento transversal e, para a obtenção dos dados, realizaram-se medições das radiações eletromagnéticas do campus da saúde.

3.3 LOCAL DA PESQUISA

O local do estudo foi o campus da saúde. As medições ocorreram nas salas de aulas, nos auditórios, nas salas de professores, salas de coordenações, colegiados, diretorias, departamentos administrativos, secretarias de cursos, corredores, laboratórios, áreas de circulação, congregação, portarias, anfiteatros e estacionamento.

De acordo com os autores Hardell, Carlberg e Hedendahl (2018), as medições de radiação eletromagnéticas devem ser realizadas de forma mais detalhada em locais onde as pessoas tendem a ocupar ou permanecerem por maior período de tempo, que são considerados locais de grande interesse e foram escolhidos levando-se em consideração a frequência de ocupação e o tempo de permanência das pessoas que trabalham, estudam ou frequentam os locais.

3.4 TÉCNICA(S) DE COLETA DE DADOS

A metodologia para medição dos Campos Eletromagnéticos foi de acordo com os requisitos mínimos para o procedimento de medição direta dos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de radiofrequências entre 8,3 kHz e 300 GHz (CEMRF) e critérios de avaliação (ANATEL, 2019), bem como metodologia utilizada por DODE (2003a, 2003b, 2010).

De acordo com o Ato nº 458, de 24 de janeiro de 2019, que define os requisitos mínimos para o procedimento de medição direta dos CEMRF, as medições devem ser realizadas de forma a produzir resultados que se aproximem ao máximo possível da densidade de potência média nas dimensões do corpo dos indivíduos expostos (ANATEL, 2019). Seguindo as orientações da ANATEL (2019), todas as medições foram efetuadas com equipamentos devidamente calibrados, dentro das especificações do fabricante e abrangendo toda a faixa de radiofrequências de interesse (ANATEL, 2019).

Os instrumentos utilizados foram: 1 medidor de campo elétrico com antena isotrópica onidirecional (frequência de 0,2 MHz a 3,0 GHz); 1 Analisador de espectro (frequência: 10,0 MHz a 6,0 GHz); 1 Datalogging MultiMeter; 1 GPS; e 3 tripés de madeira. Os instrumentos necessários para as medições das radiações eletromagnéticas foram gentilmente cedidos pela empresa “MRE Engenharia – Medição de Radiações Eletromagnéticas LTDA-ME”, sendo todos calibrados de acordo com as normas nacionais e internacionais vigentes, dentro do prazo de validade.

As medições ocorreram no dia 19 de fevereiro de 2022 e não havia pessoas presentes nos locais. Todos os trabalhos foram acompanhados por um profissional administrativo da instituição. Para a realização das medições, primeiramente, utilizou-se o analisador de espectro para conhecer as frequências que chegam aos locais selecionados, para, posteriormente, realizarem-se as medições do campo elétrico, utilizando-se a antena isotrópica. Este processo é importante para ter conhecimento da quantidade da radiação total que está presente nos locais avaliados (DODE, 2010). Após saber as frequências presentes no local, foram realizadas as medições das intensidades de campo elétrico com o auxílio do

medidor de campo elétrico com antena isotrópica onidirecional (frequência de 0,2 MHz a 3,0 GHz).

A média temporal de cada ponto foi realizada com um nível médio de tempo fixo de seis minutos, ou seja, cada ponto de medição precisa de um tempo de seis minutos para obter as intensidades de campo elétrico. As medições foram realizadas em vários pontos para cada local estabelecido, com o objetivo de fornecer mais detalhes na distribuição espacial dos campos eletromagnéticos (DODE, 2003a, 2003b, 2010).

O medidor de campo elétrico foi posicionado longe de superfícies metálicas, evitando assim, acoplamentos capacitivos e mudança da impedância do sensor. Utilizaram-se também tripés de madeira para apoiar os equipamentos, a fim de evitar acoplamentos capacitivos com o sensor do aparelho e permitir também que, durante a medição, o operador pudesse permanecer a uma distância segura para minimizar a interferência do seu corpo sobre os resultados da medição.

3.5 TÉCNICA DE ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos das medições das radiações eletromagnéticas foram dispostos em tabela de acordo com cada local onde a medição foi realizada. Os valores encontrados foram comparados com os limites de exposição humana, de acordo com a Lei Federal n.º 11.934, de 5 de maio de 2009, com os limites estabelecidos pela Resolução nº 700 de 28 de setembro de 2018, Ato nº 458, de 24 de janeiro de 2019, e também com limites de exposição internacionais mais restritivos que os permitidos pela legislação brasileira.

Analysaram-se as variáveis Campo Elétrico e Densidade de potência, conforme descritas a seguir:

- **Campo Elétrico** (intensidade de): grandeza vetorial "E" associada com a distribuição de forças elétricas atuando sobre cargas elétricas, expressa em volt por metro (V/m) (ANATEL, 2018).
- **Densidade de potência**: potência por unidade de área normal à direção de propagação do campo eletromagnético, expressa em watts por metro quadrado (W/m²) (ANATEL, 2018).

Realizaram-se análises descritivas das variáveis analisadas por meio do cálculo de medidas de tendência central (média e mediana), e variabilidade (mínimo,

máximo e desvio-padrão), além de estimativas do Intervalo de Confiança de 95% (IC95%) para os valores médios. As análises foram estratificadas por local de medicação.

Realizaram-se todas as análises por meio do *software Statistical Package for Social Science* (SPSS) versão 19.0.

3.6 CUIDADOS ÉTICOS

A realização da presente pesquisa não implicou nenhuma vinculação com dados de seres humanos, assim, não houve a necessidade da elaboração do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O estudo proposto trata-se de medições de radiações eletromagnéticas presente no ambiente.

3.7 RISCOS E BENEFÍCIOS

A realização das medições das radiações eletromagnéticas não acarretou nenhum risco de constrangimento, pois não havia pessoas presentes no momento das medições, a não ser o funcionário que acompanhou os trabalhos. A fim de minimizar os possíveis riscos, foram adotadas as seguintes medidas: garantia de não exposição de imagem de nenhuma pessoa em fotos, respeito de distanciamento de no mínimo 1,5 metros do posicionamento dos aparelhos em relação aos objetos presentes no local. Realizaram-se as medições com prévia autorização dos departamentos responsáveis e com agendamento prévio. Solicitou-se autorização para a realização da pesquisa à diretoria da Escola de Enfermagem, conforme solicitação anexa (APÊNDICE A).

Esta pesquisa tem como benefício mensurar os Níveis de Exposição Humana às radiações eletromagnéticas, no ambiente analisado. Este diagnóstico ambiental servirá também para futuras investigações na área ocupacional.

3.8 DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa serão apresentados aos participantes e instituições onde os dados foram coletados, ao término do estudo, atendendo a Resolução CNS nº 580/2018 (BRASIL, 2018).

4 RESULTADOS

Os resultados com todos os pontos das medições das radiações eletromagnéticas são apresentados no Apêndice B. Na tabela 5 são apresentados os resultados de descrição por local, onde os pontos das medições foram agrupados de acordo com as tipologias dos locais.

Tabela 5 - Descrição por local das medições das radiações eletromagnéticas, Belo Horizonte, 2022

		Sal a dos Prof ess ore s	Sec reta rias e Coo rde naç ões	Port aria e Est acion ame nto	Lab orat ório s	Sal as de Aul a	Aud itóri os e Anfi teat ros	Cor red ore s	Dire tori a e che fias	Sal as de Reu niõ es e Áre a de Laz er
	n	36	15	3	9	9	4	8	10	2
Campo Elétrico (E) (V/m)	Média	0,405	0,240	0,891	0,134	0,276	0,219	0,719	0,239	0,056
	Mediana	0,413	0,139	1,160	0,091	0,289	0,228	0,682	0,171	0,056
	Desvio padrão	0,254	0,248	0,696	0,073	0,040	0,083	0,526	0,189	0,006
	Mínimo	0,055	0,050	0,100	0,083	0,215	0,113	0,074	0,040	0,052
	Máximo	0,915	0,860	1,412	0,272	0,315	0,308	1,608	0,490	0,060
Densidade de Potência (S) (μW/cm²)	Média	0,060	0,031	0,296	0,006	0,021	0,014	0,201	0,024	0,001
	Mediana	0,046	0,005	0,357	0,002	0,022	0,014	0,135	0,008	0,001
	Desvio padrão	0,066	0,056	0,268	0,007	0,006	0,009	0,235	0,027	0,000
	Mínimo	0,001	0,001	0,003	0,002	0,012	0,003	0,001	0,000	0,001
	Máximo	0,222	0,196	0,529	0,020	0,026	0,025	0,686	0,064	0,001

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme demonstrado na Tabela 5, os maiores valores de Campo Elétrico (E) e de Densidade de Potência (S) ocorrerão nos corredores (E máximo = 1,608 V/m e S máximo = 0,686 μ W/cm²), seguidos da portaria e estacionamento (E máximo = 1,412 V/m e S máximo = 0,529 μ W/cm²). Os menores valores foram observados nas Salas de Reuniões e Área de Lazer (E mínimo = 0,060 V/m e S

mínimo = 0,001 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$), seguidos dos laboratórios (E mínimo = 0,272 V/m e S mínimo = 0,020 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$). É importante destacar que, no momento em que foram realizadas as medições, o prédio da Enfermagem estava vazio e não havia nenhuma realização de atividade nos locais verificados. Na Tabela 6, observa-se a descrição da amostra total das medições realizadas. A Tabela 7 demonstra os níveis de referência para exposição à radiação eletromagnética que são adotados no Brasil.

Segundo resultados apresentados na Tabela 6, o valor médio do Campo Elétrico foi de 0,351, podendo variar com 95% de confiança entre 0,287 e 0,415. O valor médio da Densidade de Potência foi de 0,059, podendo variar com 95% de confiança entre 0,037 e 0,081. Os valores máximos encontrados de Campo Elétrico e Densidade de Potência foram, respectivamente, 1,608 V/m e 0,686 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Comparando estes valores com a Tabela 7, verifica-se que os encontrados estão significativamente menores do que os valores estabelecidos pela ANATEL (2019). Para a faixa de radiofrequências de 400 MHz a 2000 MHz, a ANATEL (2019) estabelece o valor máximo de Campo Elétrico de 41 V/m e de Densidade de Potência de 450 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Os valores encontrados na medição das radiações eletromagnéticas de Campo Elétrico e Densidade de Potência são, respectivamente, cerca de 25 e 656 vezes menores do que os valores estabelecidos pela ANATEL (2019).

Tabela 6 - Descrição da amostra total das medições das radiações eletromagnéticas, Belo Horizonte, 2022

	Campo Elétrico "E" (V/m)	Densidade de Potência "S" ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
n	96	96
Média	0,351	0,059
Desvio padrão	0,316	0,110
Intervalo de confiança 95%		
Limite inferior	0,287	0,037
Limite superior	0,415	0,081
Mediana	0,243	0,016
Mínimo	0,040	0,000
Máximo	1,608	0,686

Fonte: Elaborado pela a autora (2022).

Tabela 7 - Valor permitido pela ANATEL, segundo diretrizes da ICNIRP

Faixa de Radiofrequências	Campo Elétrico (E) (V/m)	Densidade de potência (S) (W/m ²)	Densidade de Potência (S) (μW/cm ²)
400 MHz a 2000 MHz	41	4,5	450

Fonte: ANATEL, 2019 (Adaptado).

Na Tabela 8, verificam-se diversos estudos que relatam danos à saúde devido à exposição eletromagnética com valores de densidade de potência cerca de 1000 vezes menores que os limites estabelecidos pela ICNIRP (SAGE; BURGIO, 2018).

Tabela 8 - Densidade de potência de radiofrequência e relatos de impactos na saúde

Densidade de potência de radiofrequência (μW/cm ²)	Impactos na saúde relatados	Estudos
0,00034–0,07	Danos ao DNA e qualidade prejudicada do esperma.	Sage e Carpenter <i>et al.</i> (2012)
0,003–0,02	Dor de cabeça, irritação e dificuldades de concentração em crianças em idade escolar e adolescentes (8-17 anos) com exposição de curto prazo à radiação de radiofrequência.	Heinrich <i>et al.</i> (2010)
0,003–0,02	Conduta e problemas comportamentais em crianças e adolescentes (8-17 anos) expostos à radiação de telefone celular de curta duração.	Thomas <i>et al.</i> (2010)
0,005	Distúrbios do sono em adultos com exposição crônica à torre de telefonia celular.	Mohler <i>et al.</i> (2010)
0,005–0,04	Dores de cabeça e dificuldades de concentração com radiação de telefone celular de curto prazo.	Thomas <i>et al.</i> (2008)
0,006–0,01	Impacto significativo nos hormônios do estresse, especialmente em crianças e adultos com doenças crônicas.	Buchner e Eger (2011)
0,01	Distúrbios do sono e da concentração, fadiga e problemas cardiovasculares.	Oberfeld <i>et al.</i> (2004)
0,13	Ansiedade, hostilidade e cognição prejudicada.	Zwamborn <i>et al.</i> (2003)
0,01–0,11	Fadiga, dores de cabeça, problemas de sono.	Navarro <i>et al.</i> (2003)
0,05–0,1	Dores de cabeça, sintomas cardíacos, fadiga, distúrbios do sono e da concentração e outras deficiências.	Kundi e Hutter (2009)
0,05–1,0	Dor de cabeça, sono, problemas de concentração, outros problemas neurológicos.	Hutter <i>et al.</i> (2006)
0,5–1,0	Viabilidade de esperma diminuída e quebra de DNA em esperma humano com 4 horas de exposição ao Wi-Fi do laptop no modo sem fio.	Avendano <i>et al.</i> (2012)

Fonte: Sage; Burgio (2018).

O valor médio da densidade de potência, encontrado nas medições das radiações eletromagnéticas, na Escola de Enfermagem, foi de $0,059 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (Tabela 7), e pode-se verificar, na Tabela 8, que existem estudos comprovando diversos efeitos biológicos para valores muito menores de densidade de potência. São descritos efeitos biológicos para densidade de potência a partir de $0,00034 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, tais como dor de cabeça, distúrbios do sono, problemas de concentração, problemas neurológicos, sintomas cardíacos, fadiga, danos ao DNA, qualidade prejudicada do esperma, dentre outros. Muitos efeitos biológicos foram observados em exposição de curto prazo, entretanto, a longo prazo os efeitos biológicos podem ser aumentados ou potencializados.

5 DISCUSSÃO

Os valores encontrados na medição das radiações eletromagnéticas, realizada na instituição, estão em conformidade com os limites estabelecidos no Brasil, de acordo com a Lei Federal n.º 11.934/2009, Ato Normativo n.º 458/2009 aprovado pela Resolução n.º 700/2018 que adota os parâmetros descritos pela ICNIRP. Entretanto, os valores adotados pela ICNIRP não garantem proteção para a população exposta, uma vez que diversas pesquisas abordam efeitos adversos à saúde com valores muito menores que os estabelecidos pela ICNIRP (SAGE; CARPENTER, 2012; BEHARI *et al.*, 2012; SAGE; BURGIO, 2018; BUCHNER; RIVASI, 2021; NAREN *et al.*, 2020).

A ICNIRP alega que "[...] a radiação não ionizante não representa perigo para a saúde se não aquecer o tecido em mais de 1° C", admitindo que existem possíveis efeitos para a saúde, mas apenas se os níveis de exposição a fortes radiações forem demasiado elevados (BUCHNER, RIVASI, 2021). A questão dos efeitos não térmicos e os efeitos potenciais de longo prazo da exposição a baixas doses foram pouco investigados antes da introdução dessas tecnologias (BELYAEV *et al.*, 2016).

A ICNIRP, segundo Hardell (2021), é uma organização cujos membros possuem vínculos com a indústria, o que evidencia grandes conflitos de interesse, uma vez que as diretrizes são de grande importância econômica e estratégica para o setor militar, de telecomunicações, tecnologia da informação e de energia.

Pesquisadores criticam que pesquisas científicas, financiadas pela indústria, tendem a produzir menos achados, mostrando efeitos adversos dos CEM para a saúde, enquanto estudos financiados publicamente - como o estudo NTP - encontram ligações significativas entre CEM e efeitos adversos à saúde, (BUCHNER; RIVASI, 2021, HARDELL 2021).

O *BioInitiative Report* (SAGE; CARPENTER, 2012) de autoria de 29 especialistas de dez países, atualizado em 2020, resume centenas de artigos científicos revisados por pares que documentam evidências de efeitos não térmicos de exposições menores ou iguais a 1 mW/cm². O *BioInitiative* afirma ser um órgão independente, composto por importantes profissionais que acreditam que a implantação da tecnologia sem fio sempre acontece antes que os riscos à saúde sejam avaliados. Este relatório insiste na necessidade de reconsiderar a situação

atual em relação ao uso excessivo da tecnologia de comunicação sem fio (NAREN *et al.*, 2020).

A principal conclusão do Relatório *BioInitiative* é que os limites de exposição do público aos CEM estabelecidos pela ICNIRP, e pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), e outras organizações são insuficientes para proteger a saúde e exigem uma redução substancial dos limites de exposição aos CEM.

A ICNIRP considerou que apenas danos decorrentes do aquecimento do tecido foram levados em conta ao determinar os limites de exposição térmica. Elaboraram-se tais limites de segurança com base na suposição de que é suficiente considerar apenas os efeitos do aquecimento ao tentar minimizar os danos ao corpo humano. Mas, nas últimas décadas, foi bem estabelecido que os efeitos biológicos e adversos à saúde ocorrem em níveis de radiação que são muito baixos para causar qualquer aquecimento, às vezes, várias centenas de milhares de vezes mais baixos (BEHARI *et al.*, 2012).

Os limites de exposição pública atualmente empregados não fornecem proteção suficiente para as pessoas em termos de exposição a longo e curto prazo. Os limites de exposição especificados pela ICNIRP levam em consideração apenas os efeitos térmicos e não os efeitos biológicos não térmicos na determinação de seus limites.

Enquanto os níveis de exposição, dentro dos limites prescritos pelo ICNIRP, apenas garantem a segurança dos efeitos térmicos da radiação eletromagnética, existem vários estudos científicos sugerindo que os efeitos não térmicos representam uma ameaça significativa para a vida humana no planeta. Esses efeitos não térmicos são observados em várias ordens de magnitude de radiação inferiores às dos efeitos térmicos. Junto aos efeitos térmicos e não térmicos, vários outros fatores, como frequência, duração da exposição, modelagem do pulso, nível de potência, também contribuem para os riscos à saúde da radiação eletromagnética.

Tanto os indivíduos, quanto os governos devem estar cientes do fato de que a população atual já foi exposta a níveis perigosos de radiação e os efeitos adversos à saúde resultantes podem surgir nas pessoas a qualquer momento. A esse respeito, é necessário um planejamento e execução adequados, tanto em nível governamental quanto individual, para lidar adequadamente com uma fuga de

problemas de saúde relacionados à radiação eletromagnética em um grande número de pessoas em todas as áreas do mundo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exposição ambiental aos CEM está aumentando progressivamente em todo o mundo, fato que desperta maior interesse na comunidade científica em documentar seus possíveis efeitos nocivos à saúde. Os resultados das medições das radiações eletromagnéticas, realizada na instituição, indicaram que as intensidades dos campos elétrico e magnético, da Densidade de Potência, foram inferiores ao máximo recomendado pela ICNIRP, adotados na Legislação Federal Brasileira. Entretanto, não se pode dizer que estes resultados são seguros, simplesmente porque não infringiram a Lei Federal, visto que, na literatura científica, há a ocorrência de danos à saúde humana devido a esta exposição ser contínua. Em 2011, a IARC classificou os CEM como possível causador de câncer para os seres humanos (Grupo 2B), e, atualmente, os pesquisadores pedem que sejam classificados como causadores de câncer para humanos (Grupo 1A).

As diretrizes da ICNIRP permitem a exposição em níveis considerados prejudiciais à saúde pública. No interesse da saúde pública, as diretrizes da ICNIRP 2020 devem ser imediatamente revisadas de acordo com o conhecimento científico vigente, levando em consideração estudos desenvolvidos por pessoas sem conflitos de interesse (HARDELL *et al.*, 2021).

O Projeto da *BioInitiative Report*, publicado em 2013, recomenda que o limite de Campo Elétrico não deve ser superior a 0,5 V/m, em qualquer local passível de ocupação humana. Vários países e cidades estão com seus níveis de exposição humana bem mais restritivos, com limites de Densidade de Potência inferiores, como, por exemplo, a Itália, 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; a China, 6,6 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; a Suíça, 4,2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; a cidade de Paris na França, 1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; e a cidade de Salzburgo, na Áustria, 0,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

A preocupação com possíveis riscos à saúde dos campos eletromagnéticos aumentou consideravelmente nos últimos anos. Diante de diversos achados científicos que sugerem a possibilidade de efeitos de longo prazo - limitados a campos magnéticos de frequência de potência - o pedido de medidas cautelares tornou-se mais forte. O princípio da precaução tem sido repetidamente invocado para induzir os governos nacionais a aplicar padrões mais restritivos do que as diretrizes da ICNIRP e outros órgãos internacionais.

A OMS considera que “os requisitos para uma política de cautela, conforme delineado pela Comissão Europeia, não parecem ser atendidos no caso de EMF de energia ou de radiofrequência”, e que

[...] um requisito principal é que tais políticas sejam adotadas apenas sob a condição de que as avaliações científicas do risco e os limites de exposição baseados na ciência não sejam prejudicados pela adoção de abordagens cautelares arbitrárias. Isso ocorreria, por exemplo, se os valores-limite fossem reduzidos a níveis que não tivessem relação com os perigos estabelecidos ou tivessem ajustes arbitrários inadequados nos valores-limite para levar em conta a extensão da incerteza científica (OMS 2000).

Por outro lado, a OMS, assim como a ICNIRP e a União Europeia, reconhece que os governos nacionais podem adotar medidas que proporcionem um nível de proteção superior ao concedido pelas diretrizes internacionais. Vários países empreenderam ações que vão desde a informação pública até a recomendação de “evitação prudente” ou ações voluntárias para reduzir a exposição.

Há uma necessidade urgente de se reconhecerem os perigos associados à exposição excessiva a níveis não térmicos de campos eletromagnéticos. Há fortes evidências de que a exposição excessiva a frequências de telefones celulares por longos períodos aumenta o risco de câncer no cérebro tanto em humanos quanto em animais (BELPOMME *et al.*, 2018). Para proteger a saúde pública é muito importante que os limites de exposição sejam baseados em sólidos conhecimentos científicos, ancorados em conceitos e quantidades que tenham um significado biológico e físico claro, e derivados de uma metodologia lógica e consistente.

Infelizmente, os padrões estabelecidos pela maioria dos organismos nacionais e internacionais não protegem a saúde humana. Esta é uma preocupação particular em crianças, dada a rápida expansão do uso de tecnologias sem fio, a maior suscetibilidade do sistema nervoso em desenvolvimento, a hipercondutividade de seu tecido cerebral, a maior penetração da radiação de radiofrequência em relação ao tamanho da cabeça e seu potencial por mais tempo pela exposição ao longo da vida (BELPOMME *et al.*, 2018).

Um grande número de estudos experimentais e epidemiológicos associa a exposição aos CEM artificiais com danos no DNA e diversas patologias relacionadas, como câncer, infertilidade e doenças neurodegenerativas (DODE *et al.*, 2011; SAGE; CARPENTER, 2012; BEHARI *et al.*, 2012; S BELYAEV *et al.*, 2016; YAKYMENKO, *et al.*, 2016; TAYE, *et al.*, 2017 ; SAGE, BURGIO, 2018; ALTUN *et*

al., 2018; ADEBAYO *et al.*, 2019; SINGH *et al.*, 2020; SMITH-ROE, *et al.*, 2020; NTP, 2018 ; KARIMI, MOGHADDAM, VALIPOUR, 2020; STEIN, UDASIN, 2020; BUCHNER, RIVASI, 2021; NAREN *et al.*, 2020; BUCHNER, RIVASI, 2021; TSIANG, HAVAS, 2021; RUBIK, BROWN, 2021; RODRIGUES *et al.*, 2021). Diante de tantas evidências científicas, as autoridades de saúde devem ser encorajadas a tomarem medidas para a proteção da vida na Terra contra o uso irrestrito dos CEM e adotar medidas bem mais restritivas a fim de proteger a saúde pública.

Os limites de exposição devem ser reduzidos para proteger contra os efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos. A disseminação de redes sem fio locais e globais deve ser reduzida, e redes com fio mais seguras devem ser usadas em vez de sem fio, para proteger membros suscetíveis do público. Locais públicos devem ser acessíveis para indivíduos eletro-hipersensíveis (STEIN, UDASIN, 2020).

Recomendam-se instituições de campanhas educacionais para educar o público sobre os riscos à saúde da exposição à radiação de RF e o uso seguro das tecnologias. Além disso, é recomendado que os governantes tomem medidas para diminuir significativamente a atual exposição do público às radiações não ionizantes.

7 RECOMENDAÇÕES À POPULAÇÃO

Algumas medidas simples podem ser tomadas por qualquer indivíduo para diminuir a exposição à radiação eletromagnética, como a divulgação dos perigos e riscos à saúde da radiação eletromagnética em escolas, hospitais e outras áreas com população sensível, como mulheres grávidas, crianças e idosos (NAREN *et al.*, 2020). São medidas proativas que devem ser tomadas para minimizar exposições desnecessárias à radiação eletromagnética, tendo em mente vários ambientes e condições operacionais:

- Em locais residenciais e em ambientes de trabalho e outros locais onde as pessoas ficam por longos períodos usando a internet, deve-se usar cabo ethernet para evitar ficar exposto ao sinal Wi-Fi (NAREN *et al.*, 2020).
- Interruptores para controlar a energia do roteador Wi-Fi podem ser instalados para desligar prontamente a radiação Wi-Fi quando não estiver em uso (NAREN *et al.*, 2020).
- O uso de telefones fixos para longas conversas deve ser preferido aos telefones celulares (NAREN *et al.*, 2020).
- Quartos de crianças, idosos e gestantes devem ser particularmente protegidos contra a radiação eletromagnética, uma vez que são mais propensos a problemas de saúde relacionados à radiação eletromagnética (NAREN *et al.*, 2020).
- Em hospitais e instituições médicas, é especialmente importante implementar diretrizes sobre a segurança da radiação eletromagnética, pois os hospitais atendem a uma população muito sensível, como mulheres grávidas, recém-nascidos e pessoas não saudáveis. Os hospitais não devem adotar a tecnologia de cobertura total de Wi-Fi. De preferência devem oferecer cabos ethernet a todos os trabalhadores do hospital (NAREN *et al.*, 2020).
- O governo deve estabelecer diretrizes para não permitir a implantação de estação base ou torre de celular nas proximidades de hospitais, escolas, creches e bairros residenciais. Unidades para populações sensíveis como UTI, UCC, UTIN e salas de operação devem evitar todos os tipos de dispositivos que usam comunicação sem fio, como incubadoras sem fio e instrumentos operados remotamente (NAREN *et al.*, 2020).

- As mulheres grávidas devem ser instruídas a evitar o uso prolongado de dispositivos móveis (NAREN *et al.*, 2020).
- Nas instituições de ensino há uma tendência de mudança para tecnologias modernas, como projetores sem fio em salas de aula inteligentes, acesso Wi-Fi em todo o campus, uso de notebooks digitais, entretanto, é necessário minimizar os níveis ambientais da exposição à radiação eletromagnética (NAREN *et al.*, 2020).
- As autoridades escolares devem fornecer regras e diretrizes especiais para zonas de alta densidade populacional, como salas de aula e ônibus escolares, que obtêm níveis de radiação eletromagnética realmente altos devido ao uso simultâneo de dispositivos sem fio por todos.

REFERÊNCIAS

- ADEBAYO, E. A.; *et al.* Bio-physical effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMR) on blood parameters, spermatozoa, liver, kidney and heart of albino rats. **Journal of King Saud University Science**, v. 31, n. 4, p. 813-821, Oct. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. Ato nº 458, de 24 de janeiro de 2019. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 21, p. 23, 30 de janeiro de 2019. Disponível em: < <https://www.anatel.gov.br/legislacao/atos-de-requisitos-tecnicos-de-gestao-do-espectro/2019/1237-ato-458>>. Acesso em: 07 fev. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. Resolução nº 700, de 28 de setembro de 2018. **Diário Oficial da União**: seção 1, edição 190, Brasília, DF, p. 16-17, 02 de outubro de 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/43460488/do1-2018-10-02-resolucao-n-700-de-28-de-setembro-de-2018-43460191. Acesso em: 07 fev. 2021.
- AKDAG, M. Z. *et al.* Does prolonged radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi devices induce DNA damage in various tissues of rats? **Journal of Chemical Neuroanatomy**, v. 75, p. 116-122, Sep. 2016.
- ALI, B. M. H. Study the electromagnetic radiation effects on testicular function of male rats by biochemical and histopathological. **EurAsian Journal of BioSciences**, 14, n. 2, p. 3869-3873, 2020.
- ALTUN, G. *et al.* Effects of mobile phone exposure on metabolomics in the male and female reproductive systems. **Environmental Research**, v. 167, p. 700-707, Nov. 2018.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. 2000. 203 p.
- BARANAUSKAS, V. **O Celular e seus riscos**. Campinas: Editora do Autor, 2001. 100 p.
- BELYAEV, I. *et al.* EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. **Rev Environ Health**, v. 31, n. 3, p. 363-397, Sep. 01, 2016.
- BODEWEIN, L. *et al.* Systematic review on the biological effects of electric, magnetic and electromagnetic fields in the intermediate frequency range (300 Hz to 1 MHz). **Environmental Research**, v. 171, p. 247-259, Apr 2019.
- BRASIL. Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009. Dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; altera a Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, p. 1, 06 de maio de 2009. Disponível em: <encurtador.com.br/stSZ0>. Acesso em: 07 jan. 2021.

BUCHNER, K.; EGER, H. Changes of Clinically Important Neurotransmitters under the Influence of Modulated RF Fields - A Long-term Study under Real-life Conditions. **Umwelt Medizin Gesellschaft**, German, v. 24, p. 44-57, 2011.

BUSHBERG, J. T. *et al.* IEEE Committee on Man and Radiation-COMAR Technical Information Statement: Health and Safety Issues Concerning Exposure of the General Public to Electromagnetic Energy from 5G Wireless Communications Networks. **Health physics**, v. 119, n. 2, p. 236–246, 2020. Disponível em: <https://journals.lww.com/health-physics/Fulltext/2020/08000/IEEE_Committee_on_Man_and_Radiation_COMAR.7.a.spx>. Acesso em: 18 jan. 2021.

CARLES, C. *et al.* Residential proximity to power lines and risk of brain tumor in the general population. **Environmental Research**, 185, p. 11, jun. 2020.

ÇELIKER M., *et al.* Effects of exposure to 2100 MHz GSM-like radiofrequency electromagnetic field on auditory system of rats. **Braz J Otorhinolaryngol**. 2017, v. 83, p. 691- 696.

CHOI, J. *et al.* Continuous Exposure to 1.7GHz LTE Electromagnetic Fields Increases Intracellular Reactive Oxygen Species to Decrease Human Cell Proliferation and Induce Senescence. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 15, Jun. 2020. Article.

CHOU, C. K., *et al.* Long-term, low-level microwave irradiation of rats. **Bioelectromagnetics**, v. 13, n. 6, p. 469–496, 1992. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1482413/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

DELEN, K.. *et al.* Effects of 2600 MHz Radiofrequency Radiation in Brain Tissue of Male Wistar Rats and Neuroprotective Effects of Melatonin. **Bioelectromagnetics**, v. 42, n. 2, p. 159-172, Feb. 2021.

DILLI, R. Implications of mmWave Radiation on Human Health: State of the Art Threshold Levels. **IEEE Access**, v. 9, p. 13009-13021, 2021.

DODE, Adilza C. Exposição Ambiental a Campos Eletromagnéticos: Ênfase nas Estações Radiobase de Telefonia Celular. **Revista Ecologia Integral**, Ano 3, n.º 14 – maio/junho de 2003a. Belo Horizonte - MG. 2003a.

DODE, Adilza C. **Poluição ambiental e exposição humana a campos eletromagnéticos: estudo de casos no município de Belo Horizonte com ênfase nas estações radiobase de telefonia celular**. 2003. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 175 f. 2003b.

DODE, Adilza. C. **Mortalidade por Neoplasias e a Telefonia Celular no Município de Belo Horizonte, Minas Gerais**. 2010. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. 266 p.

DODE, A. C. *et al.* Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 19, p. 3649-3665, Sep. 2011.

EVANS, N. *et al.* Radiation and cancer: a need for action. [California]: Collaborative on Health and the Environment's, January 2009. Disponível em: <https://www.healthandenvironment.org/docs/xaruploads/RadiationAndCancer2009.pdf>. Acesso em: 02 maio 2022.

FALCIONI, L. *et al.* Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. **Environmental Research**, 165, p. 496-503, Aug. 2018.

FRANCHINI, V.. *et al.* Study of the effects of 0.15 terahertz radiation on genome integrity of adult fibroblasts. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 59, n. 6, p. 476-487, Jul. 2018.

HARDELL, L. World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack (Review). **International journal of oncology**, v. 51, n. 2, p. 405–413, 2017.

HARDELL, L.; CARLBERG, M.; HEDENDAHL, L. K. Radiofrequency radiation from nearby base stations gives high levels in an apartment in Stockholm, Sweden: A case report. **Oncology letters**, v. 15, n. 5, p. 7871–7883, 2018.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**, n. 102(Pt 2), p. 1-460, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304630/>.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA (INCA). Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios / **Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva**. – Rio de Janeiro: INCA, 2021.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION – ICNIRP. Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). **Health Physics**, v. 118, n. 5, p. 483-524, 2020(a). Disponível em: <https://journals.lww.com/health-physics/Fulltext/2020/05000/Guidelines_for_Limiting_Exposure_to.2.aspx>. Acesso em: 10 mar. 2021.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION – ICNIRP. Principles for Non-Ionizing Radiation Protection. **Health Physics**, v.118, n. 5, p. 477- 482, 2020(b). Disponível em: https://journals.lww.com/health-physics/Fulltext/2020/05000/Principles_for_Non_Ionizing_Radiation_Protection.1.aspx. Acesso em: 02 jan. 2021.

KARIMI, A.; MOGHADDAM, F. G.; VALIPOUR, M. Insights in the biology of extremely low-frequency magnetic fields exposure on human health. **Molecular Biology Reports**, v. 47, n. 7, p. 5621-5633, Jul. 2020.

KAUR, S. *et al.* Sensitivity of plants to high frequency electromagnetic radiation: cellular mechanisms and morphological changes. **Reviews in Environmental Science and Bio-Technology**, v. 20, n. 1, p. 55-74, Mar. 2021. Review.

KIM, J. H. *et al.* Possible Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure on Central Nerve System. **Biomolecules & Therapeutics**, v. 27, n. 3, p. 265-275, May 2019.

KOSTOFF, R. N.; GOUMENOU, M.; TSATSAKIS, A. The role of toxic stimuli combinations in determining safe exposure limits. **Toxicology Reports**, v. 5, p. 1169-1172, 2018.

KOSTOFF, R. N. *et al.* Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions. **Toxicology letters**, v. 323, p. 35–40, 2020.

LEFF, Enrique. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. 9. ed. Tradução Lúcia MathildeEndlich Orth. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

LIBERATI, A. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. **Bmj-British Medical Journal**, 339, p. 37, Jul. 2009.

MARCHESAN, A. M. M. As Estações de Radiobase de Telefonia Celular no Contexto de uma Sociedade de Riscos. In: ESCOLA SUPERIOR DO MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO PAULO. **Poluição Eletromagnética: Saúde pública, Meio ambiente, Consumidor e Cidadania: Impacto das radiações das antenas e dos aparelhos celulares**. Caderno Jurídico. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. Ano 3, v. 6, n. 2, abr./jun. 2004. p. 139-155.

MEDEIROS, L. N.; SANCHEZ, T. G. Tinnitus and cell phones: the role of electromagnetic radiofrequency radiation. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 82, n. 1, p. 97-104, Jan-Feb. 2016.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. D. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 17, p. 758-764, 2022.

MORGAN, L. L., *et al.* Mobile phone radiation causes brain tumors and should be classified as a probable human carcinogen (2A) (review). **International journal of oncology**, v. 46, n. 5, p. 1865-1871, 2015.

NAREN; ELHENCE, A.; CHAMOLA, V.; GUIZANI, M. Electromagnetic Radiation Due to Cellular, Wi-Fi and Bluetooth Technologies: How Safe Are We? **IEEE Access**, v. 8, p. 42980-43000, 2020.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM. (NTP) Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in B6C3F1/N Mice Exposed to Whole-body Radio Frequency Radiation at a Frequency (1,900 MHz) and Modulations (GSM and CDMA) Used by Cell Phones: Technical Report 596 [Internet]. Research Triangle Park (NC): **National Toxicology Program**, 2018.

PANAGOPOULOS, D. J. Comparing DNA damage induced by mobile telephony and other types of man-made electromagnetic fields. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research**, v. 781, p. 53-62, 2019.

PANAGOPOULOS, D. J.; *et al.* Human-made electromagnetic fields: Ion forced-oscillation and voltage-gated ion channel dysfunction, oxidative stress and DNA damage (Review). **International Journal of Oncology**, v. 59, n. 5, p. 16, Nov. 2021.

PHILLIPS, A.. Technical Director, Powerwatch, updated November 2001. **Comparing standards for general public RF exposure levels**. 2001.

RODRIGUES, N. C. P. *et al.* The Effect of Continuous Low-Intensity Exposure to Electromagnetic Fields from Radio Base Stations to Cancer Mortality in Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 3, Feb. 2021.

RUBIK B., BROWN R. R. Evidence for a connection between coronavirus disease-19 and exposure to radiofrequency radiation from wireless communications including 5G. **J Clin Transl Res**. v. 7, n.5, p. 666-681.

RUEDIGER, H. W. Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields. **Pathophysiology**, v. 16, n. 2-3, p. 89-102, 2009.

SAGE, C.; CARPENTER, D. O. BioInitiative Working Group. BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Radiation. Atualizado 2014-2020. 2012. <http://www.bioinitiative.org>. Acesso em: 12 mar. 2021.

SAGE, C.; BURGIO, E. Electromagnetic Fields, Pulsed Radiofrequency Radiation, and Epigenetics: How Wireless Technologies May Affect Childhood Development. **Child Development**, v. 89, n. 1, p. 129-136, Jan-Feb. 2018.

SINGH, K. V. *et al.* Effect of mobile phone radiation on oxidative stress, inflammatory response, and contextual fear memory in Wistar rat. **Environmental Science and Pollution Research**, 27, n. 16, p. 19340-19351, Jun. 2020.

SMITH-ROE, S. L. *et al.* Evaluation of the genotoxicity of cell phone radiofrequency radiation in male and female rats and mice following subchronic exposure. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 61, n. 2, p. 276-290, Feb. 2020.

STAM, R. Comparison of international policies on electromagnetic fields (power frequency and radiofrequency fields). **National Institute for Public Health and the**

Environment (RIVM). NL, pp. 1-18. 2018. Disponível em:

<https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/Comparison%20of%20international%20policies%20on%20electromagnetic%20fields%202018.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2022.

STEIN, Y.; UDASIN, I. G. Electromagnetic hypersensitivity (EHS, microwave syndrome) - Review of mechanisms. **Environmental Research**, v. 186, p. 4, Jul. 2020.

SUIÇA. Il Consiglio federale svizzero. **Ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti**. ORNI del 23 dicembre 1999 (Stato 1° giugno 2019). Disponível em: <<https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/2000/38/20190601/it/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-2000-38-20190601-it-pdf-a.pdf>>. Acesso em: 7 fev. 2021.

TAYE, R. R. *et al.* Effect of electromagnetic radiation of cell phone tower on foraging behaviour of Asiatic honey bee, *Apis cerana* F. (Hymenoptera: Apidae). **J Entomol Zool Stud**, v. 5, n. 3, p. 1527-1529, 2017.

TSIANG, A.; HAVAS, M. COVID-19 Attributed Cases and Deaths are Statistically Higher in States and Counties with 5th Generation Millimeter Wave Wireless Telecommunications in the United States. <https://esmed.org/MRA/mra>, v. 9, n. 4, 2021. Research Articles.

TEJO, F. A. F. Impacto dos Campos Eletromagnéticos sobre a saúde e a necessidade de adotar-se o Princípio da Precaução. In: ESCOLA SUPERIOR DO MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO PAULO. **Poluição Eletromagnética: Saúde pública, Meio ambiente, Consumidor e Cidadania: Impacto das radiações das antenas e dos aparelhos celulares**. Caderno Jurídico. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. Ano 3, v. 6, n. 2, abr./jun. 2004. p. 157-196.

WANG, P.; *et al.* Wireless Phone Use and Risk of Adult Glioma: Evidence from a Meta-Analysis. **World Neurosurgery**, v. 115, p. 629–636, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878875018308428>. Acesso em: 09 mar. 2021.

YAHYAZADEH, A. *et al.* The genomic effects of cell phone exposure on the reproductive system. **Environmental Research**, v. 167, p. 684-693, Nov. 2018.

YAKYMENKO, I.; TSYBULIN, O.; SIDORIK, E.; HENSHEL, D. *et al.* Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. **Electromagnetic Biology and Medicine**, v. 35, n. 2, p. 186-202, 2016.

APÊNDICE A – CARTA DE SOLICITAÇÃO À DIRETORIA DA ESCOLA DE ENFERMAGEM PARA REALIZAÇÃO DE MEDIÇÕES DE RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS EM USAS DEPENDÊNCIAS

À Senhora

Diretora da Escola de Enfermagem da UFMG,
Professora Sônia Maria Soares.

Venho, por meio desta carta, apresentar a Vossa Senhoria meu Projeto de TCM. Meu nome é Naiara Chirlei Ferreira Martins, sou aluna da 3ª turma do Mestrado Profissional em Gestão de Serviços de Saúde. O meu Projeto de TCM é intitulado: Monitoramento das Radiações Eletromagnéticas de Alta Frequência Oriundas do Sistema de Telefonia Celular no Campus Saúde da UFMG, orientado pela Profª. Drª. Vanessa de Almeida Guerra e coorientadora Profª. Drª. Mery Natali Silva Abreu. O objetivo é avaliar os níveis de exposição ocupacional e de público em geral das radiações eletromagnéticas oriundas do sistema de telefonia celular, no prédio da Escola de Enfermagem da UFMG, situado na Avenida Professor Alfredo Balena, nº 190. Após a realização das medições, os valores obtidos das radiações eletromagnéticas serão comparados com os limites de exposição humana, de acordo com a Lei Federal n.º 11.934, e com limites internacionais mais restritivos.

A realização da pesquisa justifica-se devido ao fato de diversas evidências científicas de riscos à saúde humana e ambiental ocasionados pela exposição à radiação eletromagnética e também pelo fato da grande importância da Instituição. De acordo com o Ato nº 458 da ANATEL, áreas localizadas a até 50 (cinquenta) metros de hospitais, clínicas, escolas, creches e asilos são consideradas áreas críticas e devem ser alvos das medições para demonstração do atendimento aos limites de exposição humana a CEM. O Campus Saúde da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) é um local de grande relevância social e acadêmica, e também muito frequentado por diversos profissionais, alunos, pesquisadores, pacientes em tratamentos e comunidade em geral que passam longos períodos no local. Os resultados de medições dos CEM externos de RF são informações fundamentais para a avaliação de riscos à saúde das pessoas expostas, sejam elas trabalhadoras ou o público em geral. Sendo o tema em questão de grande relevância para a saúde pública, uma vez que, a literatura apresenta resultados

indicando vários agravos na saúde decorrentes de exposições aos CEM, além da reduzida produção científica sobre o mesmo tema no Brasil, são razões que justificam a realização desse estudo.

Diante do exposto, venho solicitar cordialmente a Vossa Senhoria autorização para realizar as medições dos campos eletromagnéticos nos seguintes locais da Escola de Enfermagem, a saber: nas salas de aulas, nos auditórios, na sala de professores e na sala da diretoria, ambos os locais pertencentes ao departamento dos cursos de graduação e pós-graduação da Gestão de Serviços de Saúde. De acordo com os autores Hardell, Carlberg e Hedendahl (2018), as medições de radiação eletromagnéticas devem ser realizadas de forma mais detalhada em locais onde as pessoas tendem a ocupar ou permanecerem por maior período de tempo, que são considerados locais de grande interesse. Os locais foram escolhidos levando-se em consideração a frequência de ocupação e o tempo de permanência das pessoas que trabalham, estudam ou frequentam os locais.

Para a realização da pesquisa, serão adotadas as seguintes medidas: garantia de não exposição de imagem de nenhuma pessoa em fotos, respeito de distanciamento de no mínimo 1,5 metros do posicionamento dos aparelhos em relação à posição das pessoas presentes no local. As medições apenas serão realizadas com prévia autorização dos departamentos responsáveis e com agendamento prévio. A realização desta pesquisa trará como benefício a apresentação de relatório técnico com todos os dados das medições realizadas à diretoria da Escola de Enfermagem da UFMG.

Naiara Chirlei Ferreira Martins

Prof^a. Dr^a. Vanessa de Almeida

Prof^a. Dr^a. Mery Natali Silva Abreu

**APÊNDICE B – RESULTADO DAS MEDIÇÕES DAS RADIAÇÕES
ELETROMAGNÉTICAS. DATA: 19/02/2022.**

Pontos de Medição	Local	Campo "E" Valor Médio (V/m)	Campo "E" Valor Máximo (V/m)	Densidade de Potência "S" ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
Ponto 1	Estacionamento	1,315	1,412	0,529
Ponto 2	Portaria 1 - (1º andar)	0,090	0,100	0,003
Ponto 3	Seção de Patrimônio - (1º andar)	0,158	0,169	0,008
Ponto 4	Auditório Maria Sinno - sala 116 - (1º andar)	0,112	0,113	0,003
Ponto 5	Centro de Memória - sala 108 - (1º andar)	0,069	0,072	0,001
Ponto 6	Congregação - sala 106 - (1º andar)	0,049	0,052	0,001
Ponto 7	REME - sala 104 - (1º andar)	0,048	0,056	0,001
Ponto 8	Secretaria Pós (1º andar)	0,047	0,050	0,001
Ponto 9	Coordenação Educação Prof. - sala 100 - (1º andar)	0,048	0,057	0,001
Ponto 10	Área de Lazer 030 - Térreo	0,057	0,060	0,001
Ponto 11	Corredor próximo ao elevador - Térreo	0,064	0,074	0,001
Ponto 12	Casa de Máquina 010 - Térreo	0,039	0,040	0,000
Ponto 13	Seção de Serviços Gerais 022 - Térreo	0,400	0,440	0,051
Ponto 14	Portaria - (2º andar)	1,026	1,160	0,357
Ponto 15	Corredor, próximo ao relógio de ponto - (2º andar).	1,576	1,608	0,686
Ponto 16	Diretoria - sala 217 - (2º andar)	0,442	0,463	0,057
Ponto 17	Secretaria Geral - sala 215 - (2º andar)	0,050	0,065	0,001
Ponto 18	Vice Diretoria - sala 219 - (2º andar)	0,3	0,49	0,064
Ponto 19	Superintendência Geral - (2º andar)	0,167	0,172	0,008
Ponto 20	Recepção Secretaria Geral - (2º andar)	0,139	0,142	0,005
Ponto 21	Coordenação do Colegiado Enfermagem- (2º andar)	0,205	0,31	0,025
Ponto 22	Secretaria dos Colegiados da Graduação - (2º andar)	0,18	0,24	0,015
Ponto 23	Coordenação de Gestão - (2º andar)	0,26	0,86	0,196
Ponto 24	Coordenação de Nutrição - (2º andar)	0,04	0,05	0,001
Ponto 25	Seção de Ensino 203 - (2º andar)	0,059	0,065	0,001
Ponto 26	Corredor próximo aos elevadores - (2º andar)	0,172	0,219	0,013
Ponto 27	Secretaria 222- (2º andar)	0,198	0,328	0,029
Ponto 28	Laboratório de Informática 210 - (2º andar)	0,27	0,272	0,020
Ponto 29	Sala de Professores 214 - (2º andar)	0,109	0,11	0,003

Ponto 30	NAPQ CENEX 216 - (2º andar)	0,82	0,69	0,126
Ponto 31	Sala de Professores 218 - (2º andar)	0,049	0,055	0,001
Ponto 32	Sala de Professores 220 - (2º andar)	0,082	0,084	0,002
Ponto 33	Assessoria de Comunicação 208 - (2º andar)	0,134	0,139	0,005
Ponto 34	Sala de Professores 202 - (2º andar)	0,32	0,374	0,037
Ponto 35	Sala de Professores 204 - (2º andar)	0,211	0,229	0,014
Ponto 36	Sala de Professores 206 - (2º andar)	0,128	0,134	0,005
Ponto 37	Sala de Professores 228 - (2º andar)	0,219	0,236	0,015
Ponto 38	Sala de Professores 200 - (2º andar)	0,138	0,142	0,005
Ponto 39	Sala de Professores 230 - (2º andar)	0,112	0,125	0,004
Ponto 40	Laboratório 305 - (3º andar)	0,076	0,091	0,002
Ponto 41	Laboratório 313 - (3º andar)	0,087	0,091	0,002
Ponto 42	Laboratório 315 - (3º andar)	0,083	0,090	0,002
Ponto 43	Laboratório 317 - (3º andar)	0,076	0,090	0,002
Ponto 44	Laboratório 319 - (3º andar)	0,084	0,087	0,002
Ponto 45	Laboratório 321 - (3º andar)	0,081	0,083	0,002
Ponto 46	Sala de Professores 312 - (3º andar)	0,358	0,49	0,064
Ponto 47	Sala de Professores 314 - (3º andar)	0,289	0,324	0,028
Ponto 48	Sala de Professores 316 - (3º andar)	0,48	0,489	0,063
Ponto 49	Sala de Professores 318 - (3º andar)	0,189	0,234	0,015
Ponto 50	Sala de Professores 320 - (3º andar)	0,352	0,46	0,056
Ponto 51	Sala de Professores 322 - (3º andar)	0,361	0,47	0,059
Ponto 52	Sala de Professores 324 - (3º andar)	0,294	0,358	0,034
Ponto 53	Secretaria Pós Nutrição e Saúde 326	0,05	0,061	0,001
Ponto 54	Corredor em frente aos elevadores - (3º andar)	0,466	0,474	0,060
Ponto 55	Laboratório de Informática 300 - (3º andar)	0,091	0,169	0,008
Ponto 56	Sala de apoio 332 - (3º andar)	0,054	0,073	0,001
Ponto 57	Corredor Norte/Sul - (3º andar)	0,83	0,89	0,210
Ponto 58	Sala de Professores 334 - (3º andar)	0,075	0,08	0,002
Ponto 59	Laboratório 301 - (3º andar)	0,192	0,232	0,014
Ponto 60	Corredor Norte/Sul - (4º andar)	0,738	0,96	0,244
Ponto 61	Sala de Aula 401 - (4º andar)	0,262	0,315	0,026
Ponto 62	Sala de Aula 409 - (4º andar)	0,160	0,312	0,026
Ponto 63	Sala de Aula 411 - (4º andar)	0,158	0,311	0,026

Ponto 64	Sala de Aula 413 - (4º andar)	0,139	0,315	0,026
Ponto 65	Sala de Aula 415 - (4º andar)	0,262	0,289	0,022
Ponto 66	Sala de Professores 428- (4º andar)	0,133	0,139	0,005
Ponto 67	Secretaria EMI 426- (4º andar)	0,120	0,131	0,005
Ponto 68	Sala de Professores 410- (4º andar)	0,68	0,82	0,178
Ponto 69	Sala de Professores 412- (4º andar)	0,685	0,795	0,168
Ponto 70	Sala de Professores 414- (4º andar)	0,684	0,77	0,157
Ponto 71	Sala de Professores 416- (4º andar)	0,794	0,915	0,222
Ponto 72	Sala de Professores 418- (4º andar)	0,698	0,82	0,178
Ponto 73	Sala de Professores 420- (4º andar)	0,756	0,836	0,185
Ponto 74	Sala de Professores 422- (4º andar)	0,847	0,851	0,192
Ponto 75	Anfiteatro Colegiado da Pós 432 - (4º andar)	0,19	0,204	0,011
Ponto 76	Sala de Professores 400 - (4º andar)	0,208	0,236	0,015
Ponto 77	Sala de Professores 402 - (4º andar)	0,212	0,236	0,015
Ponto 78	Sala de Professores 404 - (4º andar)	0,209	0,23	0,014
Ponto 79	Sala de Professores 434 - (4º andar)	0,218	0,235	0,015
Ponto 80	Corredor em frente aos elevadores - (5º andar)	0,329	0,359	0,034
Ponto 81	Secretaria do ENA 526 - (5º andar)	0,360	0,417	0,046
Ponto 82	Chefia do ENA 524 - (5º andar)	0,358	0,412	0,045
Ponto 83	Sala de Professores 508 - (5º andar)	0,450	0,480	0,061
Ponto 84	Sala de Professores 510 - (5º andar)	0,436	0,473	0,059
Ponto 85	Sala de Professores 514 - (5º andar)	0,452	0,480	0,061
Ponto 86	Sala de Professores 516 - (5º andar)	0,441	0,476	0,060
Ponto 87	Sala de Professores 518 - (5º andar)	0,438	0,464	0,057
Ponto 88	Sala de Professores 520 - (5º andar)	0,446	0,452	0,054
Ponto 89	Sala de Professores 522 - (5º andar)	0,368	0,480	0,061
Ponto 90	Corredor Norte/Sul - (5º andar)	1,063	1,170	0,363
Ponto 91	Sala de Aula 507 - (5º andar)	0,21	0,238	0,015
Ponto 92	Sala de Aula 509 - (5º andar)	0,145	0,248	0,016
Ponto 93	Sala de Aula 511 - (5º andar)	0,189	0,215	0,012
Ponto 94	Sala de Aula 513 - (5º andar)	0,232	0,245	0,016
Ponto 95	Anfiteatro Roseni 504 - (5º andar)	0,241	0,252	0,017
Ponto 96	Anfiteatro Laís Neto 528 - (5º andar)	0,251	0,308	0,025

Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

APÊNDICE C – Produto Técnico

EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA: uma revisão integrativa

Naiara Chirlei Ferreira Martins
Dra. Vanessa de Almeida
Dra. Mery Natali Silva Abreu
Dra. Adilza Condessa Dode

RESUMO

Devido ao intenso desenvolvimento de tecnologias usando eletricidade nas últimas décadas, os campos eletromagnéticos (CEM) estão presentes em todos os ambientes vivos. A exposição à radiação de baixa frequência (RBF) é considerada um agente externo potencialmente nocivo às células pelo fato de ser correlacionado ao aumento de Espécies Reativas de Oxigênio (ERO), resultando no estresse oxidativo a nível celular, podendo ocasionar variação na bioatividade e estar associada à causa de doenças. A exposição ao WCR é um estressor ambiental generalizado, mas, muitas vezes, negligenciado, que pode produzir uma gama de bioefeitos adversos. Este artigo tem como objetivo analisar evidências científicas sobre os principais efeitos biológicos causados pela exposição à radiação eletromagnética. A busca na literatura foi realizada nas seguintes bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Web of Science*, *National Library of Medicine* (PubMed/Medline), Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e Google Acadêmico. Nos estudos analisados nesta revisão integrativa, foram apontados diversos efeitos biológicos adversos relacionados à exposição ambiental aos CEM, tais como: danos ao DNA, ROS, genotoxicidade, senescência, câncer, enfraquecimento da imunidade, infertilidade e comprometimento de órgãos reprodutores, hipersensibilidade eletromagnética, distúrbios neurológicos e cognitivos. Entretanto, é importante considerar que o assunto ainda é muito controverso devido grande heterogeneidade nos desenhos de estudo, resultados inconsistentes e limitações metodológicas em vários estudos.

Palavras-chave: Radiações Eletromagnéticas. Efeitos Biológicos. Riscos à Saúde.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao intenso desenvolvimento de tecnologias usando eletricidade nas últimas décadas, os campos eletromagnéticos (CEM) estão presentes em todos os ambientes vivos (CARLES *et al.*, 2020).

Exemplos de EMFs artificiais na faixa de radiofrequência (RF) no ambiente incluem telefones celulares, antenas e estações base (tecnologia 2G, 3G, 4G) e sistemas e dispositivos de telecomunicações específicos, incluindo *Global system for*

mobile (GSM), universal mobile sistemas de telecomunicações, evolução em longo prazo, linhas de rádio de micro-ondas, telefonia sem fio digital aprimorada padrão, telefones sem fio, *laptops*, *tablets*, leitores eletrônicos, redes de internet sem fio (Wi-Fi), rede local sem fio (LAN), unidades de exibição de vídeo, rádio, televisão, consoles de videogame sem fio e medidores sem fio de uso de água e gás. A tecnologia 5G está atualmente em desenvolvimento e potencialmente aumentará a exposição (STEIN, UDASIN, 2020).

Embora os CEM sejam menos citotóxicos do que a radioatividade ou certos produtos químicos citotóxicos, eles representam os estressores citotóxicos diários mais persistentes contra os quais quaisquer mecanismos de reparo não podem ser suficientemente eficientes. Diversos estudos experimentais e epidemiológicas relacionam cada vez mais a exposição a ELF e EMFs com problemas de saúde, danos/alterações genéticas (danos no DNA, danos nos cromossomos e mutações, entre outros), morte celular, infertilidade e câncer (PANAGOPOULOS *et al.*, 2021).

A exposição à radiação de baixa frequência (RBF) é considerada um agente externo potencialmente nocivo às células pelo fato de ser correlacionado ao aumento de Espécies Reativas de Oxigênio (ERO), resultando no estresse oxidativo a nível celular, podendo ocasionar variação na bioatividade e estar associada à causa de doenças. A indução de radicais de oxigênio ou interferência com processos de reparo de DNA foi proposta como possíveis mecanismos pelos quais a RFR poderia causar danos ao DNA (RUEDIGER, 2009; YAKYMENKO *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, os efeitos adversos à saúde dos CEM emitidos por telefones celulares e dispositivos sem fio, como o Wi-Fi, aumentaram as preocupações sociais e científicas. Pessoas em todos os lugares, como em casa, no local de trabalho, em áreas habitadas coletivamente e nas escolas, estão expostas à radiação de radiofrequência (RF) emitida por telefones celulares e dispositivos Wi-Fi (AKDAG *et al.*, 2016).

A exposição ao WCR é um estressor ambiental generalizado, mas, muitas vezes, negligenciado, que pode produzir uma gama de bioefeitos adversos (RUBIK, BROWN, 2021). Os telefones celulares são uma fonte muito popular de RFR e as pessoas os mantêm perto de seus corpos mesmo enquanto dormem. Portanto, eles estão se tornando cada vez mais perigosos para a saúde humana (DELEN *et al.*, 2021). O número de estudos de revisão por pares publicados, mostrando danos no

DNA e efeitos relacionados induzidos por CEM de radiofrequência (RF)/microondas, especialmente por EMFs de telefonia móvel (MT), em uma variedade de organismos/tipos de células sob diferentes condições experimentais, aumentou consideravelmente nos últimos anos (PANAGOPOULOS, 2019).

A dedicação ao tema por parte da comunidade científica visa discutir, mensurar e comprovar a quais riscos os seres humanos estão expostos, a fim de proteger a população com normas mais restritivas quanto à exposição eletromagnética e limitações de usos seguros dos aparelhos eletroeletrônicos. Nessa perspectiva, este artigo tem como objetivo analisar evidências científicas sobre os principais efeitos biológicos causados pela exposição à radiação eletromagnética.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Adotou-se a perspectiva da pesquisa de Revisão Integrativa, tendo em vista o seu potencial de mapear e analisar a produção científica em diferentes áreas do conhecimento, podendo apontar possíveis lacunas e campos de silenciamento (MENDES, 2008). A pesquisa de Revisão Integrativa possibilita a síntese de estudos já realizados, podendo ampliar a compreensão e apresentar conclusões acerca de um fenômeno. A fim de cumprir o rigor metodológico para atender aos requisitos da revisão integrativa, foram percorridas seis etapas: estabelecimento da hipótese e objetivos da revisão integrativa, estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão de artigos (seleção da amostra), definição das informações a serem extraídas dos artigos selecionados, análise dos resultados, discussão e apresentação dos resultados (MENDES, 2008). Ressalta-se que a análise crítica das publicações selecionadas foi considerada e tratada de forma descritiva, qualitativa e os resultados apresentados seguiram o rigor e recomendações da ferramenta PRISMA (LIBERATI *et al.*, 2019).

A questão norteadora foi: “Quais os principais efeitos biológicos ocasionados pela exposição à radiação eletromagnética referendados na literatura nacional e internacional?”. A busca na literatura foi realizada nas seguintes bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Web of Science*, National

Library of Medicine (PubMed/Medline), Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e Google Acadêmico.

Para a seleção dos artigos foram considerados os seguintes descritores em saúde (decs.bvs.br) combinados com operadores booleanos: "*Electromagnetic Radiation*", "*Electromagnetic Fields*", "*Radiation Effects*", "*Biological Effects*", "*Radiation Exposure*". Na estratégia de busca implementada para o cruzamento, utilizou-se o operador booleano "AND" para associar os descritores, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Referências encontradas nos respectivos cruzamentos (n=263).

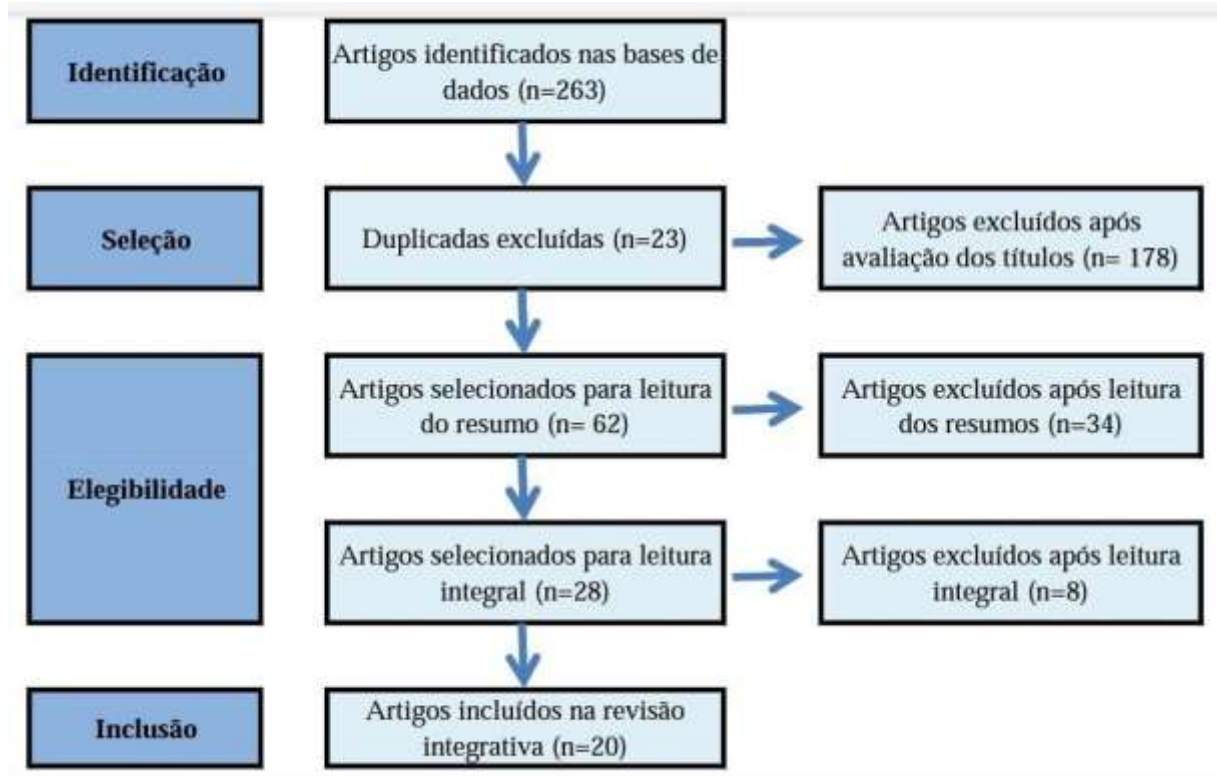
BASE	ESTRATÉGIA DE BUSCA	Número de artigos
Web Of Science	((TS=(Electromagnetic Radiation)) AND TS=("Biological effects")) AND ALL=(Radiation Exposure)	90
Scientific Electronic Library Online (SciELO)	((*"Electromagnetic Radiation") OR ("biological effects") AND ("Radiation Effects") OR ("Radiation Exposure"))	60
National Library of Medicine (PubMed/Medline)	(("Electromagnetic Radiation") AND (biological effects)) AND ("Radiation Effects")	32
Biblioteca Virtual em Saúde (BVS)	("Electromagnetic Radiation") OR ("Electromagnetic Fields") AND ("Radiation Effects") AND ("Radiation Exposure") AND (fulltext:("1")) AND (year_cluster:[2016 TO 2021])	45
Google Acadêmico	"Electromagnetic Radiation" AND "Radiation Exposure" AND "Radiation Effects " AND "Biological Effects" AND "Electromagnetic Pollution"	36

Fonte: banco de dados das autoras.

Como critérios de inclusão, delimitaram-se apenas artigos publicados entre os anos de 2016 a 2021 com estudos que respondem à questão norteadora, com textos completos disponíveis na íntegra online em quaisquer idiomas. Foram excluídas a literatura cinzenta (tese, dissertação, monografias, livros, protocolos, manuais, entre outros documentos não indexados) e os arquivos que não responderam à questão de pesquisa. Após a seleção dos artigos, estes foram submetidos à ferramenta de gerenciamento bibliográfico *EndNote web*, a fim de excluir os artigos duplicados (n=23).

A análise crítica dos estudos foi fundamentada na análise de conteúdo, de modo a apresentar as evidências científicas acerca dos efeitos biológicos ocasionados pela exposição à radiação eletromagnética. Para apresentação dos estudos incluídos na revisão integrativa, utilizou-se o fluxograma (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma informativo das fases da revisão integrativa.



Fonte: Banco de dados das autoras.

3. RESULTADOS

A caracterização dos artigos analisados assim se descreve: dois (10%) foram publicados em 2016, três (15%), em 2018; quatro (20%), em 2019; cinco (25%), em 2020 e seis (30%), em 2021. Dos 20 artigos selecionados (Quadro 1), 6 estudos (30%) foram encontrados no *Web Of Science*, 1 (5%), no SciELO, 4 deles (20%), nas bases *PubMed/Medline*, 7 (35%), na BVS e 2 (10%), no Google Acadêmico. No Quadro 1, são apresentados os resultados da pesquisa bibliográfica, cuja organização se dá conforme o título, os autores, o periódico de publicação, o ano e os objetivos. No Quadro 2, são apresentados os Métodos e os Principais Resultados / Conclusão dos artigos analisados.

Quadro 1 – Caracterização dos artigos analisados na revisão integrativa

Artigo	Título	Autores	Periódico	Ano	Objetivo
A1	Evidence for a connection between coronavirus disease-19 and exposure to radiofrequency radiation from wireless communications including 5G	Rubik, Beverly, and Robert R Brown.	Journal of clinical and translational research	2021	Examinar a literatura científica revisada por pares sobre os bioefeitos prejudiciais da radiação de comunicações sem fio [WCR] e identificar mecanismos pelos quais a WCR pode ter contribuído para a pandemia de COVID-19 como um cofator ambiental tóxico.
A2	Implications of mmWave Radiation on Human Health: State of the Art Threshold Levels	RAVILLA DILLI	Environmental Research	2021	Revisão da literatura sobre os entendimentos atuais dos efeitos biológicos e estudos epidemiológicos devido à radiação de ondas milimétricas em seres humanos.
A3	Effects of 2600 MHz Radiofrequency Radiation in Brain Tissue of Male Wistar Rats and Neuroprotective Effects of Melatonin	Delen, K. <i>et al.</i>	Bioelectromagnetics	2021	Investigar os efeitos de 2.600 MHz RFR e melatonina na bioquímica e histologia do tecido cerebral de ratos machos.
A4	Effects of mobile phone exposure on metabolomics in the male and female reproductive systems	Altun, G. <i>et al.</i>	ENVIRONMENTAL RESEARCH	2018	Discutir os efeitos da metabolômica induzida por EMF nos sistemas reprodutivos masculino e feminino causados pela exposição de telefones celulares a EMF à luz da pesquisa atual.
A5	Study the electromagnetic radiation effects on testicular function of male rats by biochemical and histopathological.	Ali BMH (2020)	EurAsian Journal of BioSciences	2020	Investigar os efeitos de RF-EMRs emitidos por telefones celulares e estações geradoras de rádio em Camundongos machos Wistar.
A6	Does prolonged radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi devices induce DNA damage in various tissues of rats?	Akdag <i>et al.</i>	Journal of Chemical Neuroanatomy	2016	Revelar se a exposição em longo prazo de 2,4 A radiação de RF de frequência de GHz causará danos ao DNA de diferentes tecidos, como cérebro, rim, fígado e tecido da pele e tecidos testiculares de ratos.

A7	Tinnitus and cell phones: the role of electromagnetic radiofrequency radiation	Luisa Nascimento Medeiros. Tanit Ganz Sanchezb.	Elsevier. Braz J Otorhinolaryngol	2016	Avaliar as evidências disponíveis sobre a possível associação causal entre zumbido e exposição a ondas eletromagnéticas.
A8	Human-made electromagnetic fields: Ion forced-oscillation and voltage-gated ion channel dysfunction, oxidative stress and DNA damage (Review).	Panagopoulos <i>et al.</i>	International Journal of Oncology	2021	Sugerir um mecanismo biofísico primário realista para saber como os EMFs feitos pelo homem em intensidades ambientais são capazes de danificar o DNA e outras moléculas biológicas, resultando em danos genéticos e carcinogênese.
A9	Effect of mobile phone radiation on oxidative stress, inflammatory response, and contextual fear memory in Wistar rat	Kumari Vandana Singh, <i>et al.</i>	Environmental Science and Pollution Research	2020	Determinar simultaneamente se a exposição de longo prazo (16 semanas) à radiação MP-RF-EMF induz estresse oxidativo hipocampal, resposta inflamatória e desregulação do eixo HPA e afeta a memória contextual do medo em ratos Wistar.
A10	Comparing DNA damage induced by mobile telephony and other types of man-made electromagnetic fields	Dimitris J. Panagopoulos	Mutation Research-Reviews in Mutation Research	2019	Comparar a fragmentação de DNA induzida por seis EMFs diferentes no mesmo sistema biológico - a oogênese de <i>Drosophila melanogaster</i> - sob condições e procedimentos idênticos.
A11	The Effect of Continuous Low-Intensity Exposure to Electromagnetic Fields from Radio Base Stations to Cancer Mortality in Brazil	Rodrigues, N. C. P. <i>et al.</i>	International Journal of Environmental Research and Public Health.	2021	Estimar a taxa de mortalidade por câncer de acordo com a exposição à radiofrequência RBS, principalmente pelos cânceres de mama, colo do útero, pulmão e esôfago, que estão entre os cânceres mais comuns no Brasil para homens, mulheres ou ambos os sexos.
A12	Possible Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure on Central Nerve System	Kim <i>et al.</i>	Biomolecules & Therapeutics	2019	Resumir os estudos recentes sobre os possíveis efeitos biológicos sugeridos da exposição a RF-EMFs.
A13	Electromagnetic hypersensitivity (EHS, microwave syndrome) – Review of mechanisms	Yael Stein, Iris G. Udasin,	Environmental Research	2020	Discutir fontes de exposição e medições de exposição, bem como medições objetivas/testes clínicos para explicar sintomas e efeitos à saúde experimentados em pacientes expostos a EMF.

A14	Insights in the biology of extremely low-frequency magnetic fields exposure on human health	Abbas Karimi, Farzaneh Ghadiri Moghaddam & Masoumeh Valipour	Molecular Biology Reports	2020	Discutir o progresso recente na compreensão da biologia dos campos magnéticos de frequência extremamente baixa (ELF-EMF) com foco nos mecanismos de doença mediada por ELF-EMF e resumir os resultados de estudos experimentais e epidemiológicos mais recentes dos efeitos da exposição a ELF-EMF no câncer, neurológico, cardiovascular, e distúrbios reprodutivos.
A15	Bio-physical effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMR) on blood parameters, spermatozoa, liver, kidney and heart of albino rats	EA Adebayo A.O. Adeeyo M.A. Ogundiran aO. Olabisi	Journal of King Saud University - Science	2019	Determinar a consequência da radiação eletromagnética de radiofrequência (aproximadamente 1800 MHz) (RF-EMR) nas propriedades histológicas, hematológicas e histoquímicas de tecidos selecionados de ratos e avaliar as alterações morfológicas associadas a tais exposições.
A16	The genomic effects of cell phone exposure on the reproductive system	Yahyazadeh <i>et al.</i>	Environmental Research	2018	Revisar a literatura atual e tem como objetivo contribuir para uma melhor compreensão dos efeitos genotóxicos dos EMF emitidos por telefones celulares e sistemas sem fio no sistema reprodutivo humano, especialmente na fertilidade.
A17	Systematic review on the biological effects of electric, magnetic and electromagnetic fields in the intermediate frequency range (300 Hz to 1 MHz)	Bodewein <i>et al.</i>	Environmental Research	2019	Fornecer uma atualização do estado da pesquisa e avaliar o potencial de efeitos adversos de campos elétricos (EF), campos magnéticos (MF) ou campos eletromagnéticos (EMF) na faixa de frequência intermediária (IF) (300 Hz a 1 MHz) em sistemas biológicos.
A18	Continuous Exposure to 1.7 GHz LTE Electromagnetic Fields Increases Intracellular Reactive Oxygen Species to Decrease Human Cell Proliferation and Induce Senescence	Choi <i>et al.</i>	Scientific Reports	2020	Investigar os efeitos não térmicos de 1,7 GHz LTE RF-EMF no crescimento de várias células humanas.
A19	Sensitivity of plants to high frequency electromagnetic radiation: cellular mechanisms and	Kaur, S., Vian, A., Chandel, S. <i>et al.</i>	Reviews in Environmental Science and Bio/Technology	2021	Fornecer uma avaliação crítica dos relatórios disponíveis sobre os impactos dessas radiações no desenvolvimento das plantas e os mecanismos fisiológicos, bioquímicos

	morphological changes				e moleculares envolvidos.
A20	Study of the effects of 0.15 terahertz radiation on genome integrity of adult fibroblasts	Franchini, V.	Environmental and Molecular Mutagenesis	2018	Avaliar os efeitos da exposição à radiação das tecnologias Terahertz (THz) na integridade do genoma de células HDF, ciclo celular, ultraestrutura citológica e expressão de proteínas.

Fonte: Banco de dados das autoras.

Quadro 2 – Principais Resultados e Conclusão dos artigos

Artigo	Método	Principais Resultados / Conclusão
A1	Revisão de literatura	Evidências apoiam que as radiações de comunicações sem fio [WCR] podem ter exacerbado a pandemia de COVID-19 ao enfraquecer a imunidade do hospedeiro e aumentar a virulência de SARS-CoV-2 por causar alterações morfológicas em eritrócitos; prejudicar a microcirculação e reduzir os níveis de hemoglobina e eritrócitos, exacerbando a hipóxia; amplificar a disfunção imunológica, incluindo imunossupressão, autoimunidade e hiperinflamação; aumentar o estresse oxidativo celular e a produção de radicais livres; além de promover vias pró-inflamatórias; e agravamento das arritmias cardíacas e distúrbios cardíacos.
A2	Revisão de literatura	O uso a longo prazo de MS aumenta o risco de tumores cerebrais e a exposição a EMFs de RF em frequências mmWave causa carcinogênese. Foram observados excessos de enxaqueca, vertigem, efeitos prejudiciais na reprodução feminina, masculina e hipersensibilidade eletromagnética.
A3	Estudo de coorte	A exposição ao RFR de 2.600 MHz por 30 dias (30 min/dia) diminuiu os parâmetros antioxidantes e aumentou os parâmetros oxidativos no tecido cerebral de ratos machos. Além disso, a exposição RFR causou alterações estruturais e aumento da apoptose e danos ao DNA no tecido cerebral. Também foi observado que a melatonina exógena reduziu significativamente esses efeitos.
A4	Revisão de literatura	EMF emitido por telefones celulares tem uma série de efeitos metabólicos adversos bem documentados nos sistemas reprodutivos masculino e feminino e pode levar à infertilidade aumentando a produção de ROS e reduzindo GSH e outros antioxidantes.
A5	Estudo de coorte	A exposição crônica a RF-EMR de um telefone celular por duas horas por dia por um período de 14 dias afeta os hormônios masculinos de ratos de laboratório. Observou-se comprometimento da função testicular, diminuição no valor dos hormônios sexuais, diminuição na contagem de espermatozoides, formato e desenvolvimento alterados nos grupos experimentais.

A6	Estudo de coorte	A exposição prolongada à radiação de RF de 2,4 GHz (Wi-Fi) causou um aumento não significativo no dano ao DNA do cérebro, fígado, rim e tecido cutâneo de ratos. No entanto, o uso a longo prazo de provedores de internet sem fio de radiofrequência de 2,4 GHz pode causar um risco potencial de danos ao DNA nos testículos. A radiação de RF de baixa intensidade pode afetar a fertilidade masculina.
A7	Revisão de literatura	As REM-RF apresentam efeitos termogênicos comprovados e potenciais efeitos biológicos e genotóxicos. Alguns indivíduos são mais sensíveis à exposição eletromagnética (eletrossensibilidade) e, portanto, adquirem sintomas precocemente. A fisiopatologia da eletrossensibilidade pode ser semelhante à do zumbido.
A8	Revisão de literatura	A exposição a ELF puramente e RF (contendo ELF) CEMs promove danos ao DNA e patologias relacionadas, incluindo câncer. Está documentado que ambos os tipos de exposição a CEM de origem humana podem induzir OS, danos ao DNA e infertilidade. Os mesmos tipos de exposição a CEM estão associados ao aumento do risco de câncer tanto em humanos quanto em animais experimentais.
A9	Estudo de coorte	A exposição de longo prazo à radiação do telefone celular realmente tem um impacto na imunidade, no estresse oxidativo do hipocampo, resposta inflamatória e desregulação de hormônios do eixo hipotálamo-pituitáriaadrenal (HPA).
A10	Estudo de coorte	Os EMFs MT (GSM 900, GSM 1800) são muito mais prejudiciais do que os MFs de 50 Hz, ou o PEF. Além disso, descobriu-se que a exposição a EMF MT induz a fragmentação de DNA em células ovarianas de <i>Drosophila</i> mais do que outros tipos de estresse externo examinados anteriormente, como certos produtos químicos (etoposídeo ou estaurosporina), fome ou desidratação. A fragmentação do DNA observada é um efeito indireto, uma vez que os CEMs comparados no presente estudo são não ionizantes, ou seja, não causam ionização direta.
A11	Estudo Ecológico	Quanto maior a exposição à radiofrequência RBS, maior a mortalidade por câncer. A análise espacial mostrou que a maior exposição à radiofrequência RBS foi observada em uma cidade do sul do Brasil que também apresentou a maior taxa de mortalidade para todos os tipos de câncer e especificamente para câncer de pulmão e mama, por câncer, especialmente para o câncer de colo do útero.
A12	Revisão de Literatura	Uma variedade de efeitos neurológicos pode ocorrer como resultado da exposição a RF-EMF devido à proximidade do sistema nervoso craniano e ao local onde o telefone celular é predominantemente usado. Essas anormalidades neurológicas incluem dor de cabeça, mudanças nos hábitos de sono, e mudanças no EEG, distúrbios cognitivos neurológicos, como cefaleia, tremor, tontura, perda de memória, perda de concentração e distúrbios do sono devido a RF-EMF.
A13	Revisão de Literatura	Muitos pacientes hipersensíveis parecem ter sistemas de desintoxicação prejudicados que ficam sobrecarregados pelo estresse oxidativo excessivo. EMF pode induzir mudanças nas cascatas de sinalização de cálcio, ativação significativa de processos de radicais livres e superprodução de espécies reativas de oxigênio (ROS) em células vivas, bem como funções neurológicas e cognitivas alteradas e ruptura da barreira hematoencefálica.
A14	Revisão de literatura	Evidências epidemiológicas acumuladas indicam uma correlação entre exposição a ELF-EMF e incidência de câncer infantil, doença de Alzheimer (DA) e aborto espontâneo. As evidências in vivo e in vitro confirmam a associação entre quebras de fitas de DNA e exposição a ELF-EMF.

A15	Estudo de coorte	A radiação eletromagnética por radiofrequência pode induzir alterações morfológicas em vários tecidos de sistemas vivos em ratos. Alguns dos órgãos examinados mostraram alterações histológicas, hematológicas e histoquímicas diferentes do normal. O estudo estabeleceu que os órgãos reprodutivos de ratos machos estavam seriamente comprometidos, o que pode ter efeito semelhante em mamíferos superiores.
A16	Revisão de Literatura	A literatura atual revela que os telefones celulares podem afetar as funções celulares por meio de efeitos não térmicos. Os estudos sobre os efeitos genotóxicos de EMF geralmente se concentram em danos ao DNA. Os possíveis mecanismos estão relacionados à formação de ROS devido ao estresse oxidativo. EMF aumenta a produção de ROS, aumentando a atividade da NADH oxidase na membrana celular. EMF afetou espermatozoides pode ocasionar infertilização.
A17	Revisão de Literatura	Devido à grande heterogeneidade nos desenhos de estudo, bem como os resultados inconsistentes e limitações metodológicas em muitos estudos, a qualidade da evidência para efeitos adversos permanece inadequada para tirar uma conclusão sobre os efeitos biológicos investigados de campos IF para a maioria dos desfechos. Limitações metodológicas reduziram a credibilidade dos resultados.
A18	Estudo de coorte	A exposição RF-EMF 1,7 GHz LTE leva a uma mudança nos níveis de ROS intracelulares que podem resultar em estresse genotóxico, diminuição da proliferação e senescência celular, ou nenhum efeito fisiológico dependendo da concentração de ROS e da sensibilidade diferencial de várias células para ROS.
A19	Revisão de Literatura	A EMF-r interfere no crescimento e desenvolvimento das plantas em nível molecular ou de planta inteira, envolvendo claramente alguns fatores (cálcio, ROS, metabólitos secundários, ATP) das respostas das plantas aos estímulos ambientais. Existem evidências convincentes para considerar EMF-r como sinais ambientais reais que as plantas possivelmente integram em seu desenvolvimento.
A20	Estudo de coorte	Evidências confirmam que a exposição à radiação THz in vitro causa efeitos não térmicos no genoma. A exposição do HDF à radiação THz resultou em danos ao genoma, como evidenciado pelo aumento significativo da frequência total de MN. Como as propriedades aneugênicas dos campos eletromagnéticos THz foram detectadas em condições de exposição abaixo dos limites de segurança atuais, são necessários mais estudos para proteção humana.

Fonte: Banco de dados das autoras.

De acordo com o levantamento bibliográfico (Quadro 2 – Principais Resultados e Conclusão dos artigos), observou-se que os principais efeitos biológicos ocasionados pela exposição à RF foram: enfraquecimento da imunidade (A1, A9); câncer (A2, A8, A11, A14); infertilidade e comprometimento de órgãos reprodutores (A2, A4, A5, A6, A8, A10, A14, A15, A16); hipersensibilidade eletromagnética (A2, A13); danos ao DNA, ROS, genotoxicidade e senescência (A3, A4, A7, A8, A9, A10, A13, A14, A15, A16, A18, A20); estressor ambiental (A19); distúrbios neurológicos e cognitivos (A12, A13, A14). O estudo (A17) considerou inadequado tirar uma conclusão sobre os efeitos biológicos investigados de campos IF para a maioria dos desfechos, uma vez que houve grande heterogeneidade nos

desenhos de estudo, resultados inconsistentes e limitações metódicas em muitos estudos que foram analisados na revisão de literatura.

4. DISCUSSÃO

Da leitura e análise das publicações, ascenderam quatro núcleos temáticos: núcleo 1: Genotoxicidade, danos ao DNA e câncer; núcleo 2: Eletrohipersensibilidade e comprometimento do sistema nervoso; núcleo 3: Infertilidade; e núcleo 4: Estressor ambiental e impacto na imunidade.

Núcleo 1: Genotoxicidade, danos ao DNA e câncer

A integridade do DNA é de extrema importância para a célula. A genotoxicidade engloba danos ao material genético como fragmentos de DNA, mutações genéticas, anormalidades cromossômicas, clastogenicidade e aneuploidia, que ocorrem no núcleo, cromossomo e arquitetura do DNA (YAHYAZADEH *et al.*, 2018).

O dano ao DNA está relacionado com a senescência celular (envelhecimento celular e perda da capacidade replicativa), morte celular, doenças neurodegenerativas e envelhecimento de um organismo, sendo a principal causa de carcinogênese induzida por estressores ambientais (PANAGOPOULOS *et al.*, 2021).

A produção de radicais livres de oxigênio por EMF leva à formação de espécies reativas de oxigênio (ERO) e que a peroxidação lipídica causa dano celular e morte celular programada. Estudos revelaram que EMF aumenta a formação de radicais livres, um dos fatores externos que causam estresse oxidativo (YAHYAZADEH *et al.*, 2018).

O estresse oxidativo é uma condição patológica inespecífica que reflete um desequilíbrio entre o aumento da produção de ERO e a incapacidade do organismo de desintoxicar as EROs ou reparar os danos que elas causam às biomoléculas e tecidos. O estresse oxidativo pode interromper a sinalização celular, causar a formação de proteínas do estresse e gerar radicais livres altamente reativos, que podem causar danos ao DNA e à membrana celular (YAHYAZADEH *et al.*, 2018; RUBIK, BROWN, 2021).

O acúmulo de radicais e os efeitos tóxicos no DNA da célula ocorrem devido a vários fatores associados às EROs, como a desaceleração da desintoxicação devido à superprodução ou deficiência dos sistemas antioxidantes. Os radicais livres induzidos pelo estresse oxidativo podem exibir uma ampla variedade de efeitos tóxicos, resultando em modificações semelhantes às proteínas nas duplas ligações encontradas nas bases do DNA. O estresse oxidativo é considerado um componente importante na fisiopatologia do COVID-19, bem como no dano celular causado pela exposição ao WCR (RUBIK, BROWN, 2021).

A indução de radicais de oxigênio ou interferência com processos de reparo de DNA foi proposta como possíveis mecanismos pelos quais a RFR poderia causar danos ao DNA. Segundo Yakymenko *et al.* (2016), a RFR de baixa intensidade é um agente oxidativo expressivo para células vivas com alto potencial patogênico e que o estresse oxidativo induzido pela exposição a RFR deve ser reconhecido como um dos mecanismos primários da atividade biológica deste tipo de radiação. Uma análise da literatura científica revisada por pares revela efeitos moleculares induzidos por RFR de baixa intensidade em células vivas; isso inclui ativação significativa de vias-chave gerando ERO, ativação da peroxidação, dano oxidativo do DNA e alterações na atividade de enzimas antioxidantes (YAKYMENKO, *et al.*, 2016).

O estresse oxidativo ocorre como resultado natural do envelhecimento e acelera o envelhecimento. Como a exposição à RFR causa estresse oxidativo, sugere-se que a RFR também pode ter um efeito no envelhecimento, bem como no aparecimento de doenças relacionadas à idade (DA, aterosclerose, doenças cardiovasculares, câncer) em uma idade mais precoce. O estudo atual revelou que a exposição de 2600 MHz RFR por 30 dias (30 min/dia, 5 dias/semana) causou alterações oxidativas no tecido cerebral de ratos (DELEN *et al.*, 2021).

De acordo com Delen *et al.* (2021), a exposição ao RFR de 2.600 MHz por 30 dias (30 min/dia) diminuiu os parâmetros antioxidantes e aumentou os parâmetros oxidativos no tecido cerebral de ratos machos. Além disso, a exposição RFR causou alterações estruturais e aumento da apoptose e danos ao DNA no tecido cerebral. Delen *et al.* (2021) observaram a ocorrência de apoptose em neurônios e células neurogliais no córtex, principalmente em células neurogliais no hipocampo. Como as células nervosas não têm capacidade de regeneração, a

apoptose que ocorre nos neurônios pode levar a doenças neurodegenerativas. A RFR pode ser um fator de risco tanto para doenças neurodegenerativas quanto para tumores cerebrais (DELEN *et al.*, 2021).

Um estudo recente realizado por Rodrigues e colaboradores (2021), com o objetivo de estimar a taxa de mortalidade por câncer em decorrência da exposição à RF de ERB's, aponta que, quanto maior a exposição à RF de ERB's, maior a mortalidade por câncer. A análise espacial mostrou que maior exposição à RF de ERB's foi observada em uma cidade do sul do Brasil que também apresentou a maior taxa de mortalidade para todos os tipos de câncer e especificamente para câncer de pulmão e mama (RODRIGUES *et al.*, 2021).

Um estudo anterior também verificou maior mortalidade por câncer nas proximidades de ERB's. Dode *et al.*, (2011) realizou uma importante pesquisa com o objetivo de verificar a existência de correlação espacial ERB e casos de óbitos por neoplasia no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, durante o período de 1996 a 2006. Os resultados confirmaram a existência de correlação espacial entre os casos de óbito por neoplasia e as localizações das ERB no município de Belo Horizonte. Os autores confirmam ainda que as taxas de mortalidade e o risco relativo foram maiores para os residentes dentro de um raio de 500 metros das ERB, em comparação com a taxa de mortalidade média de toda a cidade. A maior concentração de antenas localizou-se no DS Centro-Sul da cidade que também apresentou a maior incidência acumulada (DODE *et al.*, 2011).

ELF-EMF pode induzir câncer através de efeitos estimulatórios e inibitórios no sistema imunológico, afetando os reguladores do ciclo celular e as vias de sinalização, que potencialmente podem afetar a proliferação e morte celular. Além disso, o ELF-EMF pode modular o ciclo celular, apoptose, angiogênese, invasão e metástase que levam ao câncer, impactando a produção de radicais livres (KARIMI, MOGHADDAM, VALIPOUR, 2020).

Um estudo realizado por Franchini *et al.* (2018) confirma as crescentes evidências de que a exposição à radiação THz *in vitro* causa efeitos não térmicos no genoma. Como as propriedades aneugênicas dos campos eletromagnéticos THz foram detectadas em condições de exposição abaixo dos limites de segurança atuais, são necessários mais estudos para proteção humana. Além disso, embora haja total concordância entre os estudos realizados até agora sobre aneuploidia

induzida por THz, a explicação dos mecanismos biofísicos que a levam permanece especulativa e não comprovada experimentalmente. Portanto, estudos mecanicistas sobre as interações entre os campos eletromagnéticos e o aparelho mitótico seriam muito úteis (FRANCHINI *et al.*, 2018).

O *National Toxicology Program* (NTP) realizou testes de bioensaios de câncer em roedores que foram expostos às duas principais modulações de RFR usadas para comunicação de telefone celular em todo o mundo, o Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA) e o Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM). Os resultados apontaram aumentos significativos nos níveis de danos ao DNA, medidos pelo ensaio do cometa, observados em vários tecidos de ratos e camundongos, indicando que a RFR pode ser capaz de causar aumentos nos danos ao DNA, os quais foram observados principalmente no tecido cerebral de ratos machos e camundongos expostos a RFR, em relação aos controles que não foram expostos (SMITH-ROE, *et al.*, 2020).

De acordo com Falcioni *et al.* (2018), houve um aumento na incidência de tumores cerebrais e cardíacos em ratos expostos a RFR. De acordo com os autores, esses estudos experimentais fornecem evidências suficientes para exigir a reavaliação das conclusões da IARC em relação ao potencial carcinogênico de RFR em humanos (FALCIONI *et al.*, 2018).

Núcleo 2: Eletrohipersensibilidade e comprometimento do sistema nervoso

O termo hipersensibilidade eletromagnética ou eletrossensibilidade (EHS) refere-se a uma condição clínica, caracterizada por um amplo espectro de sistemas de múltiplos órgãos não específicos que, normalmente, ocorrem após a exposição de uma pessoa a campos eletromagnéticos (CEM) do ambiente. A EHS é caracterizada por uma gama de sintomas inespecíficos de múltiplos órgãos, implicando processos inflamatórios agudos e crônicos. A sensibilidade à EMF, uma resposta humana sistêmica à exposição crônica à radiofrequência (RF) de baixa intensidade (STEIN, UDASIN, 2020).

Os sintomas incluem dor de cabeça, fadiga, estresse, distúrbios do sono, distúrbios de memória de curto prazo, irritabilidade, labilidade emocional e ansiedade, náusea, dor no peito, palpitações, falta de ar, dores musculares, redução

da libido, diminuição do apetite, reações cutâneas, depressão, falta de energia, fadiga e sintomas semelhantes aos da gripe (BELYAEV *et al.*, 2016; STEIN, UDASIN, 2020).

O zumbido tem sido relatado como um dos sintomas em pacientes com HEM. De acordo com Medeiros e Sanchez (2016), há evidências para a associação entre exposição ao EMRFR e zumbido em alguns pacientes, particularmente aqueles que sofrem de hipersensibilidade eletromagnética. Embora os autores tenham encontrado pouca evidência estatisticamente significativa da influência do EMRFR no zumbido, a associação entre essas condições também não deve ser negligenciada (MEDEIROS, SANCHEZ, 2016).

Núcleo 3: Infertilidade

A exposição excessiva a EMFs de RF por longos períodos causa efeitos nocivos na reprodução feminina e masculina, “intolerância ambiental idiopática” em humanos e animais. As crianças são altamente suscetíveis a EMFs de RF em termos de desenvolvimento do sistema nervoso (DILLI, 2021).

O estresse oxidativo também é considerado uma importante causa de infertilidade masculina. Neste contexto, ERO, que se originam de espermatozoides e leucócitos, afetam a motilidade espermática e podem causar infertilidade. A membrana plasmática dos espermatozoides possui um sistema redox múltiplo que se assemelha ao NADH, uma importante fonte de ânions superóxidos. Estudos mostraram que EMF estimula a NADH oxidase na membrana plasmática de células de mamíferos (ALTUN *et al.*, 2018).

Os órgãos reprodutores femininos têm funções críticas para a sobrevivência da espécie. Danos ao tecido reprodutivo feminino ou processos de EMF de baixa frequência e RF de alta frequência devido ao uso generalizado de telefones celulares podem aumentar o risco de infertilidade ou contribuir para o crescimento fetal anormal (ALTUN *et al.*, 2018). Ainda segundo Altun *et al.* (2018), as células reprodutivas parecem ser mais sensíveis à radiação ionizante e não ionizante do que outras células porque sofrem taxas de crescimento rápidas durante a meiose e a mitose. Quanto mais rápido as células crescem, maior a chance de incorporar erros durante a síntese de várias biomoléculas (ALTUN *et al.*, 2018).

Embora muitos estudos tenham relatado deteriorações morfológicas e funcionais nos testículos e ovários após exposições a CEM, bem como déficits estruturais e funcionais na saúde reprodutiva, os mecanismos subjacentes não foram totalmente elucidados (ALTUN *et al.*, 2018). Os efeitos da radiação eletromagnética de radiofrequência (RF-EMR) emitidos por telefones celulares e estações geradoras de rádio em Camundongos machos Wistar foram investigados por Ali (2020). Seu estudo mostra que a exposição crônica a RF-EMR de um telefone celular causa a função testicular prejudicada, acompanhada por uma diminuição no valor dos hormônios sexuais. A microscopia de esperma também mostrou uma diminuição na contagem de espermatozoides, forma alterada e desenvolvimento nos grupos experimentais (ALI, 2020).

Akdag *et al.* (2016) investigaram a possível formação de quebras de DNA em vários tecidos de ratos expostos à radiação de RF prolongada, emitida por dispositivos Wi-Fi, que aumenta com o uso generalizado da Internet. Observou-se um aumento significativo nas quebras de DNA no tecido testicular de ratos expostos à radiação de RF prolongada emitida por dispositivos Wi-Fi. A principal razão do aumento significativo, observado na formação de quebras de fita de DNA no tecido testicular, pode ser devido aos radicais livres gerados pelo dano oxidativo induzido pela radiação de RF emitida por dispositivos Wi-Fi. De fato, uma das possíveis causas de danos ao DNA é o ataque dos radicais livres formados nas células ao DNA. Os radicais livres afetam as células danificando macromoléculas como DNA, proteínas e lipídios de membrana (AKDAG *et al.*, 2016).

Verificou-se que os órgãos reprodutivos de ratos machos estavam seriamente comprometidos, segundo estudo realizado por Adebayo *et al.* (2019) com o objetivo de determinar a consequência da radiação eletromagnética de radiofrequência (≈ 1800 MHz) (RF-EMR) nas propriedades histológicas, hematológicas e histoquímicas de tecidos selecionados de ratos. Alguns dos órgãos examinados apresentaram alterações histológicas, hematológicas e histoquímicas diferentes do normal (ADEBAYO *et al.*, 2019).

Muitas são as evidências que apontam para anormalidades do desenvolvimento embrionário mediadas por EMF. Por outro lado, os estudos *in vivo* e *in vitro* relatam que esses campos podem atrapalhar o equilíbrio da síntese e secreção de hormônios em animais. Além disso, a exposição a ELF-EMF pode

afetar a reprodução e a fertilidade em animais. Mais estudos são necessários para descobrir os efeitos ELF-EMF na reprodução humana e fertilidade (KARIMI; MOGHADDAM; VALIPOUR, 2020).

Núcleo 4: Estressor ambiental e enfraquecimento da imunidade

A exposição em longo prazo à radiação do telefone celular, segundo Singh *et al.*, realmente tem um impacto na imunidade, no estresse oxidativo do hipocampo e na atividade do eixo HPA. Embora esses resultados não possam ser extrapolados diretamente para humanos, eles dão uma ideia sobre as consequências para a saúde da exposição em longo prazo à radiação MP-RF-EMF. É necessário, pois um estudo mais elaborado, que analisa o mecanismo de interação entre a radiação MP-RF-EMF e a matéria biológica (SINGH *et al.*, 2020).

A radiação de comunicação sem fio (WCR) tornou-se um estressor ambiental que pode ter contribuído para resultados adversos à saúde de pacientes infectados com SARS-CoV-2 e aumentado a gravidade da pandemia de COVID-19 (RUBIK, BROWN, 2021). Portanto, recomenda-se que todas as pessoas, particularmente aquelas que sofrem de infecção por SARS-CoV-2, reduzam sua exposição ao WCR tanto quanto razoavelmente possível até que mais pesquisas esclareçam melhor os efeitos sistêmicos à saúde associados à exposição crônica ao WCR (RUBIK, BROWN, 2021).

A exposição a WCR de baixo nível, conforme observado em estudos com animais, também pode comprometer o sistema imunológico, com exposição diária crônica produzindo imunossupressão ou desregulação imunológica, incluindo hiperativação (RUBIK; BROWN, 2021).

Resultados mostram um aumento estatisticamente significativo entre os casos atribuídos a COVID-19 e mortes em estados e condados nos EUA com vs. sem tecnologia 5G mmW. Os estados com tecnologia 5G mmW tiveram excesso de casos e excesso de mortes por milhão quando comparados aos estados sem essa tecnologia (TSIANG, HAVAS, 2021).

Há também evidências dos efeitos da radiação eletromagnética de RF na flora e na fauna. Por exemplo, a redução global de abelhas e outros insetos está

plausivelmente ligada ao aumento da radiação eletromagnética de RF no ambiente, dentre outros fatores (TAYE *et al.*, 2017).

5. CONCLUSÃO

A exposição ambiental aos CEM está aumentando progressivamente em todo o mundo, fato que desperta maior interesse na comunidade científica em documentar seus possíveis efeitos nocivos à saúde.

Nos estudos analisados, nesta revisão integrativa, foram apontados diversos efeitos biológicos adversos relacionados à exposição ambiental aos CEM, tais como: danos ao DNA, ROS, genotoxicidade, senescência, câncer, enfraquecimento da imunidade, infertilidade e comprometimento de órgãos reprodutores, hipersensibilidade eletromagnética, distúrbios neurológicos e cognitivos. Entretanto, é importante considerar que o assunto ainda é muito controverso devido à grande heterogeneidade nos desenhos de estudo, resultados inconsistentes e limitações metodicas em vários estudos (BODEWEIN *et al.*, 2019).

Os limites de exposição devem ser reduzidos para proteger contra os efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos. A disseminação de redes sem fio locais e globais deve ser reduzida, e redes com fio, mais seguras, devem ser usadas em vez de sem fio, para proteger membros suscetíveis do público. Locais públicos devem ser acessíveis para indivíduos eletro-hipersensíveis (STEIN; UDASIN, 2020).

Recomendam-se instituições de campanhas educacionais para educar o público sobre os riscos à saúde da exposição à radiação de RF e o uso seguro das tecnologias. Além disso, é recomendado que os governantes tomem medidas para diminuir significativamente a atual exposição do público à radiação de RF.

6. REFERÊNCIAS

- ADEBAYO, E. A. *et al.* Bio-physical effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMR) on blood parameters, spermatozoa, liver, kidney and heart of albino rats. **Journal of King Saud University Science**, v. 31, n. 4, p. 813-821, Oct. 2019.
- AKDAG, M. Z. *et al.* Does prolonged radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi devices induce DNA damage in various tissues of rats? **Journal of Chemical Neuroanatomy**, v. 75, p. 116-122, Sep. 2016.
- ALI, B. M. H. Study the electromagnetic radiation effects on testicular function of male rats by biochemical and histopathological. **EurAsian Journal of BioSciences**, v. 14, n. 2, p. 3869-3873, 2020.
- ALTUN, G. *et al.* Effects of mobile phone exposure on metabolomics in the male and female reproductive systems. **Environmental Research**, v. 167, p. 700-707, Nov 2018.
- BELYAEV, I. *et al.* EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. **Rev Environ Health**, v. 31, n. 3, p. 363-397, Sep 01 2016.
- BODEWEIN, L. *et al.* Systematic review on the biological effects of electric, magnetic and electromagnetic fields in the intermediate frequency range (300 Hz to 1 MHz). **Environmental Research**, v. 171, p. 247-259, Apr. 2019.
- CARLES, C. *et al.* Residential proximity to power lines and risk of brain tumor in the general population. **Environmental Research**, v. 185, p. 11, Jun. 2020.
- CHOI, J. *et al.* Continuous Exposure to 1.7GHz LTE Electromagnetic Fields Increases Intracellular Reactive Oxygen Species to Decrease Human Cell Proliferation and Induce Senescence. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 15, Jun. 2020.
- DELEN, K. *et al.* Effects of 2600 MHz Radiofrequency Radiation in Brain Tissue of Male Wistar Rats and Neuroprotective Effects of Melatonin. **Bioelectromagnetics**, v. 42, n. 2, p. 159-172, Feb. 2021.
- DILLI, R. Implications of mmWave Radiation on Human Health: State of the Art Threshold Levels. **Ieee Access**, v. 9, p. 13009-13021, 2021.
- DODE, A. C. *et al.* Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 19, p. 3649-3665, Sep. 2011.
- FALCIONI, L. *et al.* Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. **Environmental Research**, v. 165, p. 496-503, Aug. 2018.

FRANCHINI, V. *et al.* Study of the effects of 0.15 terahertz radiation on genome integrity of adult fibroblasts. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 59, n. 6, p. 476-487, Jul.2018.

HARDELL, L. World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack (Review). **International Journal of Oncology**, v. 51, n. 2, p. 405-413, Aug. 2017.

KARIMI, A.; MOGHADDAM, F. G.; VALIPOUR, M. Insights in the biology of extremely low-frequency magnetic fields exposure on human health. **Molecular Biology Reports**, v. 47, n. 7, p. 5621-5633, Jul. 2020.

KAUR, S.; *et al.* Sensitivity of plants to high frequency electromagnetic radiation: cellular mechanisms and morphological changes. **Reviews in Environmental Science and Bio-Technology**, v. 20, n. 1, p. 55-74, Mar. 2021. Review.

KIM, J. H. *et al.* Possible Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure on Central Nerve System. **Biomolecules & Therapeutics**, v. 27, n. 3, p. 265-275, May 2019.

KNECHTEL, Maria do Rosário. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba: Intersaberes, 2014.

LIBERATI, A. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. **Bmj-British Medical Journal**, v. 339, p. 37, Jul. 2009.

MEDEIROS, L. N.; SANCHEZ, T. G. Tinnitus and cell phones: the role of electromagnetic radiofrequency radiation. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 82, n. 1, p. 97-104, Jan-Feb. 2016.

MENDES, K. D. S. *et al.* Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 17, p. 758-764, 2022.

PANAGOPOULOS, D. J. Comparing DNA damage induced by mobile telephony and other types of man-made electromagnetic fields. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research**, v. 781, p. 53-62, 2019.

PANAGOPOULOS, D. J *et al.* . Human-made electromagnetic fields: Ion forced-oscillation and voltage-gated ion channel dysfunction, oxidative stress and DNA damage (Review). **International Journal of Oncology**, v. 59, n. 5, p. 16, Nov. 2021.

RODRIGUES, N. C. P. *et al.* The Effect of Continuous Low-Intensity Exposure to Electromagnetic Fields from Radio Base Stations to Cancer Mortality in Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 3, Feb. 2021.

- RUBIK, B., BROWN R. R. Evidence for a connection between coronavirus disease-19 and exposure to radiofrequency radiation from wireless communications including 5G. **J Clin Transl Res**. v. 7, n. 5, p. 666-681, 29 Sep. 2021.
- RUEDIGER, H. W. Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields. **Pathophysiology**, v. 16, n. 2-3, p. 89-102, 2009.
- SINGH, K. V. *et al.* Effect of mobile phone radiation on oxidative stress, inflammatory response, and contextual fear memory in Wistar rat. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 16, p. 19340-19351, Jun. 2020.
- SMITH-ROE, S. L. *et al.* Evaluation of the genotoxicity of cell phone radiofrequency radiation in male and female rats and mice following subchronic exposure. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 61, n. 2, p. 276-290, Feb. 2020.
- STEIN, Y.; UDASIN, I. G. Electromagnetic hypersensitivity (EHS, microwave syndrome) - Review of mechanisms. **Environmental Research**, v. 186, p. 4, Jul. 2020.
- TAYE, R. R. *et al.* Effect of electromagnetic radiation of cell phone tower on foraging behaviour of Asiatic honey bee, *Apis cerana* F. (Hymenoptera: Apidae). *Journal Entomol Zool Stud* 2017; 5 (3): 1527-1529
- TSIANG, A.; HAVAS, M. COVID-19 Attributed Cases and Deaths are Statistically Higher in States and Counties with 5th Generation Millimeter Wave Wireless Telecommunications in the United States. <https://esmed.org/MRA/mra>, v. 9, n. 4, 2021. **Research Articles**.
- YAHYAZADEH, A. *et al.* The genomic effects of cell phone exposure on the reproductive system. **Environmental Research**, v. 167, p. 684-693, Nov. 2018.
- YAKYMENKO, I. *et al.* Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagnetic Biology and Medicine*, v. 35, n. 2, p. 186-202, 2016.

APÊNDICE D – PRODUTO TÉCNICO: RELATÓRIO TÉCNICO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENFERMAGEM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE**

Naiara Chirlei Ferreira Martins

**MONITORAMENTO DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS DE
ALTA FREQUÊNCIA ORIUNDAS DO SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR
NO CAMPUS SAÚDE DA UFMG**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vanessa de Almeida
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Mery Natali Silva
Abreu

Belo Horizonte

2022

Naiara Chirlei Ferreira Martins

**MONITORAMENTO DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS DE
ALTA FREQUÊNCIA ORIUNDAS DO SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR
NO CAMPUS SAÚDE DA UFMG**

Produto Técnico apresentado ao curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Serviços, da Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Gestão de Serviços de Saúde.

Área de concentração: Gestão de Serviços de Saúde.

Linha de pesquisa: Política, Planejamento e Avaliação em Saúde.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vanessa de Almeida

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Mery Natali Silva Abreu

Belo Horizonte

2022

1 INTRODUÇÃO

A radiação não ionizante é uma modalidade de radiação de baixa frequência e baixa energia, também denominada de campo eletromagnético (CEM), que se propaga através de uma onda eletromagnética, constituída por um campo elétrico e um campo magnético, podendo ser provenientes de fontes naturais e não naturais. (INCA, 2021).

Embora os CEM sejam menos citotóxicos do que a radioatividade ou certos produtos químicos citotóxicos, eles representam os estressores citotóxicos diários mais persistentes contra os quais quaisquer mecanismos de reparo não podem ser suficientemente eficientes. Diversos estudos experimentais e epidemiológicos relacionam cada vez mais a exposição a campos eletromagnéticos e radiação de frequência extremamente baixa com problemas de saúde, danos/alterações genéticas (danos no DNA, danos nos cromossomos e mutações, entre outros), morte celular, infertilidade e câncer (PANAGOPOULOS *et al.*, 2021).

A exposição às radiações eletromagnéticas é considerada um agente externo potencialmente nocivo às células pelo fato de ser correlacionado ao aumento de Espécies Reativas de Oxigênio (ERO), resultando no estresse oxidativo a nível celular, podendo ocasionar variação na bioatividade e estar associada à causa de doenças. A indução de radicais de oxigênio ou interferência com processos de reparo de DNA foi proposta como possíveis mecanismos pelos quais a RFR poderia causar danos ao DNA (RUEDIGER, 2009; YAKYMENKO *et al.*, 2015). A exposição às radiações de comunicações sem fio é um estressor ambiental generalizado, mas muitas vezes negligenciado, que pode produzir uma ampla gama de bioefeitos adversos (RUBIK, BROWN, 2021).

Em 2011, a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classificou os CEM de radiofrequência associados ao uso de telefones sem fio como possivelmente carcinogênicos para humanos (grupo 2B) (IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 2013). Entretanto, Morgan e colaboradores (2015) sugeriram que a radiação do telefone celular que causa tumores cerebrais em humanos deveria ser classificada como um provável carcinógeno humano (grupo 2A) (MORGAN, *et al.*, 2015).

A realização da pesquisa justifica-se devido ao fato de diversas evidências científicas de riscos à saúde humana e ambiental ocasionados pela exposição à radiação eletromagnética e também pelo fato da grande importância da Instituição. De acordo com o Ato nº 458 da ANATEL, áreas localizadas a até 50 (cinquenta) metros de hospitais, clínicas, escolas, creches e asilos são consideradas áreas críticas e devem ser alvos das medições para demonstração do atendimento aos limites de exposição humana a CEM. O Campus Saúde da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) é um local de grande relevância social e acadêmica, e também muito frequentado por diversos profissionais, alunos, pesquisadores, pacientes em tratamentos e comunidade em geral que passam longos períodos no local. Os resultados de medições dos CEM externos de RF são informações fundamentais para a avaliação de riscos à saúde das pessoas expostas, sejam elas trabalhadoras ou o público em geral. O tema em questão é de grande relevância para a saúde pública, uma vez que, a literatura apresenta resultados indicando vários agravos na saúde decorrentes de exposições aos CEM, além da reduzida produção científica sobre o mesmo tema no Brasil, o que pode justificar a realização desse estudo.

1.2 Objetivo

Este relatório tem como finalidade apresentar os resultados das medições das radiações eletromagnéticas na Escola de Enfermagem do Campus Saúde da UFMG.

2 METODOLOGIA

2.1 Abordagem e Método da pesquisa

O presente estudo foi realizado com abordagem quantitativa. A pesquisa é caracterizada como de natureza aplicada e descritiva, com o objetivo de avaliar os níveis de radiações eletromagnéticas na Escola de Enfermagem, dentro do Campus Saúde da UFMG. Trata-se de uma pesquisa com delineamento transversal e para a obtenção dos dados realizou-se medições das radiações eletromagnéticas na Escola de Enfermagem do campus da saúde da UFMG.

3.3 Local da pesquisa

O local do estudo foi a Escola de Enfermagem do campus da saúde da UFMG. Na Escola de Enfermagem as medições ocorreram nas salas de aulas, nos auditórios, nas salas de professores, salas de coordenações, colegiados, diretorias, departamentos administrativos, secretarias de cursos, corredores, laboratórios, áreas de circulação, congregação, portarias, anfiteatros e estacionamento.

De acordo com os autores Hardell, Carlberg e Hedendahl (2018), as medições de radiação eletromagnéticas devem ser realizadas de forma mais detalhada em locais onde as pessoas tendem a ocupar ou permanecerem por maior período de tempo, que são considerados locais de grande interesse. Os locais foram escolhidos levando-se em consideração a frequência de ocupação e o tempo de permanência das pessoas que trabalham, estudam ou frequentam os locais.

3.4 Técnica(s) de coleta de dados

A metodologia para medição dos Campos Eletromagnéticos foi de acordo com os requisitos mínimos para o procedimento de medição direta dos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de radiofrequências entre 8,3 kHz e 300 GHz (CEMRF) e critérios de avaliação (ANATEL, 2019), bem como metodologia utilizada por DODE (2003a, 2003b, 2010).

De acordo com o Ato nº 458, de 24 de janeiro de 2019, que define os requisitos mínimos para o procedimento de medição direta dos CEMRF, as medições devem ser realizadas de forma a produzir resultados que se aproximem ao máximo possível da densidade de potência média nas dimensões do corpo dos indivíduos expostos (ANATEL, 2019). Seguindo as orientações da ANATEL (2019), todas as medições foram efetuadas com equipamentos devidamente calibrados, dentro das especificações do fabricante e abrangendo toda a faixa de radiofrequências de interesse (ANATEL, 2019).

A Tabela 1 apresenta os limites para exposição da população em geral a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências (CEMRF) entre 8,3 kHz e 300 GHz propostos pela ICNIRP (ANATEL, 2019).

Tabela 1 - Limites para exposição da população em geral a CEMRF (valores eficazes não perturbados)

Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo, E (V / m).	Intensidade de Campo, H (A / m).	Densidade de potência da onda plana equivalente, S_{eq} (W / m ²).
8,3 kHz a 150 kHz	83	5	—
0,150 MHz a 1 MHz	83	$0,73/f$	—
1 MHz a 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	—
10 MHz a 400 MHz	28	0,073	2
400 MHz a 2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz a 300 GHz	61	0,16	10

Fonte: ANATEL (2019).

Os instrumentos utilizados foram: 1 medidor de campo elétrico com antena isotrópica onidirecional (frequência de 0,2 MHz a 3,0 GHz); 1 Analisador de espectro (frequência: 10,0 MHz a 6,0 GHz); 1 Datalogging MultiMeter; 1 GPS; e 3 tripés de madeira. Os instrumentos necessários para as medições das radiações eletromagnéticas foram cedidos pela empresa “MRE Engenharia – Medição de Radiações Eletromagnéticas LTDA-ME.

As medições ocorreram no dia 19 de fevereiro de 2022 e não havia pessoas presentes nos locais. Todos os trabalhos foram acompanhados por um profissional administrativo da UFMG. Para a realização das medições, primeiramente utilizou-se o analisador de espectro para conhecer as frequências que chegam aos locais selecionados, para posteriormente realizarem-se as medições do campo elétrico, utilizando-se a antena isotrópica. Este processo é importante para ter conhecimento da quantidade da radiação total que está presente nos locais avaliados (DODE, 2010). Após saber as frequências presentes no local foram realizadas as medições das intensidades de campo elétrico com o auxílio do medidor de campo elétrico com antena isotrópica onidirecional (frequência de 0,2 MHz a 3,0 GHz).

A média temporal de cada ponto foi realizada com um nível médio de tempo fixo de seis minutos, ou seja, cada ponto de medição precisa de um tempo de seis minutos para obter a intensidades de campo elétrico. As medições foram realizadas em vários pontos para cada local estabelecido, com o objetivo de fornecer maiores

detalhes na distribuição espacial dos campos eletromagnéticos (DODE, 2003a, 2003b, 2010).

O medidor de campo elétrico foi posicionado longe de superfícies metálicas, evitando assim, acoplamentos capacitivos e mudança da impedância do sensor. Foram utilizados também tripés de madeira para apoiar os equipamentos, para evitar acoplamentos capacitivos com o sensor do aparelho e permitir também que, durante a medição, o operador possa permanecer a uma distância segura para minimizar a interferência do seu corpo sobre os resultados da medição.

3.5 Técnica de análise de dados

Os dados obtidos das medições das radiações eletromagnéticas foram dispostos em tabela de acordo com cada local onde a medição foi realizada. Os valores encontrados foram comparados com os limites de exposição humana, de acordo com a Lei Federal n.º 11.934, de 5 de maio de 2009, com os limites estabelecidos pela Resolução nº 700 de 28 de setembro de 2018, Ato nº 458, de 24 de janeiro de 2019, e também com limites de exposição internacionais mais restritivos que os permitidos pela legislação brasileira.

Foram analisadas as variáveis Campo Elétrico e Densidade de potência, conforme descritas a seguir:

- **Campo Elétrico** (intensidade de): grandeza vetorial "E" associada com a distribuição de forças elétricas atuando sobre cargas elétricas, expressa em volt por metro (V/m) (ANATEL, 2018).
- **Densidade de potência**: potência por unidade de área normal à direção de propagação do campo eletromagnético, expressa em watts por metro quadrado (W/m²) (ANATEL, 2018).

Foram realizadas análises descritivas das variáveis analisadas por meio do cálculo de medidas de tendência central (média e mediana), e variabilidade (mínimo, máximo e desvio-padrão), além de estimativas do Intervalo de Confiança de 95% (IC95%) para os valores médios. As análises foram estratificadas por local de medição.

Todas as análises foram realizadas por meio do software Statistical Package for Social Science (SPSS) versão 19.0.

3 RESULTADOS

Os resultados com todos os pontos das medições das radiações eletromagnéticas são apresentados no Apêndice B. Na tabela 2 são apresentados os resultados de descrição por local, onde os pontos das medições foram agrupados de acordo com as tipologias dos locais.

Tabela 2 - Descrição por local das medições das radiações eletromagnéticas, Belo Horizonte, 2022

		Sal a dos Prof ess ore s	Sec reta rias e Coo rde naç ões	Port aria e Estac ion ame nto	Lab orat ório s	Sal as de Aul a	Aud itóri os e Anfi teat ros	Cor red ore s	Dire tori a e che fias	Sal as de Reu niões e Área de Laz er
	n	36	15	3	9	9	4	8	10	2
Campo Elétrico (E) (V/m)	Média	0,405	0,240	0,891	0,134	0,276	0,219	0,719	0,239	0,056
	Mediana	0,413	0,139	1,160	0,091	0,289	0,228	0,682	0,171	0,056
	Desvio padrão	0,254	0,248	0,696	0,073	0,040	0,083	0,526	0,189	0,006
	Mínimo	0,055	0,050	0,100	0,083	0,215	0,113	0,074	0,040	0,052
	Máximo	0,915	0,860	1,412	0,272	0,315	0,308	1,608	0,490	0,060
Densidade de Potência (S) (μW/cm²)	Média	0,060	0,031	0,296	0,006	0,021	0,014	0,201	0,024	0,001
	Mediana	0,046	0,005	0,357	0,002	0,022	0,014	0,135	0,008	0,001
	Desvio padrão	0,066	0,056	0,268	0,007	0,006	0,009	0,235	0,027	0,000
	Mínimo	0,001	0,001	0,003	0,002	0,012	0,003	0,001	0,000	0,001
	Máximo	0,222	0,196	0,529	0,020	0,026	0,025	0,686	0,064	0,001

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme demonstrado na Tabela 2, os maiores valores de Campo Elétrico (E) e de Densidade de Potência (S) ocorrerão nos corredores (E máximo = 1,608 V/m e S máximo = 0,686 μ W/cm²), seguidos da portaria e estacionamento (E máximo = 1,412 V/m e S máximo = 0,529 μ W/cm²). Os menores valores foram observados nas Salas de Reuniões e Área de Lazer (E mínimo = 0,060 V/m e S mínimo = 0,001 μ W/cm²), seguidos dos laboratórios (E mínimo = 0,272 V/m e S mínimo = 0,020 μ W/cm²). É importante destacar que no momento em que foram

realizadas as medições o prédio da Enfermagem estava vazio e não havia nenhuma realização de atividade nos locais verificados. Na tabela 3 observa-se a descrição da amostra total das medições realizadas. A Tabela 4 demonstra os níveis de referência para exposição à radiação eletromagnética que são adotados no Brasil.

Segundo resultados apresentados na Tabela 3, o valor médio do Campo Elétrico foi de 0,351 podendo variar com 95% de confiança entre 0,287 e 0,415. Já o valor médio da Densidade de Potência foi de 0,059 podendo variar com 95% de confiança entre 0,037 e 0,081. Os valores máximos encontrados de Campo Elétrico e Densidade de Potência, foram respectivamente, 1,608 V/m e 0,686 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Comparando estes valores com a Tabela 4, verifica-se que os valores encontrados estão significativamente menores do que os valores estabelecidos pela ANATEL (2019). Para a faixa de radiofrequências de 400 MHz a 2000 MHz, a ANATEL (2019) estabelece o valor máximo de Campo Elétrico de 41 V/m e de Densidade de Potência de 450 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Os valores encontrados na medição das radiações eletromagnéticas de Campo Elétrico e Densidade de Potência, são respectivamente, cerca de 25 e 656 vezes menores do que os valores estabelecidos pela ANATEL (2019).

Tabela 3 - Descrição da amostra total das medições das radiações eletromagnéticas, Belo Horizonte, 2022

	Campo Elétrico "E" (V/m)	Densidade de Potência "S" ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
n	96	96
Média	0,351	0,059
Desvio padrão	0,316	0,110
Intervalo de confiança 95%		
Limite inferior	0,287	0,037
Limite superior	0,415	0,081
Mediana	0,243	0,016
Mínimo	0,040	0,000
Máximo	1,608	0,686

Fonte: Elaborado pela a autora (2022).

Tabela 4 - Valor permitido pela ANATEL, segundo diretrizes da ICNIRP

Faixa de Radiofrequências	Campo Elétrico (E) (V/m)	Densidade de potência (S) (W/m ²)	Densidade de Potência (S) (μW/cm ²)
400 MHz a 2000 MHz	41	4,5	450

Fonte: ANATEL, 2019 (Adaptado).

Na Tabela 5, verifica-se diversos estudos que relatam danos à saúde devido à exposição eletromagnética com valores de densidade de potência cerca de 1000 vezes menores que os limites estabelecidos pela ICNIRP (SAGE, BURGIO, 2018). O valor médio da densidade de potência encontrada nas medições das radiações eletromagnéticas na Escola de Enfermagem foi de 0,059 μW/cm² (Tabela 4), e pode-se verificar na Tabela 5 que existem estudos comprovando diversos efeitos biológicos para valores muito menores de densidade de potência. São descritos efeitos biológicos para densidade de potência a partir de 0,00034 μW/cm², tais como dor de cabeça, distúrbios do sono, problemas de concentração, problemas neurológicos, sintomas cardíacos, fadiga, danos ao DNA, qualidade prejudicada do esperma, dentre outros. Observa-se que muitos efeitos biológicos foram observados em exposição de curto prazo, entretanto, a longo prazo os efeitos biológicos podem ser aumentados ou potencializados.

Tabela 5 - Densidade de potência de radiofrequência e relatos de impactos na saúde

(Continua)		
Densidade de potência de radiofrequência (μW/cm ²)	Impactos na saúde relatados	Estudos
0,00034–0,07	Danos ao DNA e qualidade prejudicada do esperma.	Sage e Carpenter <i>et al.</i> (2012)
0,003–0,02	Dor de cabeça, irritação e dificuldades de concentração em crianças em idade escolar e adolescentes (8-17 anos) com exposição de curto prazo à radiação de radiofrequência.	Heinrich <i>et al.</i> (2010)
0,003–0,02	Conduta e problemas comportamentais em crianças e adolescentes (8-17 anos) expostos à radiação de telefone celular de curta duração.	Thomas <i>et al.</i> (2010)
0,005	Distúrbios do sono em adultos com exposição crônica à torre de telefonia celular.	Mohler <i>et al.</i> (2010)
0,005–0,04	Dores de cabeça e dificuldades de concentração com radiação de telefone celular de curto prazo.	Thomas <i>et al.</i> (2008)

Tabela 5 - Densidade de potência de radiofrequência e relatos de impactos na saúde

(Conclusão)

Densidade de potência de radiofrequência ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	Impactos na saúde relatados	Estudos
0,006–0,01	Impacto significativo nos hormônios do estresse, especialmente em crianças e adultos com doenças crônicas.	Buchner e Eger (2011)
0,01	Distúrbios do sono e da concentração, fadiga e problemas cardiovasculares.	Oberfeld <i>et al.</i> (2004)
0,13	Ansiedade, hostilidade e cognição prejudicada.	Zwamborn <i>et al.</i> (2003)
0,01–0,11	Fadiga, dores de cabeça, problemas de sono.	Navarro <i>et al.</i> (2003)
0,05–0,1	Dores de cabeça, sintomas cardíacos, fadiga, distúrbios do sono e da concentração e outras deficiências.	Kundi e Hutter (2009)
0,05–1,0	Dor de cabeça, sono, problemas de concentração, outros problemas neurológicos.	Hutter <i>et al.</i> (2006)
0,5–1,0	Viabilidade de esperma diminuída e quebra de DNA em esperma humano com 4 horas de exposição ao Wi-Fi do laptop no modo sem fio.	Avendano <i>et al.</i> (2012)

Fonte: Sage; Burgio (2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exposição ambiental aos CEM está aumentando progressivamente em todo o mundo, fato que desperta um maior interesse na comunidade científica em documentar seus possíveis efeitos nocivos à saúde. Os resultados das medições das radiações eletromagnéticas realizada na Escola de Enfermagem da UFMG indicaram que as intensidades dos campos elétrico e magnético, da Densidade de Potência, foram inferiores ao máximo recomendado pela ICNIRP, adotados na Legislação Federal Brasileira. Entretanto, não podemos dizer que estes resultados encontrados são seguros simplesmente porque não infringiram a Lei Federal, visto que na literatura científica indica a ocorrência de danos à saúde humana devido a esta exposição ser contínua. Em 2011, a IARC classificou os CEM como possível causador de câncer para os seres humanos (Grupo 2B), e atualmente os pesquisadores pedem que sejam classificados como causadores de câncer para humanos (Grupo 1A).

As diretrizes da ICNIRP permitem a exposição em níveis considerados prejudiciais à saúde pública. No interesse da saúde pública, as diretrizes da ICNIRP 2020 devem ser imediatamente revisadas de acordo com o conhecimento científico vigente, levando em consideração estudos desenvolvidos por pessoas sem conflitos de interesse (HARDELL *et al.*, 2021).

O Projeto da BioInitiative Report, publicado em 2013, recomenda o limite de Campo Elétrico não deve ser superiores a 0,5 V/m, em qualquer local passível de ocupação humana. Vários países e cidades estão com seus níveis de exposição humana bem mais restritivos, com limites de Densidade de Potência inferiores, como por exemplo, a Itália, 10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; a China, 6,6 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; a Suíça, 4,2 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; a cidade de Paris na França, 1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$; e a cidade de Salzburgo, na Áustria, 0,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

A preocupação com possíveis riscos à saúde dos campos eletromagnéticos aumentou consideravelmente nos últimos anos. Diante de diversos achados científicos que sugerem a possibilidade de efeitos de longo prazo - limitados a campos magnéticos de frequência de potência - o pedido de medidas cautelares tornou-se mais forte. O princípio da precaução tem sido repetidamente invocado para induzir os governos nacionais a aplicar padrões mais restritivos do que as diretrizes da ICNIRP e outros órgãos internacionais.

Infelizmente, os padrões estabelecidos pela maioria dos organismos nacionais e internacionais não protegem a saúde humana. Esta é uma preocupação particular em crianças, dada a rápida expansão do uso de tecnologias sem fio, a maior suscetibilidade do sistema nervoso em desenvolvimento, a hipercondutividade de seu tecido cerebral, a maior penetração da radiação de radiofrequência em relação ao tamanho da cabeça e seu potencial por mais tempo pela exposição ao longo da vida (BELPOMME *et al.*, 2018).

Um grande número de estudos experimentais e epidemiológicos associa a exposição aos CEM artificiais com danos no DNA e diversas patologias relacionadas, como câncer, infertilidade e doenças neurodegenerativas (DODE *et al.*, 2011; SAGE; CARPENTER, 2012; BEHARI *et al.*, 2012; S BELYAEV *et al.*, 2016; YAKYMENKO, *et al.*, 2016; TAYE, *et al.*, 2017 ; SAGE, BURGIO, 2018; ALTUN *et al.*, 2018; ADEBAYO *et al.*, 2019; SINGH *et al.*, 2020; SMITH-ROE, *et al.*, 2020; NTP, 2018 ; KARIMI, MOGHADDAM, VALIPOUR, 2020; STEIN, UDASIN, 2020;

BUCHNER, RIVASI, 2021; NAREN *et al.*, 2020; BUCHNER, RIVASI, 2021; TSIANG, HAVAS, 2021; RUBIK, BROWN, 2021; RODRIGUES *et al.*, 2021). Diante de tantas evidências científicas, as autoridades de saúde devem ser encorajadas a tomar medidas para a proteção da vida na Terra contra o uso irrestrito dos CEM e adotar medidas bem mais restritivas a fim de proteger a saúde pública.

Os limites de exposição devem ser reduzidos para proteger contra os efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos. A disseminação de redes sem fio locais e globais deve ser reduzida, e redes com fio mais seguras devem ser usadas em vez de sem fio, para proteger membros suscetíveis do público. Locais públicos devem ser acessíveis para indivíduos eletro-hipersensíveis (STEIN, UDASIN, 2020).

Recomendam-se instituições de campanhas educacionais para educar o público sobre os riscos à saúde da exposição à radiação de RF e o uso seguro das tecnologias. Além disso, é recomendado que os governantes tomem medidas para diminuir significativamente a atual exposição do público às radiações não ionizantes.

7 RECOMENDAÇÕES À POPULAÇÃO

Algumas medidas simples podem ser tomadas por qualquer indivíduo para diminuir a exposição à radiação eletromagnética. Divulgar a conscientização sobre os perigos e riscos à saúde da radiação eletromagnética em escolas, hospitais e outras áreas com população sensível, como mulheres grávidas, crianças e idosos (NAREN *et al.*, 2020). São medidas proativas que devem ser tomadas para minimizar exposições desnecessárias à radiação eletromagnética, tendo em mente vários ambientes e condições operacionais:

- Em locais residenciais e em ambientes de trabalho e outros locais onde as pessoas ficam por longos períodos usando a internet, deve-se usar cabo ethernet para evitar ficar exposto ao sinal Wi-Fi (NAREN *et al.*, 2020).
- Interruptores para controlar a energia do roteador Wi-Fi podem ser instalados para desligar prontamente a radiação Wi-Fi quando não estiver em uso (NAREN *et al.*, 2020).
- O uso de telefones fixos para longas conversas deve ser preferido aos telefones celulares (NAREN *et al.*, 2020).

- Quartos de crianças, idosos e gestantes devem ser particularmente protegidos contra a radiação eletromagnética, uma vez que são mais propensos a problemas de saúde relacionados à radiação eletromagnética (NAREN *et al.*, 2020).
- Em hospitais e instituições médicas, é especialmente importante implementar diretrizes sobre a segurança da radiação eletromagnética, pois os hospitais atendem a uma população muito sensível, como mulheres grávidas, recém-nascidos e pessoas não saudáveis. Os hospitais não devem adotar a tecnologia de cobertura total de Wi-Fi. De preferência devem oferecer cabos ethernet a todos os trabalhadores do hospital (NAREN *et al.*, 2020).
- O governo deve estabelecer diretrizes para não permitir a implantação de estação base ou torre de celular nas proximidades de hospitais, escolas, creches e bairros residenciais. Unidades para populações sensíveis como UTI, UCC, UTIN e salas de operação devem evitar todos os tipos de dispositivos que usam comunicação sem fio, como incubadoras sem fio e instrumentos operados remotamente (NAREN *et al.*, 2020).
- As mulheres grávidas devem ser instruídas a evitar o uso prolongado de dispositivos móveis (NAREN *et al.*, 2020).
- Nas instituições de ensino há uma tendência de mudança para tecnologias modernas, como projetores sem fio em salas de aula inteligentes, acesso Wi-Fi em todo o campus, uso de notebooks digitais, entretanto, é necessário minimizar os níveis ambientais da exposição à radiação eletromagnética (NAREN *et al.*, 2020).
- As autoridades escolares devem fornecer regras e diretrizes especiais para zonas de alta densidade populacional, como salas de aula e ônibus escolares, que obtêm níveis de radiação eletromagnética realmente altos devido ao uso simultâneo de dispositivos sem fio por todos.

8 REFERÊNCIAS

ADEBAYO, E. A.; ADEEYO, A. O.; OGUNDIRAN, M. A.; OLABISI, O. Bio-physical effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMR) on blood parameters, spermatozoa, liver, kidney and heart of albino rats. **Journal of King Saud University Science**, 31, n. 4, p. 813-821, Oct 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. Ato nº 458, de 24 de janeiro de 2019. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 21, p. 23, 30 de janeiro de 2019. Disponível em: < <https://www.anatel.gov.br/legislacao/atos-de-requisitos-tecnicos-de-gestao-do-espectro/2019/1237-ato-458>>. Acesso em: 07 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. Resolução nº 700, de 28 de setembro de 2018. **Diário Oficial da União**: seção 1, edição 190, Brasília, DF, p. 16-17, 02 de outubro de 2018. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/43460488/do1-2018-10-02-resolucao-n-700-de-28-de-setembro-de-2018-43460191. Acesso em: 07 fev. 2021.

AKDAG, M. Z.; DASDAG, S.; CANTURK, F.; KARABULUT, D. *et al.* Does prolonged radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi devices induce DNA damage in various tissues of rats? **Journal of Chemical Neuroanatomy**, 75, p. 116-122, Sep 2016.

ALI, B. M. H. Study the electromagnetic radiation effects on testicular function of male rats by biochemical and histopathological. **EurAsian Journal of BioSciences**, 14, n. 2, p. 3869-3873, 2020.

ALTUN, G.; DENIZ, O. G.; YURT, K. K.; DAVIS, D. *et al.* Effects of mobile phone exposure on metabolomics in the male and female reproductive systems. **Environmental Research**, 167, p. 700-707, Nov. 2018.

BELYAEV, I.; DEAN, A.; EGER, H.; HUBMANN, G. *et al.* EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses. **Rev Environ Health**, 31, n. 3, p. 363-397, Sep 01 2016.

BODEWEIN, L.; SCHMIEDCHEN, K.; DECHENT, D.; STUNDER, D. *et al.* Systematic review on the biological effects of electric, magnetic and electromagnetic fields in the intermediate frequency range (300 Hz to 1 MHz). **Environmental Research**, 171, p. 247-259, Apr 2019.

BRASIL. Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009. Dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; altera a Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, p. 1, 06 de maio de 2009.

BUCHNER, K.; EGER, H. Changes of Clinically Important Neurotransmitters under the Influence of Modulated RF Fields - A Long-term Study under Real-life Conditions. **Umwelt Medizin Gesellschaft**, German, v. 24, 2011.p. 44-57.

BUSHBERG, J. T. *et al.*. IEEE Committee on Man and Radiation-COMAR Technical Information Statement: Health and Safety Issues Concerning Exposure of the General Public to Electromagnetic Energy from 5G Wireless Communications Networks. **Health physics**, v. 119, n. 2, p. 236–246, 2020. Disponível em: <https://journals.lww.com/health-physics/Fulltext/2020/08000/IEEE_Committee_on_Man_and_Radiation_COMAR.7.aspx>. Acesso em: 18 jan. 2021.

CARLES, C.; ESQUIROL, Y.; TURUBAN, M.; PIEL, C. *et al.*. Residential proximity to power lines and risk of brain tumor in the general population. **Environmental Research**, 185, p. 11, Jun 2020.

ÇELIKER M., et al. Effects of exposure to 2100 MHz GSM-like radiofrequency electromagnetic field on auditory system of rats. **Braz J Otorhinolaryngol**. 2017, v. 83, p. 691- 696.

CHOI, J.; MIN, K.; JEON, S.; KIM, N. *et al.* Continuous Exposure to 1.7GHz LTE Electromagnetic Fields Increases Intracellular Reactive Oxygen Species to Decrease Human Cell Proliferation and Induce Senescence. **Scientific Reports**, 10, n. 1, p. 15, Jun 2020. Article.

CHOU, C. K., et al. Long-term, low-level microwave irradiation of rats. **Bioelectromagnetics**, v. 13, n. 6, p. 469–496, 1992. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1482413/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

DELEN, K.; SIRAV, B.; ORUC, S.; SEYMEN, C. M. *et al.* Effects of 2600 MHz Radiofrequency Radiation in Brain Tissue of Male Wistar Rats and Neuroprotective Effects of Melatonin. **Bioelectromagnetics**, 42, n. 2, p. 159-172, Feb 2021.

DILLI, R. Implications of mmWave Radiation on Human Health: State of the Art Threshold Levels. **IEEE Access**, 9, p. 13009-13021, 2021.

DODE, Adilza C. Exposição Ambiental a Campos Eletromagnéticos: Ênfase nas Estações Radiobase de Telefonia Celular. **Revista Ecologia Integral**, Ano 3, n.º 14 – maio/junho de 2003a. Belo Horizonte - MG. 2003a.

DODE, Adilza C. **Poluição ambiental e exposição humana a campos eletromagnéticos: estudo de casos no município de Belo Horizonte com ênfase nas estações radiobase de telefonia celular**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 175 f. 2003b.

DODE, Adilza. C. **Mortalidade por Neoplasias e a Telefonia Celular no Município de Belo Horizonte, Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio

Ambiente e Recursos Hídricos), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. 266 p.

DODE, A. C.; LEAO, M. M. D.; TEJO, F. D. F.; GOMES, A. C. R. *et al.* Mortality by neoplasia and cellular telephone base stations in the Belo Horizonte municipality, Minas Gerais state, Brazil. **Science of the Total Environment**, 409, n. 19, p. 3649-3665, Sep 2011.

EVANS, N. *et al.* Radiation and cancer: a need for action. [California]: Collaborative on Health and the Environment's, January 2009. Disponível em: <https://www.healthandenvironment.org/docs/xaruploads/RadiationAndCancer2009.pdf>. Acesso em: 02 maio 2022.

FALCIONI, L.; BUA, L.; TIBALDI, E.; LAURIOLA, M. *et al.* Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. **Environmental Research**, 165, p. 496-503, Aug 2018.

FRANCHINI, V.; DE SANCTIS, S.; MARINACCIO, J.; DE AMICIS, A. *et al.* Study of the effects of 0.15 terahertz radiation on genome integrity of adult fibroblasts. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, 59, n. 6, p. 476-487, Jul 2018.

HARDELL, L. World Health Organization, radiofrequency radiation and health - a hard nut to crack (Review). **International journal of oncology**, v. 51, n. 2, p. 405–413, 2017.

HARDELL, L.; CARLBERG, M.; HEDENDAHL, L. K. Radiofrequency radiation from nearby base stations gives high levels in an apartment in Stockholm, Sweden: A case report. **Oncology letters**, v. 15, n. 5, p. 7871–7883, 2018.

IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**, n. 102(Pt 2), p. 1–460, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304630/>.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA (INCA). Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios / **Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva**. – Rio de Janeiro: INCA, 2021.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP. Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). **Health Physics**, v. 118, n. 5, p. 483-524, 2020(a). Disponível em: https://journals.lww.com/health-physics/Fulltext/2020/05000/Guidelines_for_Limiting_Exposure_to.2.aspx.

_____. Principles for Non-Ionizing Radiation Protection. **Health Physics**, v.118, n. 5, p. 477- 482, 2020(b). Disponível em: https://journals.lww.com/health-physics/Fulltext/2020/05000/Principles_for_Non_Ionizing_Radiation_Protection.1.aspx. Acesso em: 02 jan. 2021.

KARIMI, A.; MOGHADDAM, F. G.; VALIPOUR, M. Insights in the biology of extremely low-frequency magnetic fields exposure on human health. **Molecular Biology Reports**, 47, n. 7, p. 5621-5633, Jul 2020.

KAUR, S.; VIAN, A.; CHANDEL, S.; SINGH, H. P. *et al.* Sensitivity of plants to high frequency electromagnetic radiation: cellular mechanisms and morphological changes. **Reviews in Environmental Science and Bio-Technology**, 20, n. 1, p. 55-74, Mar 2021. Review.

KIM, J. H.; LEE, J. K.; KIM, H. G.; KIM, K. B. *et al.* Possible Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure on Central Nerve System. **Biomolecules & Therapeutics**, 27, n. 3, p. 265-275, May 2019.

KOSTOFF, R. N.; GOUMENOU, M.; TSATSAKIS, A. The role of toxic stimuli combinations in determining safe exposure limits. **Toxicology Reports**, v. 5, p. 1169-1172, 2018.

KOSTOFF, R. N.; HEROUX, P.; ASCHNER, M.; TSATSAKIS, A. Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions. **Toxicology letters**, v. 323, p. 35–40, 2020.

LEFF, Enrique. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. 9. Ed. Tradução Lúcia Mathilde Endlich Orth. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C. *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. **Bmj-British Medical Journal**, 339, p. 37, Jul 2009.

MARCHESAN, A. M. M. As Estações de Radiobase de Telefonia Celular no Contexto de uma Sociedade de Riscos. In: ESCOLA SUPERIOR DO MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO PAULO. **Poluição Eletromagnética: Saúde pública, Meio ambiente, Consumidor e Cidadania: Impacto das radiações das antenas e dos aparelhos celulares**. Caderno Jurídico. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. Ano 3, v. 6, n. 2, abr./jun. 2004. p. 139-155.

MEDEIROS, L. N.; SANCHEZ, T. G. Tinnitus and cell phones: the role of electromagnetic radiofrequency radiation. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, 82, n. 1, p. 97-104, Jan-Feb 2016.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. D. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, 17, p. 758-764, 2022.

MORGAN, L. L., et al. Mobile phone radiation causes brain tumors and should be classified as a probable human carcinogen (2A) (review). **International journal of oncology**, v. 46, n. 5, p. 1865-1871, 2015.

NAREN; ELHENCE, A.; CHAMOLA, V.; GUIZANI, M. Electromagnetic Radiation Due to Cellular, Wi-Fi and Bluetooth Technologies: How Safe Are We? **IEEE Access**, 8, p. 42980-43000, 2020.

National Toxicology Program. NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in B6C3F1/N Mice Exposed to Whole-body Radio Frequency Radiation at a Frequency (1,900 MHz) and Modulations (GSM and CDMA) Used by Cell Phones: Technical Report 596 [Internet]. Research Triangle Park (NC): **National Toxicology Program**, 2018.

PANAGOPOULOS, D. J. Comparing DNA damage induced by mobile telephony and other types of man-made electromagnetic fields. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research**, 781, p. 53-62, 2019.

PANAGOPOULOS, D. J.; KARABARBOUNIS, A.; YAKYMENKO, I.; CHROUSOS, G. P. Human-made electromagnetic fields: Ion forced-oscillation and voltage-gated ion channel dysfunction, oxidative stress and DNA damage (Review). **International Journal of Oncology**, 59, n. 5, p. 16, Nov 2021.

PHILLIPS, Alasdair. Technical Director, Powerwatch, updated November 2001. **Comparing standards for general public RF exposure levels**. 2001

RODRIGUES, N. C. P.; DODE, A. C.; ANDRADE, M. K. D.; O'DWYER, G. *et al.* The Effect of Continuous Low-Intensity Exposure to Electromagnetic Fields from Radio Base Stations to Cancer Mortality in Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 18, n. 3, Feb 2021.

RUBIK B., BROWN R. R. Evidence for a connection between coronavirus disease-19 and exposure to radiofrequency radiation from wireless communications including 5G. **J Clin Transl Res**. 2021 Sep 29;7(5):666-681. PMID: 34778597; PMCID: PMC8580522.

RUEDIGER, H. W. Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields. **Pathophysiology**, v. 16, n. 2-3, p. 89-102, 2009.

SAGE, C.; CARPENTER, D. O. BioInitiative Working Group. BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Radiation. Atualizado 2014-2020. 2012. <http://www.bioinitiative.org>.

SAGE, C.; BURGIO, E. Electromagnetic Fields, Pulsed Radiofrequency Radiation, and Epigenetics: How Wireless Technologies May Affect Childhood Development. **Child Development**, 89, n. 1, p. 129-136, Jan-Feb 2018.

SINGH, K. V.; GAUTAM, R.; MEENA, R.; NIRALA, J. P. *et al.* Effect of mobile phone radiation on oxidative stress, inflammatory response, and contextual fear memory in Wistar rat. **Environmental Science and Pollution Research**, 27, n. 16, p. 19340-19351, Jun 2020.

SMITH-ROE, S. L.; WYDE, M. E.; STOUT, M. D.; WINTERS, J. W. *et al.* Evaluation of the genotoxicity of cell phone radiofrequency radiation in male and female rats and mice following subchronic exposure. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, 61, n. 2, p. 276-290, Feb 2020.

STAM, R. Comparison of international policies on electromagnetic fields (power frequency and radiofrequency fields). **National Institute for Public Health and the Environment (RIVM)**. NL, pp. 1-18. 2018. Disponível em: <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2018-11/Comparison%20of%20international%20policies%20on%20electromagnetic%20fields%202018.pdf>. Acesso em 20 jan. 2022.

STEIN, Y.; UDASIN, I. G. Electromagnetic hypersensitivity (EHS, microwave syndrome) - Review of mechanisms. **Environmental Research**, 186, p. 4, Jul 2020.

SUÍÇA. Il Consiglio federale svizzero. **Ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti**. ORNI del 23 dicembre 1999 (Stato 1° giugno 2019). Disponível em: <<https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/2000/38/20190601/it/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-2000-38-20190601-it-pdf-a.pdf>>. Acesso em: 7 fev. 2021.

TAYE, R. R. *et al.* Effect of electromagnetic radiation of cell phone tower on foraging behaviour of Asiatic honey bee, *Apis cerana* F. (Hymenoptera: Apidae). **J Entomol Zool Stud**, v. 5, n. 3, p. 1527-1529, 2017.

TSIANG, A.; HAVAS, M. COVID-19 Attributed Cases and Deaths are Statistically Higher in States and Counties with 5th Generation Millimeter Wave Wireless Telecommunications in the United States. <https://esmed.org/MRA/mra>, 9, n. 4, 2021-04-12 2021. Research Articles.

TEJO, F. A. F. Impacto dos Campos Eletromagnéticos sobre a saúde e a necessidade de adotar-se o Princípio da Precaução. In: ESCOLA SUPERIOR DO MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO PAULO. **Poluição Eletromagnética: Saúde pública, Meio ambiente, Consumidor e Cidadania: Impacto das radiações das antenas e dos aparelhos celulares**. Caderno Jurídico. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. Ano 3, v. 6, n. 2, abr./jun. 2004. p. 157- 196.

WANG, P.; *et al.* Wireless Phone Use and Risk of Adult Glioma: Evidence from a Meta-Analysis. **World Neurosurgery**, v. 115, p. 629–636, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878875018308428>. Acesso em: 09 mar. 2021.

YAHYAZADEH, A.; DENIZ, O. G.; KAPLAN, A. A.; ALTUN, G. *et al.* The genomic effects of cell phone exposure on the reproductive system. **Environmental Research**, 167, p. 684-693, Nov 2018.

YAKYMENKO, I.; TSYBULIN, O.; SIDORIK, E.; HENSHEL, D. *et al.* Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. **Electromagnetic Biology and Medicine**, 35, n. 2, p. 186-202, 2016.

APÊNDICE A – Carta de Solicitação à Diretoria da Escola de Enfermagem para realização de medições de radiações eletromagnéticas em suas dependências

À Senhora

Diretora da Escola de Enfermagem da UFMG,

Professora Sônia Maria Soares.

Venho, por meio desta carta, apresentar a Vossa Senhoria meu Projeto de TCM. Meu nome é Naiara Chirlei Ferreira Martins, sou aluna da 3ª turma do Mestrado Profissional em Gestão de Serviços de Saúde. O meu Projeto de TCM é intitulado: Monitoramento das Radiações Eletromagnéticas de Alta Frequência Oriundas do Sistema de Telefonia Celular no Campus Saúde da UFMG, orientado pela Profª. Drª. Vanessa de Almeida Guerra e coorientadora Profª. Drª. Mery Natali Silva Abreu. O objetivo é avaliar os níveis de exposição ocupacional e de público em geral das radiações eletromagnéticas oriundas do sistema de telefonia celular, no prédio da Escola de Enfermagem da UFMG, situado na Avenida Professor Alfredo Balena, nº 190. Após a realização das medições, os valores obtidos das radiações eletromagnéticas serão comparados com os limites de exposição humana, de acordo com a Lei Federal n.º 11.934, e com limites internacionais mais restritivos.

A realização da pesquisa justifica-se devido ao fato de diversas evidências científicas de riscos à saúde humana e ambiental ocasionados pela exposição à radiação eletromagnética e também pelo fato da grande importância da Instituição. De acordo com o Ato nº 458 da ANATEL, áreas localizadas a até 50 (cinquenta) metros de hospitais, clínicas, escolas, creches e asilos são consideradas áreas críticas e devem ser alvos das medições para demonstração do atendimento aos limites de exposição humana a CEM. O Campus Saúde da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) é um local de grande relevância social e acadêmica, e também muito frequentado por diversos profissionais, alunos, pesquisadores, pacientes em tratamentos e comunidade em geral que passam longos períodos no local. Os resultados de medições dos CEM externos de RF são informações fundamentais para a avaliação de riscos à saúde das pessoas expostas, sejam elas trabalhadoras ou o público em geral. Sendo o tema em questão de grande relevância para a saúde pública, uma vez que, a literatura apresenta resultados

indicando vários agravos na saúde decorrentes de exposições aos CEM, além da reduzida produção científica sobre o mesmo tema no Brasil, são razões que justificam a realização desse estudo.

Diante do exposto, venho solicitar cordialmente a Vossa Senhoria autorização para realizar as medições dos campos eletromagnéticos nos seguintes locais da Escola de Enfermagem, a saber: nas salas de aulas, nos auditórios, na sala de professores e na sala da diretoria, ambos os locais pertencentes ao departamento dos cursos de graduação e pós-graduação da Gestão de Serviços de Saúde. De acordo com os autores Hardell, Carlberg e Hedendahl (2018), as medições de radiação eletromagnéticas devem ser realizadas de forma mais detalhada em locais onde as pessoas tendem a ocupar ou permanecerem por maior período de tempo, que são considerados locais de grande interesse. Os locais foram escolhidos levando-se em consideração a frequência de ocupação e o tempo de permanência das pessoas que trabalham, estudam ou frequentam os locais.

Para a realização da pesquisa, serão adotadas as seguintes medidas: garantia de não exposição de imagem de nenhuma pessoa em fotos, respeito de distanciamento de no mínimo 1,5 metros do posicionamento dos aparelhos em relação à posição das pessoas presentes no local. As medições apenas serão realizadas com prévia autorização dos departamentos responsáveis e com agendamento prévio. A realização desta pesquisa trará como benefício a apresentação de relatório técnico com todos os dados das medições realizadas à diretoria da Escola de Enfermagem da UFMG.

Naiara Chirlei Ferreira Martins

Prof^a. Dr^a. Vanessa de Almeida

Prof^a. Dr^a. Mery Natali Silva Abreu

APÊNDICE B – Resultado das medições das radiações eletromagnéticas realizadas na Escola de Enfermagem. Data: 19/02/2022.

Pontos de Medição	Local	Campo “E” Valor Médio (V/m)	Campo “E” Valor Máximo (V/m)	Densidade de Potência “S” ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
Ponto 1	Estacionamento	1,315	1,412	0,529
Ponto 2	Portaria 1 - (1º andar)	0,090	0,100	0,003
Ponto 3	Seção de Patrimônio - (1º andar)	0,158	0,169	0,008
Ponto 4	Auditório Maria Sinno - sala 116 - (1º andar)	0,112	0,113	0,003
Ponto 5	Centro de Memória - sala 108 - (1º andar)	0,069	0,072	0,001
Ponto 6	Congregação - sala 106 - (1º andar)	0,049	0,052	0,001
Ponto 7	REME - sala 104 - (1º andar)	0,048	0,056	0,001
Ponto 8	Secretaria Pós (1º andar)	0,047	0,050	0,001
Ponto 9	Coordenação Educação Prof. - sala 100 - (1º andar)	0,048	0,057	0,001
Ponto 10	Área de Lazer 030 - Térreo	0,057	0,060	0,001
Ponto 11	Corredor próximo ao elevador - Térreo	0,064	0,074	0,001
Ponto 12	Casa de Máquina 010 - Térreo	0,039	0,040	0,000
Ponto 13	Seção de Serviços Gerais 022 - Térreo	0,400	0,440	0,051
Ponto 14	Portaria - (2º andar)	1,026	1,160	0,357
Ponto 15	Corredor, próximo ao relógio de ponto - (2º andar).	1,576	1,608	0,686
Ponto 16	Diretoria - sala 217 - (2º andar)	0,442	0,463	0,057
Ponto 17	Secretaria Geral - sala 215 - (2º andar)	0,050	0,065	0,001
Ponto 18	Vice Diretoria - sala 219 - (2º andar)	0,3	0,49	0,064
Ponto 19	Superintendência Geral - (2º andar)	0,167	0,172	0,008
Ponto 20	Recepção Secretaria Geral - (2º andar)	0,139	0,142	0,005
Ponto 21	Coordenação do Colegiado Enfermagem- (2º andar)	0,205	0,31	0,025
Ponto 22	Secretaria dos Colegiados da Graduação - (2º andar)	0,18	0,24	0,015
Ponto 23	Coordenação de Gestão - (2º andar)	0,26	0,86	0,196
Ponto 24	Coordenação de Nutrição - (2º andar)	0,04	0,05	0,001
Ponto 25	Seção de Ensino 203 - (2º andar)	0,059	0,065	0,001
Ponto 26	Corredor próximo aos elevadores - (2º andar)	0,172	0,219	0,013
Ponto 27	Secretaria 222- (2º andar)	0,198	0,328	0,029
Ponto 28	Laboratório de Informática 210 - (2º andar)	0,27	0,272	0,020
Ponto 29	Sala de Professores 214 - (2º andar)	0,109	0,11	0,003

Ponto 30	NAPQ CENEX 216 - (2º andar)	0,82	0,69	0,126
Ponto 31	Sala de Professores 218 - (2º andar)	0,049	0,055	0,001
Ponto 32	Sala de Professores 220 - (2º andar)	0,082	0,084	0,002
Ponto 33	Assessoria de Comunicação 208 - (2º andar)	0,134	0,139	0,005
Ponto 34	Sala de Professores 202 - (2º andar)	0,32	0,374	0,037
Ponto 35	Sala de Professores 204 - (2º andar)	0,211	0,229	0,014
Ponto 36	Sala de Professores 206 - (2º andar)	0,128	0,134	0,005
Ponto 37	Sala de Professores 228 - (2º andar)	0,219	0,236	0,015
Ponto 38	Sala de Professores 200 - (2º andar)	0,138	0,142	0,005
Ponto 39	Sala de Professores 230 - (2º andar)	0,112	0,125	0,004
Ponto 40	Laboratório 305 - (3º andar)	0,076	0,091	0,002
Ponto 41	Laboratório 313 - (3º andar)	0,087	0,091	0,002
Ponto 42	Laboratório 315 - (3º andar)	0,083	0,090	0,002
Ponto 43	Laboratório 317 - (3º andar)	0,076	0,090	0,002
Ponto 44	Laboratório 319 - (3º andar)	0,084	0,087	0,002
Ponto 45	Laboratório 321 - (3º andar)	0,081	0,083	0,002
Ponto 46	Sala de Professores 312 - (3º andar)	0,358	0,49	0,064
Ponto 47	Sala de Professores 314 - (3º andar)	0,289	0,324	0,028
Ponto 48	Sala de Professores 316 - (3º andar)	0,48	0,489	0,063
Ponto 49	Sala de Professores 318 - (3º andar)	0,189	0,234	0,015
Ponto 50	Sala de Professores 320 - (3º andar)	0,352	0,46	0,056
Ponto 51	Sala de Professores 322 - (3º andar)	0,361	0,47	0,059
Ponto 52	Sala de Professores 324 - (3º andar)	0,294	0,358	0,034
Ponto 53	Secretaria Pós Nutrição e Saúde 326	0,05	0,061	0,001
Ponto 54	Corredor em frente aos elevadores - (3º andar)	0,466	0,474	0,060
Ponto 55	Laboratório de Informática 300 - (3º andar)	0,091	0,169	0,008
Ponto 56	Sala de apoio 332 - (3º andar)	0,054	0,073	0,001
Ponto 57	Corredor Norte/Sul - (3º andar)	0,83	0,89	0,210
Ponto 58	Sala de Professores 334 - (3º andar)	0,075	0,08	0,002
Ponto 59	Laboratório 301 - (3º andar)	0,192	0,232	0,014
Ponto 60	Corredor Norte/Sul - (4º andar)	0,738	0,96	0,244
Ponto 61	Sala de Aula 401 - (4º andar)	0,262	0,315	0,026
Ponto 62	Sala de Aula 409 - (4º andar)	0,160	0,312	0,026
Ponto 63	Sala de Aula 411 - (4º andar)	0,158	0,311	0,026

Ponto 64	Sala de Aula 413 - (4º andar)	0,139	0,315	0,026
Ponto 65	Sala de Aula 415 - (4º andar)	0,262	0,289	0,022
Ponto 66	Sala de Professores 428- (4º andar)	0,133	0,139	0,005
Ponto 67	Secretaria EMI 426- (4º andar)	0,120	0,131	0,005
Ponto 68	Sala de Professores 410- (4º andar)	0,68	0,82	0,178
Ponto 69	Sala de Professores 412- (4º andar)	0,685	0,795	0,168
Ponto 70	Sala de Professores 414- (4º andar)	0,684	0,77	0,157
Ponto 71	Sala de Professores 416- (4º andar)	0,794	0,915	0,222
Ponto 72	Sala de Professores 418- (4º andar)	0,698	0,82	0,178
Ponto 73	Sala de Professores 420- (4º andar)	0,756	0,836	0,185
Ponto 74	Sala de Professores 422- (4º andar)	0,847	0,851	0,192
Ponto 75	Anfiteatro Colegiado da Pós 432 - (4º andar)	0,19	0,204	0,011
Ponto 76	Sala de Professores 400 - (4º andar)	0,208	0,236	0,015
Ponto 77	Sala de Professores 402 - (4º andar)	0,212	0,236	0,015
Ponto 78	Sala de Professores 404 - (4º andar)	0,209	0,23	0,014
Ponto 79	Sala de Professores 434 - (4º andar)	0,218	0,235	0,015
Ponto 80	Corredor em frente aos elevadores - (5º andar)	0,329	0,359	0,034
Ponto 81	Secretaria do ENA 526 - (5º andar)	0,360	0,417	0,046
Ponto 82	Chefia do ENA 524 - (5º andar)	0,358	0,412	0,045
Ponto 83	Sala de Professores 508 - (5º andar)	0,450	0,480	0,061
Ponto 84	Sala de Professores 510 - (5º andar)	0,436	0,473	0,059
Ponto 85	Sala de Professores 514 - (5º andar)	0,452	0,480	0,061
Ponto 86	Sala de Professores 516 - (5º andar)	0,441	0,476	0,060
Ponto 87	Sala de Professores 518 - (5º andar)	0,438	0,464	0,057
Ponto 88	Sala de Professores 520 - (5º andar)	0,446	0,452	0,054
Ponto 89	Sala de Professores 522 - (5º andar)	0,368	0,480	0,061
Ponto 90	Corredor Norte/Sul - (5º andar)	1,063	1,170	0,363
Ponto 91	Sala de Aula 507 - (5º andar)	0,21	0,238	0,015
Ponto 92	Sala de Aula 509 - (5º andar)	0,145	0,248	0,016
Ponto 93	Sala de Aula 511 - (5º andar)	0,189	0,215	0,012
Ponto 94	Sala de Aula 513 - (5º andar)	0,232	0,245	0,016
Ponto 95	Anfiteatro Roseni 504 - (5º andar)	0,241	0,252	0,017
Ponto 96	Anfiteatro Laís Neto 528 - (5º andar)	0,251	0,308	0,025

Fonte: Os autores (2022).