

**SONALY DE LIMA SILVA
LUIZ BUENO DA SILVA**

Radiação não ionizante e os Ambientes de Trabalho

**RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE E OS
AMBIENTES DE TRABALHO**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Reitora MARGARETH DE FÁTIMA FORMIGA MELO DINIZ
Vice-Reitora BERNARDINA MARIA JUVENAL FREIRE DE OLIVEIRA
Pró-Reitora PRPG MARIA LUIZA PEREIRA DE ALENCAR MAYER FEITOSA



EDITORA DA UFPB

Diretora IZABEL FRANÇA DE LIMA
Supervisão de Administração GEISA FABIANE FERREIRA CAVALCANTE
Supervisão de Editoração ALMIR CORREIA DE VASCONCELLOS JÚNIOR
Supervisão de Produção JOSÉ AUGUSTO DOS SANTOS

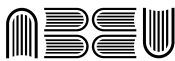
CONSELHO EDITORIAL

ADAILSON PEREIRA DE SOUZA (Ciências Agrárias)
ELIANA VASCONCELOS DA SILVA ESVAEL (Linguística, Letras E Artes)
FABIANA SENA DA SILVA (Interdisciplinar)
GISELE ROCHA CÔRTEZ (Ciências Sociais Aplicadas)
ILDA ANTONIETA SALATA TOSCANO (Ciências Exatas e da Terra)
LUANA RODRIGUES DE ALMEIDA (Ciências da Saúde)
MARIA DE LOURDES BARRETO GOMES (Engenharias)
MARIA PATRÍCIA LOPES GOLDFARB (Ciências Humanas)
MARIA REGINA VASCONCELOS BARBOSA (Ciências Biológicas)

CONSELHO CIENTÍFICO

MARIA AURORA CUEVAS-CERVERÓ (Universidad Complutense Madrid /ES)
JOSÉ MIGUEL DE ABREU (UC/PT)
JOAN MANUEL RODRIGUEZ DIAZ (Universidade Técnica de Manabí/EC)
JOSÉ MANUEL PEIXOTO CALDAS (USP/SP)
LETÍCIA PALAZZI PEREZ (UNESP/MARÍLIA/SP)
ANETE ROESE (PUC MINAS/MG)
ROSÂNGELA RODRIGUES BORGES (UNIFAL/MG)
SILVANA APARECIDA BORSETTI GREGORIO VIDOTTI (UNESP/MARÍLIA/SP)
LEILAH SANTIAGO BUFREM (UFPR/PR)
MARTA MARIA LEONE LIMA (UNEB/BA)
LIA MACHADO FIUZA FIALHO (UECE/CE)
VALDONILSON BARBOSA DOS SANTOS (UFCG/PB).

Editora filiada à:



**Associação Brasileira
das Editoras Universitárias**

Sonaly de Lima Silva
Luiz Bueno da Silva

**RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE E OS
AMBIENTES DE TRABALHO**

Editora UFPB
João Pessoa
2020

Direitos autorais 2020 – Editora UFPB

Efetuada o Depósito Legal na Biblioteca Nacional,
conforme a Lei nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS À EDITORA UFPB

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio

A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998)
é crime estabelecido no artigo 184 do Código Penal

O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade do autor

Impresso no Brasil. Printed in Brazil

Projeto Gráfico	Editora UFPB
Editoração Eletrônica e Design da Capa	Clemente Ricardo Silva
Imagens da Capa	https://br.freepik.com

CATALOGAÇÃO NA FONTE: Biblioteca Central da Universidade Federal da Paraíba

S586r Silva, Sonaly de Lima.
 Radiação não ionizante e os ambientes de trabalho / So-
 naly de Lima Silva, Luiz Bueno da Silva. - João Pessoa : Editora
 UFPB, 2020.
 132 p. : il.
 ISBN: 978-85-237-1496-3

1. Radiação não ionizante – Ambiente de trabalho. 2. Campo
eletromagnético – Ambiente de trabalho. 3. Ambiente de tra-
balho – Radiação – Equipamentos. I. Silva, Luiz Bueno da. II.
Título.

UFPB/BC

CDU 537.8

Livro aprovado para publicação através do Edital N° 01/2019, financiado pelo Programa de Apoio a Produção Científica - Pró-Publicação de Livros da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal da Paraíba.

EDITORA DA UFPB	Cidade Universitária, Campus I – s/n João Pessoa – PB CEP 58.051-970 editora.ufpb.br editora@ufpb.edu.br Fone: (83) 3216.7147
------------------------	---

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO	07
-------------------------	-----------

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1 REVISÃO DE CONCEITOS REFERENTES AO ELETROMAGNETISMO.....	11
2.2 RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE	12
2.3 INTERAÇÃO DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO COM O CORPO HUMANO.....	15
2.4 EFEITOS DA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE	21
2.5 POSSÍVEIS DANOS À SAÚDE	22
2.6 LIMITES DE EXPOSIÇÃO A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS.....	29
2.7 ESTUDOS REALIZADOS EM AMBIENTES PROVIDOS DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS	34
2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	35

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES DE MEDIÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE	37
3.2 ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NÃO-IONIZANTE NO AMBIENTE.....	42
3.3 ANÁLISE DA OSCILAÇÃO DOS NÍVEIS DE RNI ENTRE OS AMBIENTES	72
3.4 DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA DOS NÍVEIS DE RNI.....	79
3.5 PERFIL DOS TÉCNICOS.....	89
3.6 ANÁLISE DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS.....	95

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES	107
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	109
REFERÊNCIAS	111
SOBRE OS AUTORES	129

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Inúmeras são as transformações ocorridas com o desenvolvimento de tecnologias eletroeletrônicas, com maior facilidade e soluções de demandas de serviços. O desenvolvimento de tecnologias como o microcomputador, e sua inserção crescente nos ambientes de trabalho, como também em outros postos de trabalho, trouxeram mudanças nos aspectos de serviços, rotina laboral e inclusive sobre a saúde (MARTIN; TANAKA, 2011; GONÇALVES, 2012; DEHAGHI, 2016).

Implantado em variados setores - administrativos, organizacionais, informativos, comunicação, comerciais, domésticos entre outros, alcança diferentes faixas etárias com usos particulares, desde crianças e adolescentes com jogos e estudos, até adultos que dependem deste meio para o desenvolvimento de suas atividades laborais. Em setores específicos como o de telecomunicações e de informática, calcula o IBGE (2016) que existem 2428 empresas de telecomunicações com 91077 pessoas exercendo suas atividades profissionais; outras 58950 empresas que realizam atividades em informática com 378576 indivíduos laborando nesse setor.

Com relação ao tempo de uso, tem-se um grande número de usuários de computador, com cerca de 70% e a cada 1,3 mil pessoas passando aproximadamente 26 horas semanais diante do computador e 13 horas semanais diante das telas de telefones celulares. Desses, existem trabalhadores que dependem de computadores para executar suas atividades e que em grande parte não tem conhecimento sobre a exposição a algum tipo de risco (CONVERGÊNCIA DIGITAL, 2013).

A grande maioria desses usuários e especialmente aqueles que têm o computador como ferramenta de trabalho utilizando-o de forma contínua e por um longo período de tempo estão, portanto, expostos a radiação emitida por esses computadores, a radiação do tipo não ionizante.

Másculo (2008) afirma que as radiações não ionizantes são aquelas que não geram ionizações, pois não possuem energia adequada para emissão de elétrons, átomos ou de moléculas. Ainda, classifica-as em sônicas e eletromagnéticas. Esta última, objeto do escopo desse livro possui energia menor que 10 eV (elétron volts), tem comprimento de onda maior que 200nm, engloba a radiação ultravioleta, a luz visível, o infravermelho, o micro-ondas, as radiofrequências, campos de extrema baixa frequência.

Essa radiação tem origem em diversas fontes que recebem as seguintes classificações: naturais e artificiais, ou fixas e móveis. As fontes naturais – sol, radiação das estrelas, outras fontes cósmicas e descargas eletrostáticas terrestres, são poucas e extremamente fracas. E as artificiais que são as criadas pelo homem, provenientes de equipamentos eletroeletrônicos, corrente elétrica. Como fontes fixas temos as de rádio (AM e FM) e televisão (UHV/ VHF), as linhas de transmissão de alta tensão, transformadores, geradores, subestações de transformadores, rede de distribuição elétrica; e as fontes móveis que incluem telefones celulares, equipamentos de informática, lâmpadas, máquinas industriais, eletrodomésticos e eletroeletrônicos. A presença destes tipos de fontes resulta na exposição do usuário à campos eletromagnéticos no seu local de trabalho, em sua moradia ou até mesmo na rua (OMS, 2002; PADILHA, 2011; CAMARA, 2014).

Sabe-se que, em determinadas frequências, as ondas eletromagnéticas podem interagir com moléculas presentes em organismos vivos, por um fenômeno denominado de ressonância. Ou seja, captam a oscilação da onda eletromagnética e seu efeito depende de sua intensidade, podendo resultar em queimaduras, modificação da estrutura molecular ou em apenas aquecimento (ALLEN *et al.*, 1991).

Assim, alguns estudos já exploraram e continuam verificando a associação da exposição a RNI com problemas de saúde. Poole (1993) investigou a associação da exposição com o desenvolvimento de problemas no Sistema Nervoso Central, e concluiu que esta radiação está associada ao desenvolvimento de depressão, nervosismo, ansiedade e distúrbios do

sono em pessoas expostas a campos eletromagnéticos (CEM). Demais pesquisadores investigam a exposição a campos eletromagnéticos de baixa frequência com o desenvolvimento de distúrbios como a leucemia, tumores, dermatites, alterações na motilidade espermática, redução na excreção de melatonina, distúrbios do sono, sintomas oftalmológicos, hipersensibilidade, doenças neurodegenerativas, dentre outras (GARCIA; SISTERNAS; HOYOS, 2008; PIERRE; MARC-VERGNE, 2010; AVEDAÑO *et al.* 2012; LABBAFINEJAD; AGHILINEJAD; SADEGH, 2010).

Em 2002 a Organização Mundial da Saúde (OMS) observou que campos magnéticos de baixas-frequências induzem correntes circulantes dentro do corpo humano. E a intensidade dessas correntes induzidas depende da intensidade do campo magnético externo e do percurso através do qual a corrente flui, como também do tempo de exposição. A Agência Internacional de Pesquisa sobre o câncer, instituto de pesquisa de câncer da OMS, neste mesmo ano, avaliou os campos magnéticos de baixa frequência e os classificou na categoria 2 B, o que pode ser interpretado como «possivelmente carcinogênico para os seres humanos» (ICNIRP, 2010). A pesquisa teve como base estudos epidemiológicos sobre a leucemia infantil desenvolvidos por autores como Ahlbom *et al.* (2000) e Greenland *et al.* (2000).

Para tanto, entidades internacionais, como o ICNIRP (*International Commission on Non-ionizing Radiation Protection*), WHO (*World Health Organization*), Cenelec (*European Committee for Electrotechnical Standardization*), IEC (*International Electrotechnical Commission*), ANSI (*American National Standards Institute – USA*), IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers – USA*), entre outras, diante das possíveis complicações advindas com a exposição a essa fonte de radiação têm publicado recomendações e determinado padrões de exposição de acordo com níveis de radiação e características das atividades desenvolvidas. Essas recomendações foram adotadas em diversos países e no Brasil, por meio da agência reguladora Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), também são acatadas as recomendações dos órgãos acima citados.

Assim, levando-se em consideração o crescente e intenso uso de computadores e os estudos sobre efeitos da radiação sobre a saúde, autores direcionaram suas pesquisas para a análise de ambientes como escritórios, que possuem equipamentos eletrônicos e que são indispensáveis para o desempenho das atividades no local. Então, em 2007, Kanapekas *et al.* analisou o nível de radiação não ionizante emitida por computadores do tipo unidades de vídeo *display* (VDU) em salas de aula. Já em 2008 Grazulevicius, G. investigou os campos emitidos por computadores do tipo tela de cristal líquido (LCD). Anos depois, Kokalari, I.; Karaja, T. (2011) estudaram os níveis de radiação de acordo com o tipo de computador e a distância deste. Koppel, T.; Tint, P. (2014) analisaram o nível de campo considerando 24 pontos no corpo do usuário de computador. E, em 2016, Dehaghi *et al.* realizou medições do campo em volta dos computadores.

Por fim, observa-se que há estudos investigando possíveis efeitos sobre a saúde decorrente da exposição a campos eletromagnéticos, como também, há estudos em ambientes internos equipados eletronicamente que investigam os níveis de campos encontrados nesses ambientes de acordo com a distância do usuário ao computador, o tipo, funcionamento e local do computador e o aterramento elétrico.

Nesse sentido, percebe-se que os estudos estão direcionados aos problemas de saúde ou as características do equipamento e a níveis de campo magnético sem analisar o ambiente como um todo sob a ótica da inserção do usuário e de equipamentos eletrônicos em seu cenário de trabalho diário, podendo apresentar alguns problemas ou até alterações sintomatológicas decorrentes dessa exposição.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentada a fundamentação teórica com a finalidade de abordar conceitos necessários para se construir uma base conceitual de conhecimentos que direcionem o leitor ao entendimento da temática abordada neste livro.

2.1 REVISÃO DE CONCEITOS REFERENTES AO ELETROMAGNETISMO

2.1.1 Campo Magnético

O campo magnético corresponde a região em torno de um ímã na qual é percebido efeito magnético. Esse campo pode ser percebido pela força magnética de atração ou repulsão e pode ser mensurado pela força exercida sobre o movimento de partículas de carga (elétrons) (HALLIDAY, 2018).

2.1.2 Densidade de Campo Magnético

Consiste em uma grandeza vetorial, representada pela letra B, e pode ser calculada pela relação entre o fluxo magnético e a área alcançada perpendicularmente por esse fluxo (HALLIDAY, 2018)

$$B = \Phi / A$$

Onde:

B: densidade de fluxo magnético dado na unidade de Tesla [T]

Φ : fluxo magnético na unidade Weber [Wb]

A: área da seção perpendicular ao fluxo magnético dada em metro quadrado [m²]

2.1.3 Campo Eletromagnético

Consiste no campo magnético de origem elétrica. Foi observado, pelo cientista Oersted, que na presença de corrente elétrica no fio havia movimento na agulha magnética com direção perpendicular ao fio. Assim, determinou-se que ao haver movimento de duas cargas elétricas, entre elas existe uma força magnética (HAYT,2001).

Esse campo apresenta características que foram classificadas em leis: Lei de Faraday- campos magnéticos variáveis provocam campos elétricos variáveis; Lei de Ampère- campos elétricos variáveis provocam campos magnéticos variáveis (HAYT, 2001; EDMINISTER,2006).

2.1.4 Fenômenos do Eletromagnetismo

Após a observação de que um campo elétrico é capaz de gerar um campo magnético, constatou-se que um campo magnético também pode gerar corrente elétrica. Daí, tem-se que um condutor quando percorrido por corrente provoca uma força magnética com capacidade de movimentar um ímã, assim um ímã deve provocar uma força num condutor percorrido por corrente elétrica, fenômeno denominado de Lei da Ação e Reação de Newton (HAYT, 2001; EDMINISTER,2006).

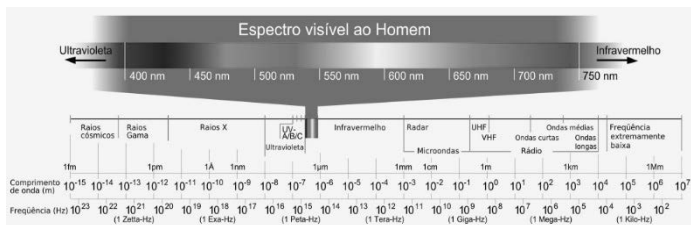
2.2 RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE

Radiação que não possui energia suficiente para ionizar elétrons de átomos ou moléculas, portanto não ionizante (Másculo, 2008). A radiação pode apresentar-se em forma de onda eletromagnética, constituída de campo elétrico e campo magnético oscilantes, perpendiculares entre si e que se propagam no vácuo com a velocidade da luz de 3×10^8 m/s (BARROS,2016).

O comprimento de onda e a frequência da onda caracterizam uma onda eletromagnética, dessa forma existem várias faixas que constituem

o espectro eletromagnético e por isso a radiação não ionizante apresenta subdivisões: campos de frequência extremamente baixa, ondas de rádio, micro-ondas, radiação infravermelha, luz visível (BARROS, 2016). Abaixo observa-se uma imagem com o espectro eletromagnético, na qual a radiação não ionizante ocupa o lado direito do espectro.

FIGURA 1 - Espectro eletromagnético



FONTE: GRIFFITHS (2011)

2.2.1 Tipos de Radiação Não Ionizante

As radiações não ionizantes são classificadas em vários tipos de acordo com o comprimento de onda e a frequência, ou pelo tipo de fonte e interação com a matéria.

2.2.1.1 Campos de frequência extremamente baixa

São campos cuja frequência vai até 300Hz e seu comprimento de onda no ar é longo (6000 a 5000Km). E seus campos elétrico e magnético podem ser medidos separadamente (WHO, 1998). A exposição a este tipo de campo está associada à geração e transmissão de energia, ao uso de eletrodomésticos ou a fontes naturais de exposição que consistem no campo geomagnético da Terra, trovões e relâmpagos (BRODIC; AMELIO, 2015; MCCOLL *et al.*, 2015).

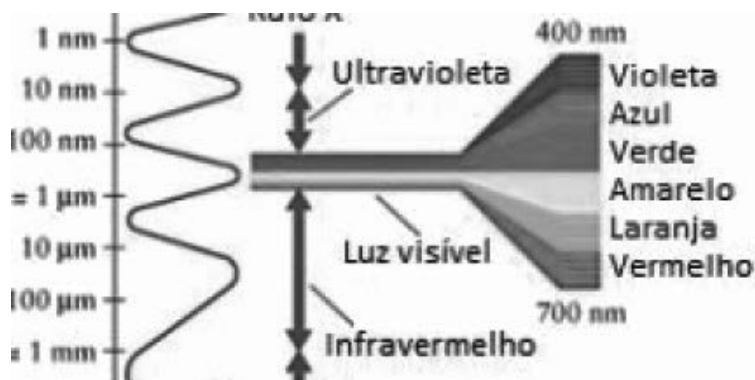
2.2.1.2 Ondas de rádio

Ondas de rádio ou radiofrequência caracterizam-se por ondas com comprimento grande e com frequências muito pequenas de até 10^7 Hz, acima da qual estão os raios infravermelhos. São fontes de radiofrequência os circuitos eletrônicos oscilantes e podem ser geradas pela passagem de corrente elétrica alternada por um condutor. Compreende as ondas de TV, as ondas curtas, as ondas longas e as próprias bandas de AM e FM (TORRES *et al.* 2013).

2.2.1.3 Luz visível

Compreende as ondas eletromagnéticas que são visíveis ao olho humano de uma pessoa normal. É delimitada pela faixa de menor frequência oticamente estimulante a **radiação infravermelha** e pelo lado de maior frequência perceptível a faixa de radiação **ultravioleta**. Então o espectro de luz visível vai do infravermelho ao ultravioleta com comprimentos de onda de 400nm a 800nm (TORRES *et al.* 2013).

FIGURA 2- Espectro eletromagnético



FONTE: FULLGRAF (2012)

2.2.1.4 Radiação Infravermelha

Pode-se observar que a radiação infravermelha está localizada no espectro eletromagnético entre a luz visível e as micro-ondas. É classificada em três tipos: curtos ou IVA próximo da luz visível, médios ou IVB médio e longos ou IVC distante da luz visível. A radiação infravermelha tem como fonte o calor decorrente de movimentação atômica e molecular (OKUNO, 2005; TORRES *et al.* 2013).

2.2.1.5 Micro-ondas

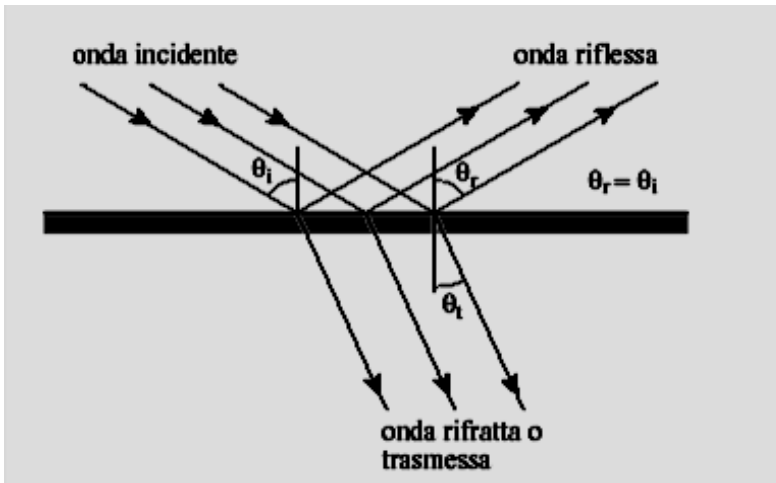
É delimitada no espectro eletromagnético pelas ondas infravermelhas e as de rádio. É encontrada em aplicações como fornos de micro-ondas, satélite de comunicação, televisão, radar (TORRES *et al.*, 2013).

2.3 INTERAÇÃO DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO COM O CORPO HUMANO

Pela Lei de Faraday e de Ampère, campos magnéticos variáveis geram campos elétricos variáveis que por sua vez geram campos magnéticos variáveis e assim sucessivamente originando ondas eletromagnéticas (HAYT,2001; CEFET,2005; EDMINISTER,2006).

As ondas eletromagnéticas se propagam no espaço com velocidade constante, transportando energia eletromagnética para pontos distantes. Em contato com o corpo humano a onda eletromagnética é parcialmente refletida de volta para o meio e parte dela é absorvida de forma refratada, como pode ser observado na figura 3 (GIANCOLI,2000; HAYT,2001; CEFET,2005; EDMINISTER,2006; GRAÇA,2012).

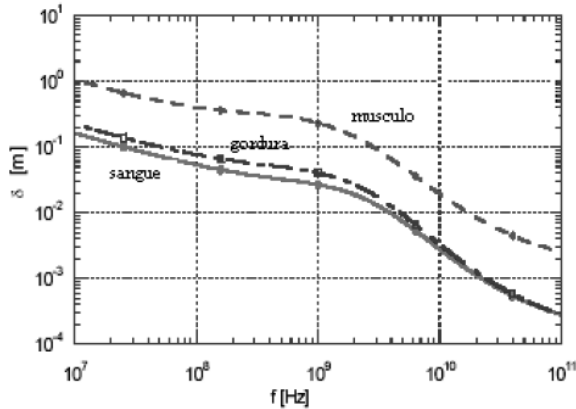
FIGURA 3 - Reflexão e refração da onda



FONTE: GRAÇA (2012)

Por sua vez, a absorção da onda eletromagnética pelo corpo humano varia de acordo com as características dos tecidos, do tempo de exposição, da intensidade do campo e da composição do tecido. Na figura 4 observa-se a profundidade de penetração da onda no corpo em função da frequência e do tecido. O resultado dessa absorção pode implicar em aumento de temperatura corporal que pode vir a não ser percebido pelos receptores térmicos superficiais e provocar um aquecimento corporal (SILVA *et al.*, 2015).

FIGURA 4 - Absorção da onda eletromagnética por diferentes tecidos corporais



FONTE: ELETTRA (2000)

Percebe-se que tecidos musculares apresentam maior absorção da onda eletromagnética em relação ao sangue e gordura corporal. Essas diferenças de absorção da onda eletromagnética estão associadas a uma propriedade física de alguns tecidos biológicos - a concentração aquosa. Na tabela 1 é possível observar a frequência da onda eletromagnética pelas concentrações de água nos tecidos, como também a permissividade do tecido àquele campo. Nota-se que tecidos com maior quantidade de água apresentam maior permissividade e maior condutividade (CARDOSO, 2011).

TABELA 1- Permissividade e condutividade pela concentração aquosa em função da frequência da onda eletromagnética

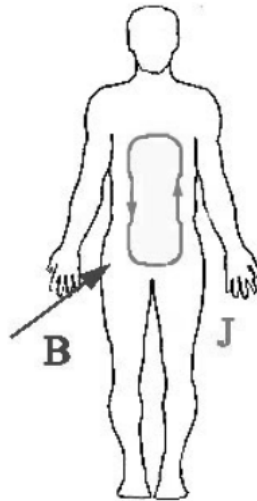
F(MHz)	Músculo, pele e tecidos com alta concentração aquosa		Músculo, pele e tecidos com baixa concentração aquosa	
	ϵ_R	σ (S/m)	ϵ_R	σ (mS/m)
100	71,7	0,889	7,45	19,1-75,9
300	54	1,37	5,7	31,6-107
750	52	1,54	5,6	49,8-138
915	51	1,60	5,6	55,6-147
1.500	49	1,77	5,6	70,8-171
2.450	47	2,21	5,5	96,4-213
5.000	44	3,92	5,5	162-309
10.000	39,9	10,3	4,5	324-549

Legenda: ϵ = Permissividade do tecido; σ = Condutividade; S/m= Siemens/metro; mS= microSiemens.

FONTE: GRAÇA (2012)

Além de observar a absorção da onda eletromagnética pelos tecidos do corpo, podemos observar na figura 5 a indução de corrente pelo campo magnético no corpo humano. Os campos eletromagnéticos interagem com os sistemas biológicos a partir de sua capacidade de induzir correntes nas membranas das células e nos fluidos intercelulares. Essas correntes, por sua vez, geram campos magnéticos concêntricos (CABRITA, 2008).

FIGURA 5 - Indução de corrente de campo magnético no corpo humano



FONTE: GRAÇA (2012)

Em 2002 a Organização Mundial da Saúde (OMS) observou que campos magnéticos de baixas-frequências induzem correntes circulantes dentro do corpo humano. E a intensidade dessas correntes induzidas depende da intensidade do campo magnético externo e do percurso através do qual a corrente flui. O efeito prejudicial da exposição a Campos Eletromagnéticos (CEM) no tecido depende da frequência e densidade do campo, como também do tempo de exposição.

Outros fatores de risco que devem ser observados são o estado funcional, a sensibilidade e a vascularização do organismo exposto a RNI (CARDOSO, 2011). Existem vários estudos descrevendo efeitos e problemas decorrentes da exposição ao campo eletromagnético mas que se limitam na interpretação minuciosa de como ocorre o processo fisiopatológico. Por isso, alguns estudos propõem descrever como o CEM/ RNI pode

provocar algum efeito para a saúde do indivíduo exposto. Dessa forma, é possível observar no quadro 1 os mecanismos de interação organismo-campo, que possam explicar os desenvolvimentos de efeitos sobre a saúde que serão abordados no próximo tópico.

QUADRO 1 - Mecanismo de interação organismo-CEM

ANO	AUTORES	MECANISMO DE INTERAÇÃO
2002	MANNI <i>et al.</i>	Alteração da morfologia da membrana celular
2004	GRASSI <i>et al.</i>	Apoptose celular
2007	TSAI <i>et al.</i>	Alteração de processos celulares
2008	PIACENTINI <i>et al.</i>	Diferenciação celular
2008	WEI <i>et al.</i>	Promoção da proliferação e diferenciação de osteoblastos
2010	MANNERLING <i>et al.</i>	Aumento de Ca ²⁺ (cálcio) intracelular
2010	PATRUNO <i>et al.</i>	Aumento da proliferação de queratinócitos e outros
2011	MAYER-WAGNER <i>et al.</i>	Alteração da expressão gênica
2011	NORIEGA-LUNA <i>et al.</i>	Alteração da morfologia celular

FONTE: Autoria própria (2019)

Então, interações como alteração da morfologia da membrana celular, apoptose celular, diferenciação celular, promoção da proliferação e diferenciação de osteoblastos, aumento de cálcio intracelular, aumento

de queratinócitos, alteração da expressão gênica e alteração da morfologia celular constituem mecanismos de interação entre o CEM e organismo.

2.4 EFEITOS DA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE

É sabido que a radiação não ionizante não tem o poder de ionizar átomos e moléculas, e é por isso que é assim denominada. Então essa radiação interage através de outros meios, com a geração de forças atrativas e forças repulsivas sobre as cargas elétricas, alterando a distribuição das cargas nos materiais que por sua vez geram campos magnéticos e elétricos resultantes dessa redistribuição das cargas elétricas (GIANCOLI,2000; MÁSCULO,2016).

À vista disso, a interação da radiação não ionizante com o corpo humano, resulta em efeitos que podem ser divididos nas seguintes classificações: quanto a temperatura - efeitos térmicos e não térmicos; e quanto a consequência - efeitos adversos e biológicos.

2.4.1 Efeitos térmicos: Esses compreendem todos os efeitos que provocam aumento de temperatura nos tecidos biológicos, em decorrência da absorção da energia eletromagnética (ELBERN, 2012).

2.4.2 Efeitos não térmicos: Compreendem efeitos bioquímicos ou eletro físicos provocados pelos campos eletromagnéticos induzidos (ELBERN,2012).

2.4.3 Efeitos adversos: São observados problemas ou agravo a saúde do indivíduo exposto ao campo eletromagnético (OMS, 2002; GONÇALVES,2012).

2.4.4 Efeitos biológicos: São reações às mudanças no ambiente e podem ser ou não observados danos à saúde. Englobam desde efeitos térmicos a não térmicos (OMS,2002; GONÇALVES,2012)

Esses efeitos podem variar conforme os graus de absorção de energia pelo corpo humano. Portanto, existem diversos fatores relacionados à essa absorção de energia, como: a frequência da onda, o posicionamento do corpo em relação à onda eletromagnética e em relação à fonte geradora da onda, a polarização da onda eletromagnética, o meio ambiente, as fontes de onda, a constante dielétrica e a condutividade do corpo humano (GONÇALVES, 2012).

Após o conhecimento da radiação não ionizante, suas propriedades e interação com o corpo humano que podem resultar em efeitos sobre o mesmo, são examinados os possíveis danos causados sobre a saúde de seres humanos e animais tomados para o desenvolvimento de pesquisas.

2.5 POSSÍVEIS DANOS À SAÚDE

Há estudos que investigam a correlação entre a exposição a campos eletromagnéticos ou radiação não ionizante com o desenvolvimento de possíveis danos à saúde.

2.5.1 Câncer

É o nome geral dado a um conjunto de várias doenças que resultam do crescimento desordenado de células que tendem a invadir tecidos e órgãos (INCA,2011). Em um levantamento da OMS datado de 2001 verificou-se estudos que relacionam o desenvolvimento de câncer com a exposição a campos eletromagnéticos, dessa forma, baseados na classificação padrão do IARC (*International Agency for Research on Cancer*) que examina evidências de estudos humanos, animais e de laboratório, os campos de frequência extremamente baixa (0Hz-300Hz) foram classificados como possivelmente carcinogênicos para humanos. Para tal, tiveram como fonte de investigação estudos epidemiológicos de leucemia infantil (OMS,2002).

Em 2010 Calvente *et al.* (2010) realizaram um levantamento bibliográfico com estudos que abordavam o desenvolvimento de câncer, do tipo leucemia infantil, como consequência da exposição à radiação não ionizante. Os estudos encontrados, em sua maioria, analisavam a radiação do tipo baixa frequência, extrema baixa frequência e radiofrequência. E observou-se que há uma associação entre a exposição de crianças a um campo eletromagnético de 0,3 micro Tesla e um risco aumentado ao desenvolvimento de leucemia.

Há ainda outros estudos que analisam a carcinogênese como consequência da exposição a campos eletromagnéticos, como câncer cerebral, supressão hormonal de melatonina que vem a ser uma alteração de exposição ao risco de desenvolvimento de câncer (SAVITZ, 1993; REITER, 1994; KHEIFFETS, 1995; STEVENS, 1996; BURCH, 1999).

Além de levantamentos com relação ao desenvolvimento de câncer, há estudos que analisam o desenvolvimento de tumores benignos. O INCA (2011) estabelece que um tumor consiste em um crescimento anormal celular que se divide em dois tipos: o maligno, popularmente conhecido por câncer, tem capacidade de invadir tecidos e órgãos e o benigno que apresenta crescimento organizado, lento e com limites bem definidos, sem capacidade de adentrar tecidos vizinhos.

Assim, em 2015 Lerchl investigou a relação entre a exposição a campos de radiofrequência e o desenvolvimento de tumores. Separando a amostra em grupo controle e grupo exposto seguindo a disposição com base no SAR (*Specific Absorption Rate*): (0 W / kg), 0,04 W / kg (baixo), 0,4 W / kg (moderado) e 2 W / kg (alto), sendo essa configuração para a exposição, considerando um peso de 20 gramas.

Então ao final das análises verificou-se que metade do grupo exposto foi afetada e que os maiores números de tumores localizavam-se nos pulmões, fígado e sistema linfático. Não foi possível estabelecer com fidelidade o mecanismo de lesão, nem uma correlação com o nível de exposição, mas acredita-se que seja decorrente de alterações metabólicas à níveis de 0,04 e 0,4W/Kg SAR.

2.5.2 Alterações hormonais

Em 1999 Burch realizou um estudo com o objetivo de investigar a correlação entre a exposição ocupacional a campos magnéticos de 60Hz com a diminuição da excreção da melatonina em trabalhadores de serviços elétricos.

Sabe-se que a melatonina é um hormônio produzido pela glândula pineal e que sua concentração é responsável por alguns mecanismos regulatórios no corpo humano, sendo um deles o ciclo circadiano. A secreção desse hormônio apresenta sensibilidade a luminosidade e é elevado no início da noite, com redução no final. Quando submetido a situações naturais para um ciclo claro-escuro, há uma produção e secreção regular da melatonina. Tem-se que a luminosidade pode interferir na síntese de melatonina através da comunicação eixo óptico glândula pineal (ESCOBAR-CORDOBA, CHICA-URZOLA, CUEVAS-CENDALES,2008; NETO; CASTRO, 2008).

Então, Burch (1999) realizou seu estudo analisando a excreção de melatonina através do exame urinário dos trabalhadores. Além disso, controlou as variáveis de exposição a luminosidade, exposição a campos eletromagnéticos durante o trabalho e após o trabalho, hábitos sociais, hábitos de vida entre outros fatores que pudessem interferir na exposição a campos eletromagnéticos, a luz e a produção de melatonina.

Foram realizadas coletas de urina imediatamente após o turno de trabalho e em cada um dos três dias de trabalho (geralmente segunda, terça e quarta-feira). Ainda foram coletados quatro amostras consecutivas de urina durante a noite, e a segunda amostra matutina foi utilizada para avaliar os valores basais de melatonina antes de retomar o trabalho (BURCH,1999).

Por fim, obteve-se que concentrações mais baixas de melatonina estavam associadas a exposição de campo magnético de 60Hz e ambientes pouco luminosos. E em comparação com os dias de trabalho essa diminuição foi observada no segundo e terceiro dia de exposição ocupacional. Ressalta-

se a importância de estudos adicionais que incorporem análises mais detalhadas com as variabilidades de exposições a luz (BURCH,1999).

2.5.3 Alterações da pele

Skulberg *et al* (2001) investigaram queixas de trabalhadores de escritórios a respeito de alterações na pele da face, como irritações, após o uso de computadores com monitor de vídeo. Para tal foram selecionados trabalhadores do escritório, de forma aleatória, mas que apresentavam queixas de alterações da pele e divididos em grupos controle e exposto.

Em seguida, foram realizadas adaptações nos monitores dos trabalhadores e coletas sobre queixas de saúde, testes psicológicos e comportamentais, concentração de poeira e medição de campo.

Por fim, foi possível observar que o grupo controle, que recebeu alterações no monitor de vídeo, relatou menor número de queixas com relação a problemas na pele. Ainda, levanta a hipótese de que se forem removidos os campos elétricos emitidos pelos monitores as queixas dos trabalhadores de escritórios com alta concentração de partículas sejam minimizadas (SKULBERG, 2001).

2.5.4 Alterações oculares

Estudos mais antigos levantam a hipótese sobre a associação do desenvolvimento de catarata com a exposição a campos eletromagnéticos. Acredita-se que a exposição a campos eletromagnéticos resulte num aumento de temperatura intraocular. Vários estudos investigaram essa correlação e chegaram as seguintes conclusões: campos eletromagnéticos do tipo micro-ondas podem causar catarata em coelhos, caso a exposição resulte em um aumento de temperatura intraocular de 43° C, com um limite de exposição entre 100-150mW/cm² (POLK; POSTOW, 1996).

Já, em 2014, Akinbinu realizou uma busca de estudos que correlacionassem o uso de tecnologias com o desenvolvimento de

problemas na visão. Através da análise dos estudos foi possível perceber que indivíduos que passam mais de quatro horas utilizando computadores com monitor apresentam maior relato de sintomas oftalmológicos. Dessa forma, pode-se concluir que quanto maior o período de tempo de utilização do monitor, maior a quantidade de queixas. Ainda, elencou os sintomas mais relatados: dor de cabeça, fadiga ocular, olhos cansados, visão turva, irritação e sensação de queimação nos olhos, vermelhidão e visão dupla.

2.5.5 Alterações do sono

Em 2011, Labbafinejad *et al.* investigaram a associação entre o tempo de uso do computador e alterações do sono, como dificuldade para dormir, dificuldade para levantar, duração total do sono. Para tal utilizou uma escala a “*Athens Insomnia Scale (AIS)*” e foram entrevistados 362 funcionários, exceto os que já apresentavam diagnóstico de distúrbio do sono ou que faziam uso de medicações e produtos que alterem o mesmo. Por fim, concluíram que o tempo de exposição ao uso de computadores está associado a maiores relatos de dificuldade de dormir.

2.5.6 Alterações testiculares e espermáticas

Estudos mais antigos já abordavam a temática da associação entre a exposição a campos eletromagnéticos e alterações espermáticas. Investigou-se, principalmente, o efeito da exposição testicular a micro-ondas de aproximadamente 50 mW/cm^2 e 3-10GHz em ratos e coelhos e concluíram que a exposição resultava em danos como edema e atrofia (POLK; POSTOW, 1996). Mohit (2000) em seu estudo com ratos de laboratório observou que havia uma diminuição do número de filhotes gerados por cobaias expostas a radiação de micro-ondas (2,45GHz) entretanto não pode concluir sobre o que gerou essa patologia, se foi térmica ou bioquímica observa uma forte correlação entre a diminuição

do número de filhotes e exames anatomopatológicos de testículos e, ainda, de ovários.

Já, em 2012, Avendaño verificou se a utilização de laptop conectado à rede *Wi-fi* e o uso próximo aos testículos pode resultar em problemas como redução da motilidade espermática, então, teve como amostra o sêmen de 29 doadores saudáveis de um banco de espermatozoides. Assim, foram selecionados espermatozoides móveis e divididos em três grupos: controle 1, controle 2 e exposto. O grupo exposto foi posicionado próximo a um laptop conectado à internet *Wi-fi* com 2,4GHz de frequência, temperatura ambiente de 25°C, distância de 3cm e duração de 4 horas. O grupo controle 1 foi submetido as mesmas condições que o exposto, exceto a exposição ao laptop. E o grupo controle 2 foi armazenando em condições similares, mas distante de equipamentos eletroeletrônicos e submetido a exposição de outros agentes. Por fim, detectou-se que os espermatozoides expostos ao laptop e por consequência a campos eletromagnéticos apresentavam redução na motilidade e maiores chances de fragmentação do DNA (ácido desoxirribonucleico) (AVEDANÕ, 2012).

2.5.7 Alterações no sistema nervoso

Na década de XX estudiosos analisaram o desenvolvimento de alterações no Sistema Nervoso Central (SNC) que apresentavam nos indivíduos problemas como a ansiedade, estresse, distúrbios do sono. Outros ainda foram mais além e levantaram a hipótese de que a exposição ocupacional a campos eletromagnéticos poderia ser uma das causas para o desenvolvimento de Alzheimer, Parkinson e Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) (POOLE *et al.*, 1993; REPACHOLI, 1998; SAVITZ *et al.*, 1998; DAVANIPOUR *et al.* 2007).

E, em 2000, Mohit descreve que mudanças térmicas como consequência da absorção de energia de campos eletromagnéticos do tipo micro-ondas, resultam em mudanças transitórias nas funções do Sistema nervoso central.

Já, em 2008, Garcia, Sisterna e Hoyos fizeram um levantamento bibliográfico de estudos que apresentassem uma análise com relação a exposição ocupacional a campos eletromagnéticos de baixa frequência e o desenvolvimento de Alzheimer. Então observou-se que estudos de coorte mostraram um aumento dos riscos de desenvolvimento de Alzheimer em homens expostos aos campos.

2.5.8 Alterações de mecanismos celulares

Polk e Postow 1996 encontraram estudos que mencionaram sobre mudanças celulares encontradas no sistema nervoso de alguns animais após serem expostos a campos eletromagnéticos de potência de $10\text{mW}/\text{cm}^2$.

Enquanto em 2016, Shen verificou o processo de autofagia celular como resultado de uma exposição a campos eletromagnéticos do tipo baixa frequência. Então utilizou dois grupos, o controle e o exposto, e com o auxílio de células cultivadas numa incubadora sob condições adequadas, separou-os colocando o grupo exposto próximo a campos eletromagnéticos de 50Hz a 0,4 mT durante 30 minutos ou 24 horas. E observaram um aumento na formação de autofagossomos com a exposição ao campo eletromagnético, porém pode-se analisar de forma mais completa que os danos no DNA não são resultados do aumento da autofagia induzida pelo campo.

2.5.9 Alterações comportamentais

Em 1977, Bergqvist *et al.* denominou queixas de dor de cabeça, náuseas, ardência ocular e na pele como hipersensibilidade eletromagnética e posteriormente em 2007 a Organização Mundial da Saúde propôs a denominação de intolerância ambiental idiopático para o grupo de sensações acima descritas.

E em 2000, Mohit realizou um estudo em cobaias do tipo *Rattus norvegicus* e observou que a exposição à radiação de micro-ondas (2,45 GHz) provocava uma diminuição na aprendizagem mas ressalta a necessidade de estudos complementares.

Então, Pierre e Marc-Vergne, em 2010, levantaram estudos semelhantes ao de Mohit (2000) e com abordagem de alterações comportamentais, porém não foram encontrados estudos com alguma evidência e, portanto, ressalta-se a necessidade de estudos mais consistentes para o estabelecimento da relação exposição- alterações comportamentais.

2.6 LIMITES DE EXPOSIÇÃO A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

A elaboração de diretrizes e recomendações internacionais de proteção às exposições as radiações não ionizantes são feitas por comitês internacionais. Esses, por sua vez, têm como sustentação estudos epidemiológicos, de biologia, física e dosimetria relatados na literatura, pois estas fornecem subsídios para estimativa de risco e estabelecimento de limites de exposição (OKUNO, 2009).

Então, com os resultados de estudos iniciais sobre os efeitos biológicos da eletricidade e campos variantes no tempo, como também a radiofrequência, começaram as investigações sobre o modo de interação da energia de radiofrequência com o organismo. Assim, em 1930, após testes realizados em animais de laboratórios, voluntários humanos foram submetidos a exposição controlada de radiofrequência e observaram que os mesmos apresentavam sintomas semelhantes aos da febre, porém não foi possível o estabelecimento de parâmetros (MOHIT,2000).

Em 1948 questões quanto ao desenvolvimento de catarata e degeneração testicular foram levantadas. Já na Guerra fria foram questionados a exposição a radiofrequência como resultado do uso de radares e transmissores. No ano de 1954, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) iniciou um programa para o financiamento de estudos sobre os efeitos biológicos da radiofrequência. E esses estudos foram

desenvolvidos e apresentados entre 1957 e 1960 tendo como resultado efeitos térmicos. Então foi sugerido por Herman Schwan, em 1923, como limite de exposição seguro de $10\text{mW}/\text{cm}^2$. Dessa forma, em 1966 foi estabelecido o padrão ANSI C95.1-1966 que tem como padrão o valor de $10\text{mW}/\text{cm}^2$ (MOHIT,2000).

Neste mesmo ano, 1966, surge o questionamento acerca de televisores e fornos de micro-ondas que excediam o limite estabelecido. Desse modo um novo limite foi determinado para produtos que emitissem radiação: $1\text{mW}/\text{cm}^2$ para novos fornos de micro-ondas e $5\text{mW}/\text{cm}^2$ para os antigos, com padrão de medição a uma distância de 5cm (MOHIT,2000).

Enquanto isso, em 1970 cientistas concluíram que o primeiro efeito produzido pela exposição excessiva a radiação, era o efeito de natureza térmica. Isto posto, surge a Associação Internacional de Proteção contra Radiação (do inglês, *International Radiation Protection Association - IRPA*), que formou um grupo de trabalho sobre RNI para examinar as questões de radioproteção. Em 1977, no 4º Congresso da IRPA, que ocorreu em Paris esse grupo recebeu o nome de Comissão Internacional de Radiação Não Ionizante (do inglês, *International Non-Ionizing Radiation Commission - INIRC*).

Em 1992, no 8º Congresso da IRPA, em Montreal, o nome do grupo INIRC foi alterado para Comissão Internacional de Proteção Contra Radiações Não-Ionizantes –ICNIRP (INSTITUTO EDUMED, 2010). A ICNIRP caracteriza-se por ser uma organização não governamental formalmente reconhecida pela Organização Mundial da Saúde e pelo Escritório Internacional de Trabalho quanto à orientação sobre os riscos da exposição à radiação não ionizante para a saúde e à proteção das pessoas e do meio ambiente. Mantém uma estreita relação com todos os organismos internacionais envolvidos no campo da proteção contra radiações não ionizantes e atua em colaboração com a Associação Internacional de Proteção contra Radiação e suas sociedades (ZIEGELBERGER *et al.*, 2006).

Logo, a ICNIRP dispõe de diretrizes internacionais sobre os limites de exposição a radiações não ionizantes; fornece orientações e

recomendações sobre a proteção contra exposição a este tipo de radiação; e estabelece princípios para a formulação de programas de proteção a nível nacional e internacional (ZIEGELBERGER *et al.*, 2006).

Já em 1998, a ICNIRP publicou uma revisão das diretrizes de exposição à radiação não ionizante. Este documento define as restrições de níveis de referência para diferentes faixas de frequência até 300 GHz, tanto para o grande público quanto para profissionais expostos à campos eletromagnéticos no exercício de suas funções, com explicações sobre o porquê de cada uma. Ele também estabelece diretrizes para exposições compostas, que ocorre quando diferentes bandas de frequência atuam simultaneamente (WESSELING, 2014). Suas orientações foram aprovadas pela OMS, pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) e pela União Internacional das Telecomunicações (UIT), e foram adotadas como padrão nacional em mais de 50 países do mundo (INSTITUTO EDUMED, 2010).

Daí a IARC, responsável pela identificação, classificação de agentes, substâncias e fatores ambientes, como também estilo de vida que podem predispor seres humanos ao desenvolvimento de câncer, em 2002, classificou os campos magnéticos da faixa de frequência de 60Hz como possivelmente carcinogênico, grupo 2B (engloba agentes com alguma correlação com o desenvolvimento de câncer).

No ano de 2009, a ICNIRP publicou diretrizes focadas nos campos magnéticos estáticos, ou seja, que não variam no tempo. Este guia serve como recomendação para os utilizadores de equipamentos eletrônicos de aplicação médica, os quais devem adotar limites de exposição mais baixos (ICNIRP, 2009).

Em 2010, como resultado das preocupações com as faixas de baixa frequência, a ICNIRP divulgou um documento focado nessas faixas (*ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1Hz-100KHz)*) e complementando a diretiva de 1988 (*Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and eletromagnetic fields*) (WESSELING, 2014).

Cabe destacar que alguns países como China, Rússia e outros do Leste Europeu adotam diretrizes e recomendações diferentes dos padrões estabelecidos pela ICNIRP. Para análise do limite é utilizada a densidade de potência pelo tempo de exposição, reconhecem efeitos da exposição a campos magnéticos desde dores de cabeça, irritabilidade, distúrbios do sono; e também, apresentam limites mais restritivos, com base em que não são necessários aumento de temperatura nos tecidos vivos para serem causados danos à saúde (BALBANI; KRAWCZYK, 2009).

Outros países adotam normas baseadas no princípio da prevenção, priorizando “minimizar os riscos ainda desconhecidos” sobre os trabalhos publicados. Países como a Itália e Suíça adotam este princípio e tem na legislação alguns limites para exposição humana que correspondem a 1/10 dos valores máximos permitidos pelas normas da ICNIRP (1998, 2010) (BALBANI; KRAWCZYK, 2009).

No Brasil, a Lei 11.934 de 5 de maio de 2009 regulamenta sobre os limites de exposição do público a campos eletromagnéticos na faixa de frequência de até 300 GHz, gerados por estações transmissoras de radiocomunicação, de terminais de usuário e de sistemas de energia elétrica, visando garantir a proteção da saúde e do meio ambiente. Para isso, adota os limites da OMS como recomendações, e do ICNIRP enquanto não houverem parâmetros da OMS, sabendo-se que as próprias recomendações da OMS são baseadas na ICNIRP. Ainda, define que os órgãos reguladores dos setores elétricos e de telecomunicações são responsáveis pela fiscalização desses parâmetros, devendo:

(...) implementar, manter, operar e tornar público sistema de monitoramento de campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos de radiofrequências para acompanhamento, em tempo real, dos níveis de exposição no território nacional. (...) realizar medições prévias dos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos no entorno de locais multiusuários devidamente identificados e definidos em todo o território nacional (...) realizar medições de conformidade, atendendo a solicitações

encaminhadas por autoridades do poder público de qualquer de suas esferas.
O disposto nos incisos II e IV do art. 12 da Lei nº 11.934/2009.

Além disso, a lei 11.934/2009 determina o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e o Fundo para Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (FUNTTEL) como encarregados pelo desenvolvimento de pesquisas sobre exposição humana a campos elétricos, magnético e eletromagnéticos. Outrossim, atribui a fiscalização do atendimento aos limites estabelecidos por esta Lei aos órgãos federais reguladores dos setores elétricos e de telecomunicações.

Para mais, a Anatel (Agencia Nacional de Telecomunicações): Em 15 de Julho de 1999, acolheu os valores de referência propostos pelo *ICNIRP* assentados com relação aos efeitos térmicos e sem evidências de alterações no DNA humano. Em 2011, a ANATEL submeteu para consulta pública a “Proposta de regulamento sobre exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na faixa de radiofrequência” e teve como resultado a Resolução 303/2002, que tomou os limites de exposição do *ICNIRP* para as faixas de frequência de 9KHz a 300GHz, estabelecendo limites para a exposição humana associada à operação de estações transmissoras de radiocomunicação de serviços de telecomunicações, definindo métodos de avaliação e procedimentos a serem observados quando do licenciamento de estações de radiocomunicação, no que diz respeito a aspectos relacionados à exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na banda de radiofrequências.

Suplementar a isso, tem-se a Norma Regulamentadora-NR-9 que trata da Segurança e Medicina do Trabalho discorrendo sobre as radiações não ionizantes como agentes causadores de risco físico para os trabalhadores a ela expostos. E de forma complementar a NR-15 esclarece que são radiações consideradas radiações não-ionizantes as micro-ondas, a radiação ultravioleta e o laser, e as operações ou atividades que exponham

os trabalhadores a qualquer desses tipos de radiações não-ionizantes, sem a proteção adequada, serão consideradas insalubres, em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho.

2.7 ESTUDOS REALIZADOS EM AMBIENTES PROVIDOS DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS

Pesquisas foram realizadas em relação a exposição a ambientes providos de equipamentos eletrônicos como microcomputadores, *laptops*, impressoras e outros, uma vez que esses ambientes podem concentrar campos eletromagnéticos acima dos limites preconizados.

Desse modo, foi possível observar que as abordagens utilizadas pelos estudos em ambientes providos de equipamentos eletrônicos e os usuários desses equipamentos, buscavam analisar os aspectos ergonômicos do posto de trabalho com ênfase nos aspectos visuais, para melhor acomodação e convergência da imagem da pupila, na iluminação ambiente, o mobiliário, o uso de apoio de mãos, de braços, as posturas adotadas pelos operadores diante de vários modelos de computadores, o desenvolvimento de síndromes de visão, a disposição do computador em relação ao mobiliário, os efeitos osteomusculares sobre os trabalhadores e a administração de sistemas de pausas e de atividades laborais. Portanto, não houve preocupação com os campos eletromagnéticos emitidos pelos equipamentos eletrônicos. (TAPTAGAPORIN; SAITO, 1993; CARTER; BANISTER, 1994; HOCHANADEL, 1995; ONG *et al.* 1995; FENETY; WALKER, 2002; SZETO; LEE, 2002; ROCHA *et al.* 2005; REMPEL *et al.* 2006; KLUSSMANN, 2008; RANASINGHE *et al.* 2011).

Entretanto, quando as buscas foram direcionadas para pesquisas realizadas que analisaram o campo eletromagnético proveniente de equipamentos eletrônicos, observou-se que as pesquisas contribuíram com informações quanto a influência do tipo do computador, do funcionamento do computador e a distância em relação a esse como fatores que acarretam aumento ou diminuição do campo; O design do

computador, bem como o uso de teclados e mouses externos; Comparações do nível de campo próximo aos computadores com o estabelecido por normas/ regulamentações; Comparações entre tipos de computadores; Determinação de faixas de frequências mais perigosas; Comparações quanto ao uso durante finais de semana ou na semana e outros.

2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou os principais conceitos sobre eletromagnetismo, campo magnético; radiação não ionizante e seus tipos; interação do campo eletromagnético com o corpo humano; efeitos da exposição à radiação não ionizante; possíveis danos a saúde; Limites de exposição a campos eletromagnéticos; e estudos realizados em ambientes equipados eletronicamente, esses tópicos foram desenvolvidos conforme o levantamento de dados encontrados na literatura.

Dessa forma, pode-se compreender que existem estudos que relacionam a exposição a campos eletromagnéticos com o desenvolvimento de problemas de saúde ou que de alguma forma podem predispor o indivíduo ao desenvolvimento de determinadas doenças. Observa-se que os mecanismos de ação do campo sobre o organismo não são bem esclarecidos, mas podem ser verificados efeitos como o aumento de temperatura tecidual, comprovando que de alguma forma há uma interação organismo-CEM/ RNI.

Além disso, tem-se estudos que analisam de outra forma o campo eletromagnético, sob a ótica do equipamento eletrônico como fonte geradora do campo eletromagnético e observam distâncias tomando como base computadores. Então, em sua maioria, analisam o componente magnético do campo eletromagnético e concluem que há maneiras de redução do campo magnético quando voltado para o equipamento e suas características de uso. Outrossim, consiste em resultados de campos magnéticos que superam os limites estabelecidos pela norma, portanto expõem o usuário a alguma forma de risco.

Com base no exposto, constatou-se que as análises apresentadas na literatura avaliam campos eletromagnéticos advindos de equipamentos eletrônicos e analisam campos eletromagnéticos correlacionados a alguma patologia, porém nenhum estudo voltou-se para o ambiente provido de equipamentos eletrônicos no qual um ou mais indivíduos possam estar inseridos e expostos à RNI.

Para avaliação dos níveis de RNI encontrados no ambiente o intervalo de faixas de frequências de 1Hz-30 KHz mostrou-se como o mais elavado em estudos relatados na literatura, como também aquele que capta o funcionamento de equipamentos eletrônicos presentes em escritórios. Associadas a medição, a obtenção de termogramas e coleta de relatos sintomatológicos dos indivíduos apresentaram-se necessários para o estabelecimento de possíveis correlações entre a exposição a campos magnéticos e problemas de saúde, uma vez que, os termogramas podem apresentar algum padrão térmico de acordo com a exposição, como também, com auxílio dos relatos, um padrão sintomatológico pode ser estabelecido.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse capítulo ilustrará o desenvolvimento da avaliação dos níveis de radiação não ionizante em ambientes de trabalho de uma universidade brasileira.

Com a finalidade de mapear os níveis de RNI nos ambientes de trabalho foram realizadas medições da densidade de fluxo magnético em vários pontos nos ambientes. E como forma de explicar as diferenças observadas nos níveis de densidade de fluxo magnético entre os pontos de um mesmo ambiente e entre os ambientes, foram realizadas análises quanto as características dos ambientes, sob a ótica das fontes de densidade de fluxo magnético.

Após esta etapa realizou-se um levantamento do perfil dos funcionários de cada ambiente, bem como de seus hábitos e relatos de sintomas, objetivando coletar queixas que apresentem correlação com a exposição diária à RNI proveniente de seu ambiente de trabalho. Complementando esta coleta para análise da exposição dos funcionários foram obtidos termogramas dos funcionários aptos aos estudos, de acordo com as normatizações descritas a seguir.

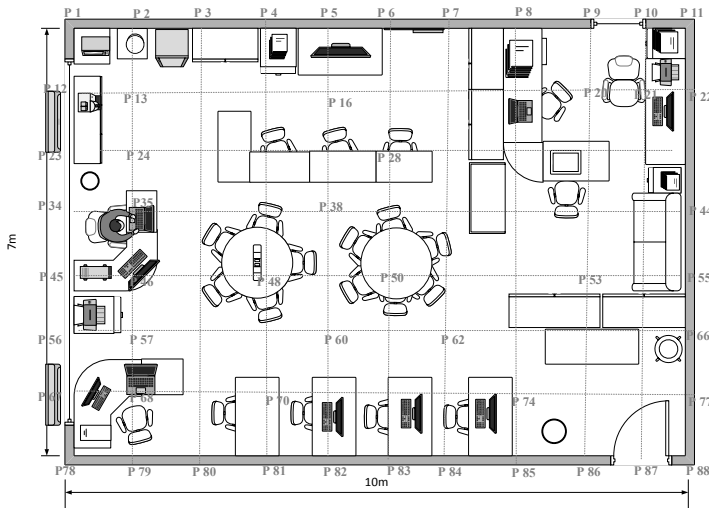
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES DE MEDIÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE

Os ambientes nos quais foram realizadas as medições de campo eletromagnético, apresentam características diferentes entre si, desde a dimensão; os números de equipamentos eletrônicos e de funcionários, fluxo de pessoas, organização e *layout*. Assim, se faz necessário observar as características de cada ambiente de trabalho para melhor compreender os níveis de radiação medidos nesses ambientes.

3.1.1 Ambiente 1

Mede aproximadamente 70 m², possui 4 computadores do tipo “*all in one*”, 2 computadores do tipo desktop, todos de 21”, 4 estabilizadores, 3 impressoras, 1 modem do tipo roteador de internet *wireless fidelity (Wi-fi)*, 1 microondas, 1 geladeira, climatizado por 2 aparelhos de ar-condicionado 26 BTU e apresenta computadores do tipo *notebook* sem quantidade pré-determinada, variando de acordo com o número de pessoas pois estas portam tal equipamento, apresentando cerca de 4 *notebooks* diariamente e ainda 9 telefones celulares. Na figura 12 é possível observar a disposição espacial desses equipamentos no ambiente e verifica-se que há uma variedade de postos de trabalho. Próximo ao ponto 35 há um técnico.

FIGURA 6 - Ambiente 1/ Planta baixa

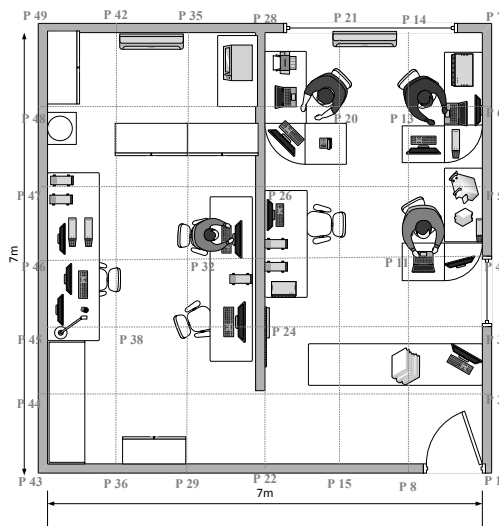


FONTE: Autoria própria (2018)

3.1.2 Ambiente 2

Tem aproximadamente 49 m² de área, dispõe de 6 computadores do tipo “desktop” de 21”, 1 televisor de 48”, 1 *switch*, 1 telefone fixo, 1 impressora, 1 micro-ondas, climatizado por 2 equipamentos de ar condicionado, 4 estabilizadores, 1 modem do tipo roteador de internet *wireless fidelity* (*Wi-fi*), possui 4 *notebooks* e uma variedade de equipamentos como CPU, centrais, roteadores e outros. Localizado ao lado de uma outra sala equipada com diversos dispositivos que mantêm o funcionamento da internet da UFPB. Na figura 5 é possível observar o *layout* de distribuição dos equipamentos e mobiliário, como também a localização dos funcionários. Observa-se que o ambiente possui uma divisão através de uma parede que o segmenta em dois espaços: um concentra maior número de postos e o outro espaço concentra maior quantidade de equipamentos.

FIGURA 7 - Ambiente 2/ Planta baixa

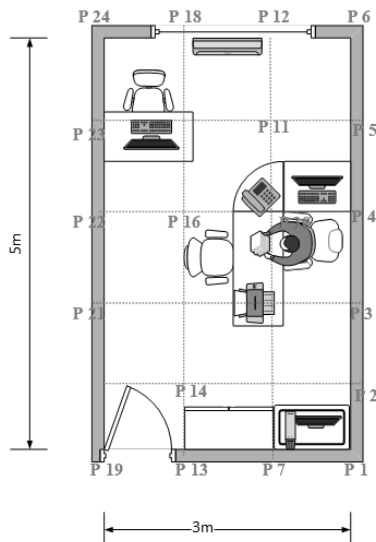


FONTE: Autoria própria (2018)

3.1.3 Ambiente 3

Possui cerca de 15 m², contendo 2 computadores do tipo *desktop* de 19", 1 telefone fixo, 1 impressora, 1 modem do tipo roteador de internet *wireless fidelity (Wi-fi)*, 1 televisão de 20", 1 switch, 2 estabilizadores, climatizado por 1 equipamento de ar condicionado. A quantidade de telefones celulares varia de acordo com a quantidade de pessoas no ambiente. Pode-se observar na figura 13 que este ambiente apresenta dois postos de trabalho, um localizado próximo à janela e o outro junto à porta, que apresenta maior número de equipamentos no posto de trabalho.

FIGURA 8 - Ambiente 3/ Planta baixa



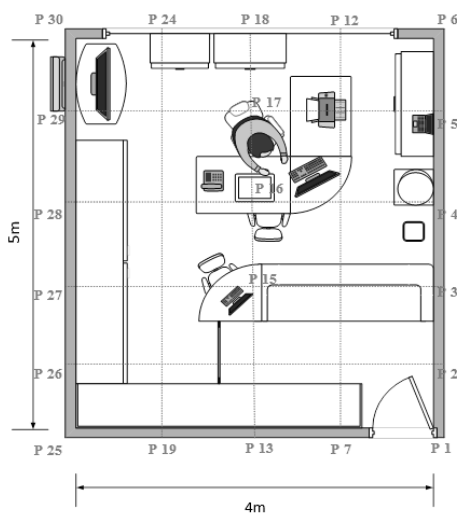
FONTE: Autoria própria (2018)

3.1.4 Ambiente 4

Tem aproximadamente 20 m² de área, provido de 2 computadores do tipo “*desktop*” de 21”, 1 televisor de 42”, 1 telefone fixo, 1 impressora,

climatizado por 1 equipamento de ar condicionado, 1 estabilizador, 1 modem do tipo roteador de internet *wireless fidelity (Wi-fi)*. Na figura 4 observa-se um número representativo de mobiliário e equipamentos eletrônicos. No P16 tem-se a localização do funcionário e é possível perceber que seu posto de trabalho concentra a maioria dos equipamentos eletrônicos do ambiente.

FIGURA 9 - Ambiente 4/ Planta baixa



FONTE: Autoria própria (2018)

Em síntese, foram apresentadas as características dos ambientes nas plantas baixas de acordo com a disposição dos equipamentos eletrônicos e a localização dos funcionários. Destaca-se que há uma variação do número de equipamentos presentes nos ambientes em função dos postos de trabalho móveis, principalmente no Ambiente 1. Esses postos de trabalho móveis são compostos por estudantes que portam seus computadores pessoais e permanecem no ambiente sem hora e posto pré-determinado. Os demais

postos recebem a classificação de postos fixos pois são ocupados pelos funcionários dos ambientes.

O quadro 2 apresenta características dos ambientes que compreendem a área e o número de equipamentos, considerando os equipamentos que compõem os postos fixos.

QUADRO 2 - Características dos ambientes

AMBIENTE	ÁREA	NÚMERO DE EQUIPAMENTOS
1	70 m ²	18
2	49 m ²	22
3	15 m ²	10
4	20 m ²	8

FONTE: Autoria própria (2018)

3.2 ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NÃO-IONIZANTE NO AMBIENTE

Os avanços tecnológicos e as facilidades de serviço expandiram nos mais diversos tipos de serviço, sendo indispensável o uso de equipamentos tecnológicos para a execução de determinadas atividades. Caracterizados como fontes de radiação não ionizante nos ambientes internos, os equipamentos eletrônicos expõem seus utilizadores a possíveis efeitos sobre a saúde (CAMARA, 2014).

Nesses ambientes devido as particularidades da área, do *layout*, da densidade de equipamentos eletrônicos, das atividades desempenhadas no ambiente e do fluxo de pessoas portando equipamentos eletrônicos, se faz necessário uma análise comparativa entre os ambientes com a

finalidade de detectar e compor um perfil de ambiente que apresente maior exposição à radiação não ionizante ao seu utilizador, além de determinar quais fatores podem auxiliar na redução dessa exposição diária.

Os níveis de radiação não ionizante foram analisados utilizando o aparelho “*Spectran NF-5035*”, considerando a densidade de fluxo magnético e seguindo a divisão em intervalos de faixas de frequências de 1-8Hz; 8-25Hz; 25-50Hz; 50-400Hz; 400Hz-3KHz; 3KHz-30KHz (ICNIRP, 2010).

Em cada ambiente foi analisada a densidade de fluxo magnético de forma pontual, configurando uma análise em grade de pontos com intervalos de 1 metro entre os pontos, possibilitando uma análise mais detalhada do ambiente como um todo. Foram selecionados esses intervalos de faixas de frequência uma vez que observou-se na literatura que estes representam os intervalos com níveis de campo magnético mais altos em ambientes com VDT e portadores de outros equipamentos eletrônicos (KOKALARI, I.; KARAJA, T., 2011; BRODIC, D., 2016; BRODIC, D.; AMELIO, A., 2016).

Por fim, para análise dos dados, aplicou-se o uso do software *STATISTICA v. 12* para construção de gráficos de contorno em 3D a partir do método de suavização *splines*, com escala de cores que variam conforme a densidade de fluxo magnético (as cores vermelhas indicam maiores níveis de densidade de fluxo magnético e as cores verdes indicam menores níveis de densidade de fluxo magnético). Os números em preto representam a localização de cada ponto em que foi realizada a medição; eles distam entre si 1 metro e foram medidos na altura de 1 metro, adotando o piso do ambiente como referência.

3.2.1 Ambiente 1

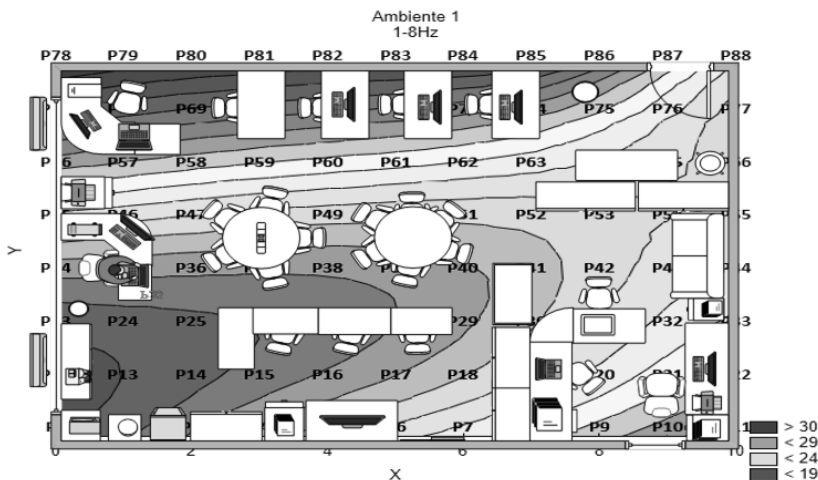
3.2.1.1 Intervalo de frequência 1-8 Hz

A medição da densidade de fluxo magnético ocorreu de forma pontual com o objetivo de mapear o ambiente e verificar quais fatores estão associados a variação da densidade de fluxo magnético, considerando a

quantidade de equipamentos, o *layout*, a área do ambiente e a rede elétrica. Para tal, realizou-se uma sobreposição da planta baixa de cada ambiente sobre seus respectivos gráficos.

Para esse intervalo de frequência de 1-8Hz a maior densidade de fluxo magnético observada está acima de $30\mu\text{T}$ e a menor está abaixo de $19\mu\text{T}$. Verifica-se, de acordo com o Gráfico 1, que os pontos P35 e P46 localizados bem próximos ao trabalhador representam áreas de menores níveis de densidade de fluxo magnético, variando entre $19\mu\text{T}$ e $24\mu\text{T}$, que estão representados pela cor verde. Os pontos P11, P67-74, P78-86 representam as regiões de maiores níveis de densidade de fluxo magnético nesse ambiente, representados pelos tons de vermelho e laranja correspondem as regiões de localização dos dispositivos eletrônicos do ambiente, na região dos pontos P70-74 e P81-85 estão localizados computadores do tipo “*al in one*”. Os pontos P56-P63 representam regiões de transição entre os maiores e menores níveis de densidades de fluxo magnético, representados pelos tons intermediários de verde e amarelo.

GRÁFICO 1 - Ambiente 1/ Faixa de 1-8Hz

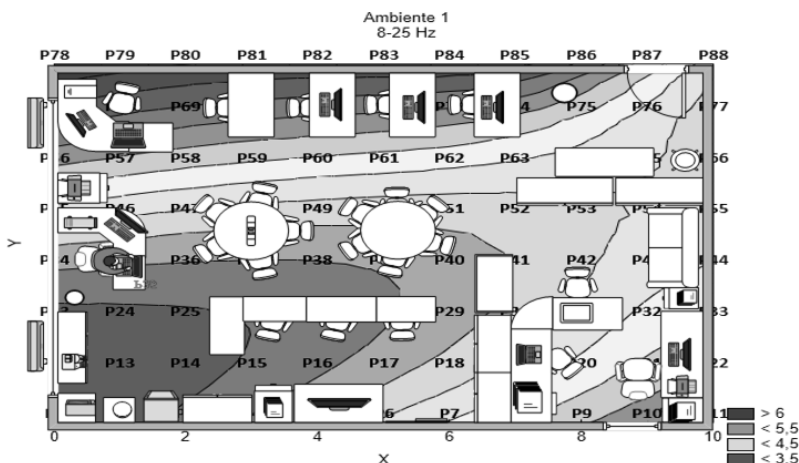


FONTE: Autoria própria (2018)

3.2.1.2 Intervalo de frequência 8-25 Hz

Observa-se neste intervalo de frequências pelo gráfico 2 que os níveis de densidade de fluxo magnético são inferiores ao mensurado nas faixas de 1-8Hz, apresentando uma variação de densidade de fluxo magnético entre $3,5 \mu\text{T}$ e $6 \mu\text{T}$. Evidencia os pontos P56-62, P8-11 e P20-22 como áreas de transição entre os maiores e menores níveis de densidades de fluxo magnético. E os pontos P10, P67-73 e P78-86 como os locais com níveis mais altos de densidade de fluxo magnético, representados pelos tons vermelhos, esses pontos compreendem as regiões de maior concentração de equipamento eletrônico.

GRÁFICO 2 - Ambiente 1/ Faixa de 8-25Hz



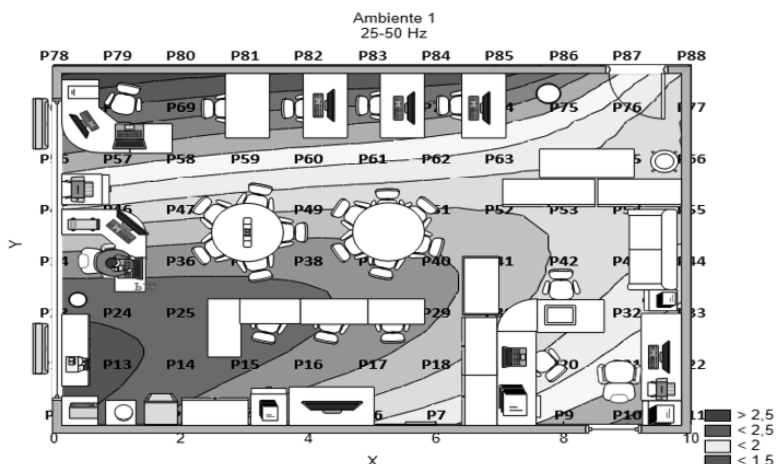
FONTE: Autoria própria (2018)

3.2.1.3 Intervalo de frequência 25-50 Hz

O intervalo de faixas das frequências 25-50 Hz mantém a característica de redução dos níveis de densidade de fluxo magnético

variando entre $1,5\mu\text{T}$ e $2,5\mu\text{T}$. Os pontos P8-9, P21-22 e P56-62 representam uma área de transição entre os maiores e menores níveis de densidade de fluxo magnético, representados pelos tons de amarelo e laranja. Os pontos P11, 67-73 e 78-86 aparecem como os locais de maiores níveis de densidade de fluxo magnético. Tais resultados podem ser observados no gráfico 3.

GRÁFICO 3 - Ambiente 1/ Faixa 25-50 Hz

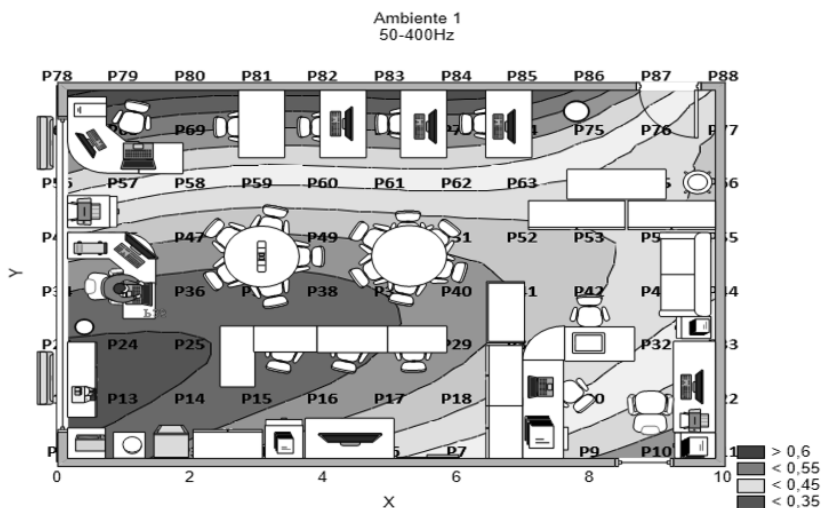


FONTE: Autoria própria (2018)

3.2.1.4 Intervalo de frequência 50-400 Hz

No intervalo de 50-400 Hz a densidade de fluxo magnético apresenta-se ainda menor, com variação entre $0,35\mu\text{T}$ e $0,6\mu\text{T}$. Os pontos P 13, P24 e P25 apresentam os menores níveis de densidade de fluxo magnético e P9-11, P67-74 e P78-85 representam a localização dos maiores níveis de densidade de fluxo magnético, conforme apresentados no gráfico 4.

GRÁFICO 4- Ambiente 1/ Faixa de 50-400 Hz

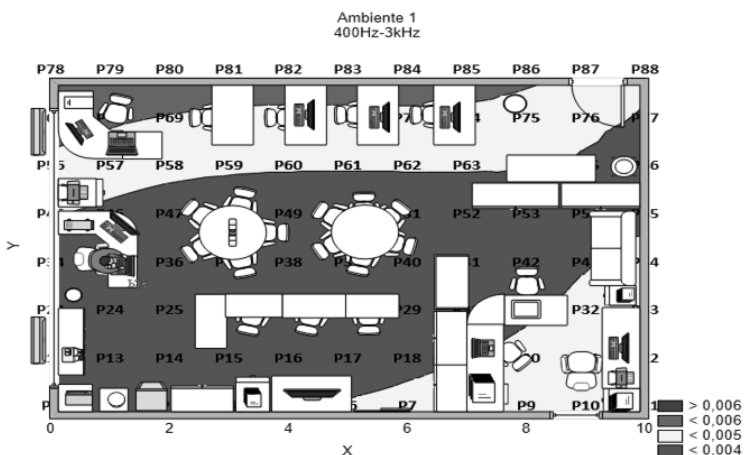


FONTE: Autoria própria (2018)

3.2.1.5 Intervalo de frequência 400 Hz- 3kHz

O intervalo de 400 Hz- 3kHz apresenta níveis de densidade de fluxo magnético bem definidos e menores, estando apenas o ponto P68 apresentando maior densidade de fluxo magnético, e em seguida os pontos P79-86. E com menor nível de densidade de fluxo magnético a maioria dos pontos, inclusive o ponto P35 que representa o local ocupado pelo funcionário avaliado neste ambiente. Contudo, a variação da densidade de fluxo magnético para esse intervalo de faixa foi muito baixa, entre $0,004 \mu\text{T}$ e $0,006 \mu\text{T}$, conforme apresenta o gráfico 5.

GRÁFICO 5 - Ambiente 1/ Faixa 400 Hz- 3k Hz

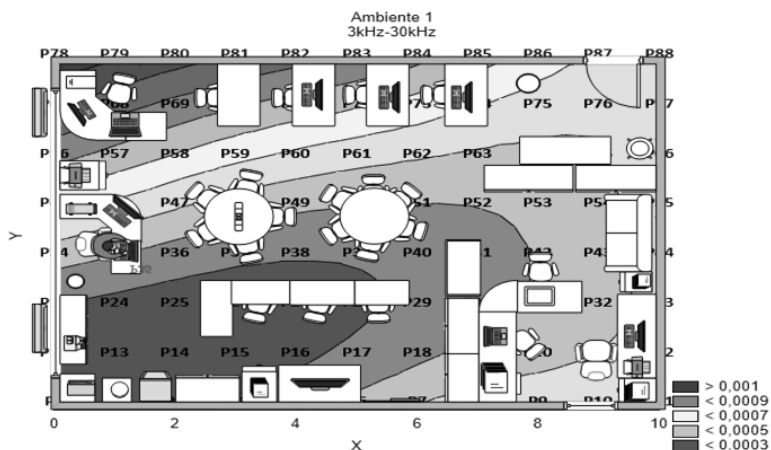


FONTE: Autoria própria (2018)

3.2.1.6 Intervalo de frequência 3kHz-30k Hz

Nesta faixa de frequência é possível observar pelo gráfico 6 que são encontrados os menores níveis de densidades de fluxo magnético mensuradas no ambiente, com variação entre $0,0003\mu\text{T}$ e $0,001\mu\text{T}$. Os pontos de maiores níveis de densidades de fluxo magnético são representados pelos pontos P67-68 e P78-86. E os pontos P1-3, P12-16 e P24-28 apresentam os menores níveis de densidade de fluxo magnético no ambiente.

GRÁFICO 6 - Ambiente 1/ Faixa de 3kHz-30kHz



FONTE: Autoria própria (2018)

Por conseguinte, é possível observar que a densidade de fluxo magnético medida no Ambiente 1 apresenta os menores níveis de densidade de fluxo magnético nos intervalos de faixas de frequências mais altas, principalmente os de 400Hz-3kHz e 3kHz-30kHz. E os maiores níveis de densidade de fluxo nos intervalos de frequência mais baixos, especialmente o de 1-8Hz, com densidades de fluxo maiores que $30 \mu\text{T}$. Esses achados corroboram com os estudos realizados por Brodic (2016) que analisou campos magnéticos emitidos por notebooks em ambientes de escritório e observou que os picos de emissão do campo magnético ocorriam nas faixas abaixo de 500Hz. E, esses resultados, confirmam os estudos de Brodic e Amélio (2016) que ao analisar o funcionamento de computadores classificados em dois grupos: “normal”, quando o uso envolve aplicativos do Office, e “sob estresse” quando o funcionamento do computador envolve aplicativos de alto desempenho ou alto requerimento de *hardware*, constataram que o campo magnético mais alto está no intervalo de faixas de frequências de 50Hz-300Hz.

Igualmente ,ao que se refere a níveis de campo magnético em intervalos de faixas de frequência, Baltrenas; Buckus; Vasarevicius (2011) realizaram medições em monitores de computadores, a distancia de 50cm e em torno do eixo 360°, medindo nos intervalos de faixas das frequências 5Hz - 2kHz e 2 kHz - 400 kHz, em computadores de uma sala de aula. Ao final, obtiveram que os monitores geram fortes campos magnéticos na faixa de 5Hz-2 kHz.

Quanto à localização dos maiores níveis de densidade de fluxo no ambiente observa-se que os maiores níveis de densidades de fluxo representam áreas de maior concentração de equipamentos eletrônicos. Tais achados corroboram com os estudos de Kanapecas *et al.* (2007) que analisaram 42 ambientes da Universidade de Tecnologia de Kaunas sob uma distância de 30 cm das telas de computadores encontrados nesses locais, e considerou como fonte de campo magnético a rede de energia na sala, cabos de energia, eletrodomésticos, computadores e vários dispositivos elétricos (ventiladores, aparelhos de fax, etc). Concluiu que o aumento do número de equipamentos, aumenta a concentração de campos eletromagnéticos.

Outro fator que pode explicar os maiores níveis de densidade de fluxo magnético encontrados próximos aos computadores é a diminuição da densidade de fluxo magnético associada ao distanciamento da fonte. Quanto mais distante da fonte, menor a densidade de fluxo magnético. Felix, Chizurumoke e Emmanuel (2013), investigaram os campos emitidos por computadores com tela LCD e *Laptop* sob várias medidas que se distanciam da tela do computador. Eles constataram que sob a distância de 15 cm da tela do computador o campo magnético diminui, já sob 40 cm o campo magnético se tornou insignificante. Do mesmo modo, Baltrenas; Buckus; Vasarevicius (2011), Kokalari; Karaja (2011) e Dehaghi *et al.* (2016) ao finalizarem seus estudos, afirmaram haver uma diminuição do campo magnético com o aumento da distância em relação a fonte, considerando uma distância de pelo menos 50 cm da fonte.

Com relação ao tipo de equipamento, a localização dos pontos P67-75 e P78-85 representam as regiões com maior nível de densidade de fluxo magnético e corresponde aos postos de trabalho que possuem computadores do tipo “*all in one*”. Tais achados corroboram com o estudo de Grazulevicius (2008) que investigou os campos magnéticos emitidos por computadores do tipo LCD com CPU integrada (“*all in one*”) e computadores LCD sem CPU integrada (externa). Utilizou sensores para medição do campo magnético e ao analisar os resultados concluiu que computadores com CPU integrada apresentavam níveis de campo magnético três vezes superiores em relação aos computadores com CPU não integrada.

Em observação aos limites de exposição do público geral a radiação não ionizante propostos pela ICNIRP (2010), o ambiente 1 não apresentou níveis de RNI superiores a esses limites. Tais achados confirmam os estudos de Kanapecas *et al.* (2007) que ao analisar os níveis de RNI presentes em locais de trabalho que utilizam unidade de video display e comparar com o padrão da Norma Eurprean EN 50279, concluíram que os níveis de RNI medidos eram inferiores aos padrões adotados para análise comparativa.

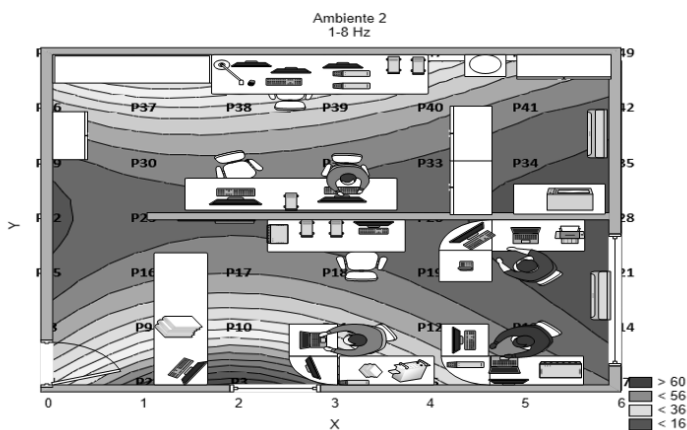
Do mesmo modo ocorre com os estudos de Baltrenas; Buckus; Vasarevicius (2011) realizaram medições da RNI tendo como fonte da densidade de fluxo magnético computadores, e comparando com a norma *Technin_ Norma TN 01:10998 Displejai- (Lithuania)*, obtiveram níveis inferiores ao estabelecido na norma adotada. E Kokalari; Karaja (2011) que realizaram medições em computadores do tipo LCD e *desktop* sob diferentes distâncias e adotaram como norma a TCO, tiveram resultados dentro do estabelecido pela norma. E, por fim, nos estudos de Bellieni *et al.* (2012) foram medidas as intensidades do campo magnético emitidas por 5 marcas de notebook, e ao comparar com diferentes tipos de normas/diretrizes existentes quanto a exposição ao campo magnético concluíram que os valores de campos magnéticos de telas de computador estavam acima do recomendado pelas diretrizes das MPR II e TCO e inferiores ao recomendando pela ICNIRP.

3.2.2 Ambiente 2

3.2.2.1 Intervalo de frequência 1-8 Hz

As medições da densidade de fluxo magnético nos ambientes seguiram o mesmo padrão de mapeamento, obedecendo as distâncias de 1 metro a cada ponto de medição. Então, das medições da densidade de fluxo magnético é possível observar que os pontos P2-4 e P44-45 representam os locais de maiores níveis de densidade de fluxo magnético, com valores superiores a $60 \mu\text{T}$ e os pontos P20-22, P27-28, P35 representam os locais de menores níveis de densidade de fluxo magnético, com valores inferiores a $16 \mu\text{T}$.

GRÁFICO 7 - Ambiente 2/ Faixas 1-8Hz



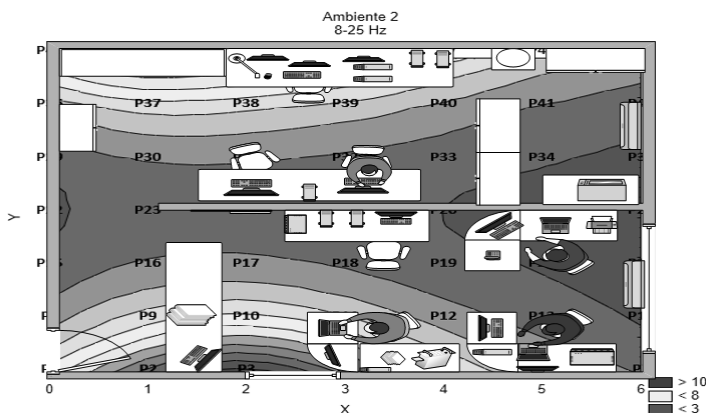
FONTE: Autoria própria (2018)

3.2.2.2 Intervalo de frequência 8-25 Hz

Os níveis de densidade de fluxo magnético nesse intervalo de faixas de frequências apresentam uma redução em relação ao intervalo

de 1-8Hz, com variação de $3 \mu\text{T}$ a $10 \mu\text{T}$. Conforme apresenta o gráfico 8, os pontos P2-4 e P44-46 retratam locais de maiores níveis de densidade de fluxo magnético e P20-22, P27-28 e P35 retratam locais de menores níveis de densidade de fluxo magnético.

GRÁFICO 8 - Ambiente 2/ Faixa de 8-25 Hz

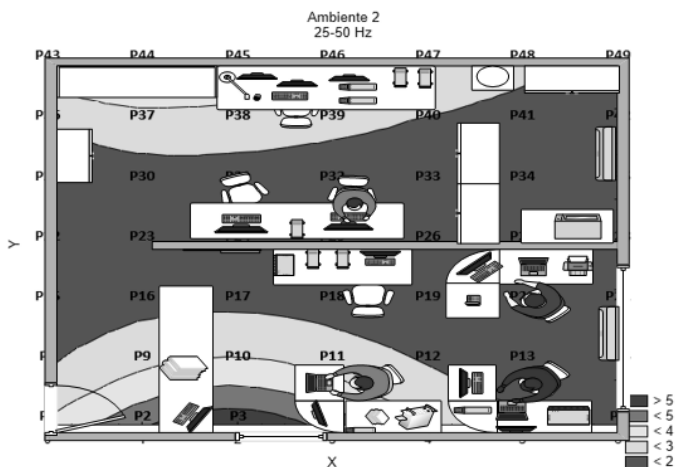


FONTE: Autoria própria (2018)

3.2.2.3 Intervalo de frequência 25-50 Hz

Neste intervalo das faixas de frequências observamos um comportamento de redução dos níveis de densidade de fluxo magnético variando entre $2 \mu\text{T}$ e $5 \mu\text{T}$, conforme apresentado no gráfico 9. Há uma manutenção das regiões de maiores níveis de densidade de fluxo magnético, representada pelos pontos P2-4 e P44-45 e das regiões de menores níveis de densidade de fluxo magnético que compreende os pontos P12-35.

GRÁFICO 9 - Ambiente 2/ Faixa de 25-50Hz

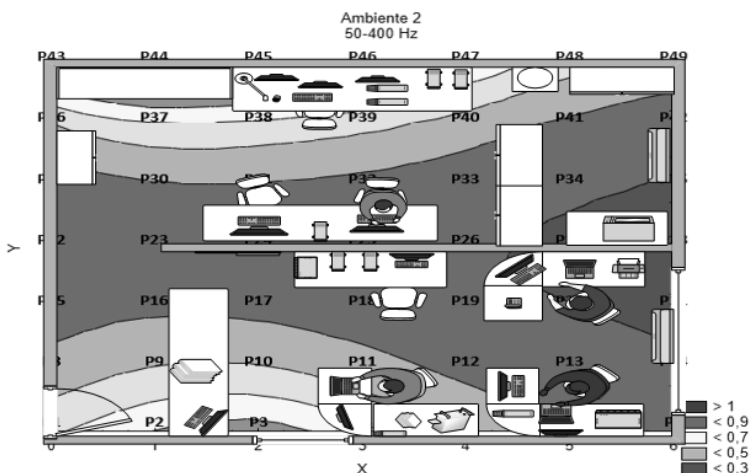


FONTE: Autoria própria (2019)

3.2.2.4 Intervalo de frequência 50-400 Hz

Neste intervalo das faixas de frequências 50-400Hz observamos mais uma vez uma redução dos níveis de densidade de fluxo magnético, variando entre $0,3\mu\text{T}$ e $1\mu\text{T}$. Apenas os pontos P44-45 apresentam os maiores níveis de densidade de fluxo magnético. E os pontos P2-4, P37-38, P43 e P46 representam regiões de transição entre os maiores e menores níveis de densidade de fluxo magnético.

GRÁFICO 10 - Ambiente 2/ Faixa 50-400Hz

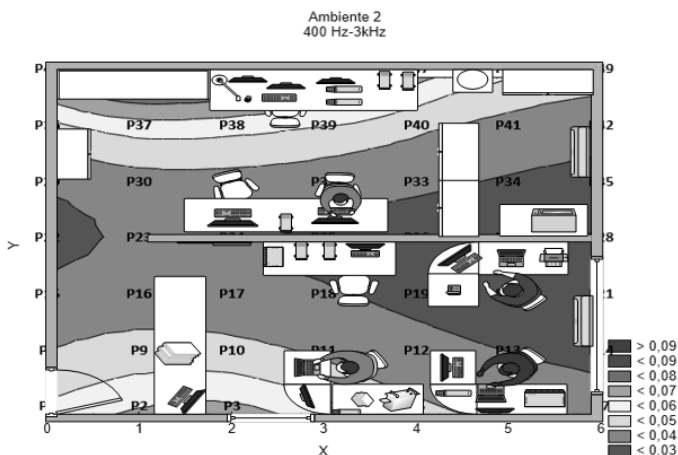


FONTE: Autoria própria (2019)

3.2.2.5 Intervalo de frequência 400 Hz-3 kHz

As faixas de 400Hz- 3kHz apresentam uma redução dos níveis de densidade de fluxo magnético com variação entre $0,03 \mu\text{T}$ e $0,09 \mu\text{T}$. Há uma manutenção da região dos pontos P44-45 representando locais de maiores níveis de densidade de fluxo magnético. Segundo apresentado no gráfico 14, os pontos P1-4 e P37-39 representam regiões de transição entre os locais de maiores e menores níveis de densidade de fluxo magnético. E os pontos P19-22, P25-28 e P34-35 representam os locais de menores níveis de densidade de fluxo magnético.

GRÁFICO 11 - Ambiente 2/ Faixa 400Hz-3kHz

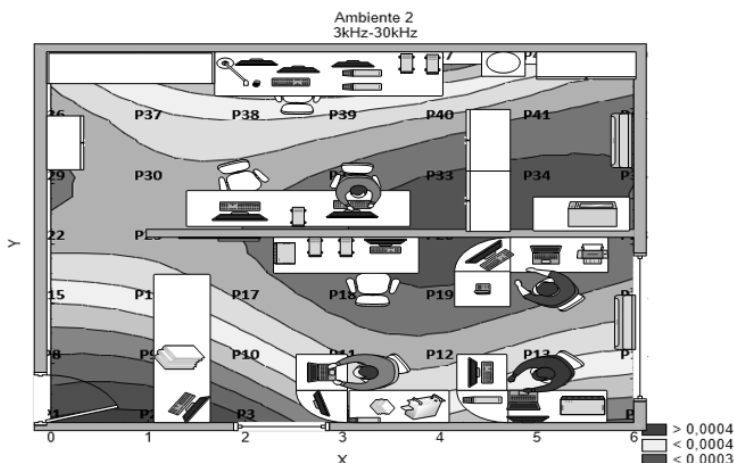


FONTE: A autoria própria (2019)

3.2.2.6 Intervalo de frequência 3 kHz-30kHz

Neste intervalo de frequências é possível perceber, pela escala do gráfico 12, que não há uma variação grande entre as densidades de fluxo magnético. Os intervalos entre uma cor e outra são de $0,0001 \mu\text{T}$, com valores inferiores a $0,0003 \mu\text{T}$ e superiores a $0,0004 \mu\text{T}$. Consequentemente, desconsidera-se a análise de forma pontual para esse intervalo.

GRÁFICO 12 - Ambiente 2/ Faixa de 3kHz-30kHz



FONTE: A autoria própria (2019)

As densidades de fluxo magnético para o ambiente 2 apresentaram maiores níveis nas faixas de menores frequências (1-8Hz) e menores níveis nas faixas de maiores frequências (400Hz-30kHz). Corroborando com os estudos de Bródic (2016) e Brodic e Amélio (2016), que foram discutidos com mais detalhes anteriormente, esses estudos apresentaram resultados que apontam a presença de campos magnéticos mais altos nas faixas abaixo de 500 Hz.

Com relação a localização dos pontos que apresentam maiores níveis de densidade de fluxo magnético, observa-se nesses locais a presença da rede elétrica do ambiente, que pode ser classificada como fonte de densidade de fluxo magnético. Essa classificação foi adotada no estudo de Kanapecas *et al.* (2007) que incluem a rede de energia da sala como fonte de campo magnético e concluem que a utilização da instalação de rede de energia adequada nas salas pode vir a diminuir a densidade de fluxo magnético e as intensidades do campo elétrico.

Além da associação a rede elétrica do ambiente 2, as localizações dos pontos P1-4 também correspondem a região mais próxima de uma janela que comunica um ambiente lateral a esquerda com o ambiente 2. Esse ambiente a esquerda é responsável pelo controle de toda a rede de internet do Centro de Tecnologia da Universidade, podendo ser o fator responsável pelo aumento da densidade de fluxo magnético nesses pontos, já que concentra uma maior quantidade de cabos de rede elétrica.

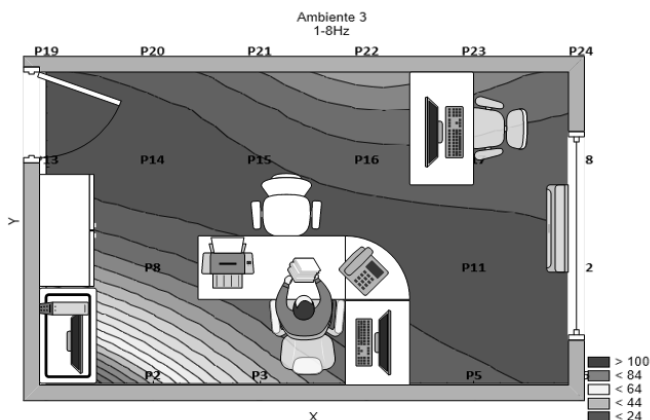
Quanto aos padrões de exposição determinados pela ICNIRP (2010), o ambiente 2 não apresenta níveis de densidade de fluxo magnético superiores ao estabelecido. Esse achado é reforçado pelos estudos de Bellieni *et al.* (2012) que realizaram medições das intensidades dos campos magnéticos emitidos por notebooks e analisaram seguindo os padrões da ICNIRP então concluíram que todas as medidas estavam dentro do padrão estabelecido. Outros estudos utilizando diretrizes e normatizações diferentes também encontraram níveis de campo magnético emitidos por computadores de VDU e notebooks dentro dos padrões da Norma *Eurprean EM 50279*, TCO e *Technin_ Norma TN 01:1998 Displejai-(Lithuania)* (Kanapecas *et al.* 2007; Baltrenas; Buckus; Vasarevicius, 2011; Kokalari; Karaja, 2011).

3.2.3 Ambiente 3

3.2.3.1 Intervalo de frequência 1-8 Hz

O mapeamento dos níveis de densidade de fluxo magnético no ambiente foi realizado através da medição pontual, sob distancias de 1 metro entre eles. Neste ambiente foi possível observar os maiores níveis de densidade de fluxo magnético, com variação de $24\mu\text{T}$ a $100\mu\text{T}$. Os pontos P1-2 apresentam os maiores níveis de densidade de fluxo magnético e os pontos P10-15 retratam as regiões de menores níveis de densidade de fluxo magnético. De acordo com a representação do gráfico 13.

GRÁFICO 13 - Ambiente 3/ Faixa 1-8Hz

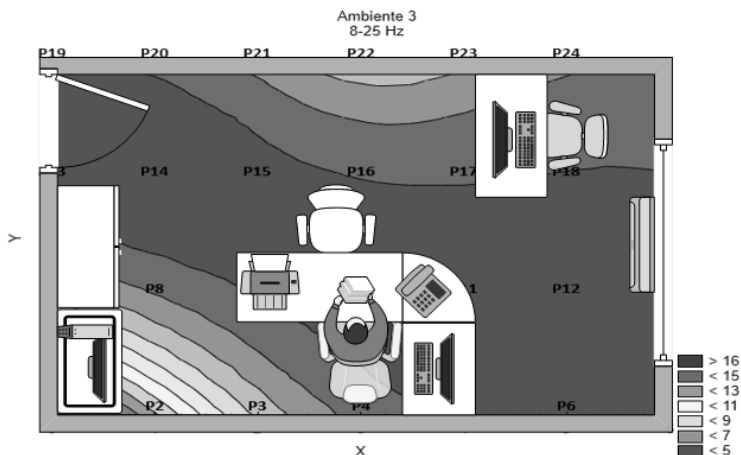


FONTE: Autoria própria (2019)

3.2.3.2 Intervalo de frequência 8-25 Hz

Neste intervalo de faixas das frequências é possível observar uma considerável diminuição dos níveis de densidade de fluxo magnético com variação entre $5 \mu\text{T}$ e $16 \mu\text{T}$. Há uma manutenção dos pontos P1-2 como as regiões de maiores níveis de densidade de fluxo magnético e dos pontos P 9-15 como os pontos de menores níveis de densidade de fluxo magnético, conforme apresentado no gráfico 14.

GRÁFICO 14 - Ambiente 3/ Faixa 8-25Hz

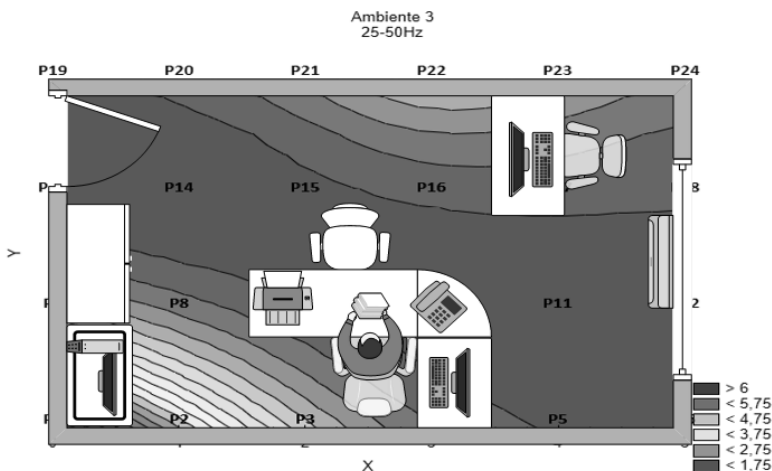


FONTE: Autoria própria (2019)

3.2.3.3 Intervalo de frequência 25-50 Hz

Percebe-se neste intervalo de faixas de frequências que a variação da densidade de fluxo magnético apresenta níveis inferiores a $1,75 \mu\text{T}$ e superiores a $6 \mu\text{T}$. Como apresentado no gráfico 18, os pontos P1-2 representam os maiores níveis de densidade de fluxo magnético e os pontos P10-15 retratam os locais de menores níveis de densidade de fluxo magnético.

GRÁFICO 15 - Ambiente 3/ Faixa 25-50Hz

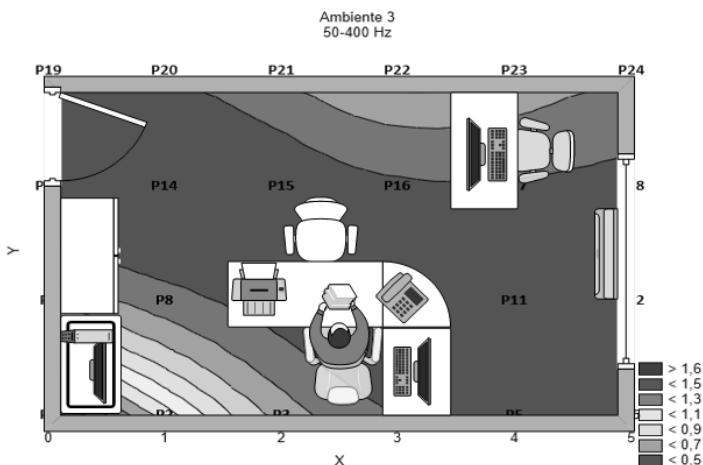


FONTE: Dados da pesquisa (2019)

3.2.3.4 Intervalo de frequência 50-400 Hz

Constata-se pelo gráfico 16 que esse intervalo das faixas de frequências para o Ambiente 3 apresentam uma variação da densidade de fluxo magnético de $0,5 \mu\text{T}$ e $1,6 \mu\text{T}$. O ponto P1 mantém-se como o local de maior densidade de fluxo magnético e o ponto P2 apresenta o local com nível de densidade de fluxo magnético intermediário com cerca de $1,1 \mu\text{T}$. Os demais pontos apresentam menores níveis de densidade de fluxo magnético.

GRÁFICO 16 - Ambiente 3/ Faixa 50-400Hz

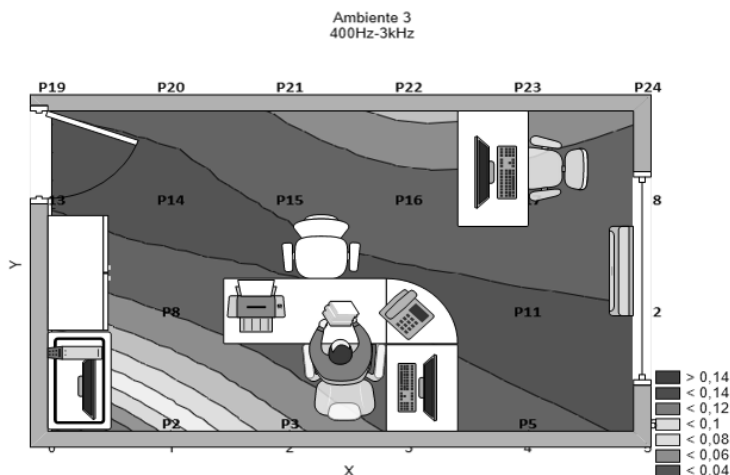


FONTE: Autoria própria (2019)

3.2.3.5 Intervalo de frequência 400 Hz- 3 kHz

A variação dos níveis de densidade de fluxo magnético para esse intervalo consta de $0,04 \mu\text{T}$ e $0,14 \mu\text{T}$. O ponto P1 continua representando a região de maior nível de densidade de fluxo magnético e o ponto P2 continua representando uma região de transição. Os pontos P10-14 representam as regiões de menores níveis de densidade de fluxo magnético, como pode ser observado no gráfico 17.

GRÁFICO 17 - Ambiente 3/ Faixa 400Hz-3kHz

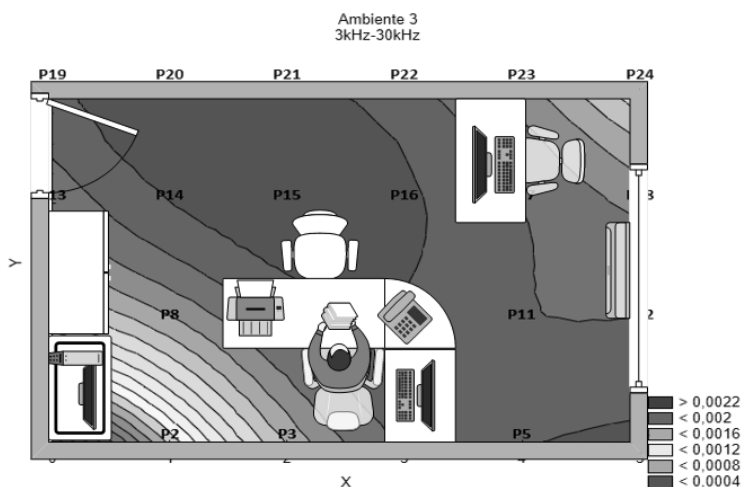


FONTE: Autoria própria (2019)

3.2.3.6 Intervalo de frequência 3 kHz-30 kHz

Esse intervalo de faixas de frequências tem variação de níveis de densidade de fluxo entre $0,0004 \mu T$ e $0,0022 \mu T$. O ponto P1 permanece apresentando maiores níveis de densidade de fluxo magnético e os pontos P14-16 e P20-21, nesse intervalo de frequências, representam os menores níveis de densidades de fluxo magnético, como pode ser observado no gráfico 18.

GRÁFICO 18 - Ambiente 3/ Faixa 3kHz-30kHz



FONTE: Autoria própria (2019)

A medição da densidade de fluxo magnético no ambiente 3 resultou em níveis mais altos que os observados para os ambientes 1 e 2, com níveis superiores a $100\mu\text{T}$. Esses níveis representam a localização do ponto 1, que concentra equipamentos eletrônicos como televisão, CPU, switch (equipamento que possibilita a conexão de computadores em rede), assim como apresenta nessa localização uma caixa de distribuição de rede elétrica com abertura para a parte externa ao ambiente. Tais achados corroboram com os estudos de Kanapecas *et al.* (2007) realizado em 42 salas, adotaram como fonte de campo magnético a rede de energia na sala, cabos de energia, eletrodomésticos, computadores e vários dispositivos elétricos (ventiladores, aparelhos de fax, etc), por fim, concluíram que o aumento do número de equipamentos, aumenta a concentração de campos magnéticos.

Conforme os maiores níveis de densidade de fluxo magnético representam regiões de concentração de equipamentos eletrônicos

e rede elétrica, as regiões de menores níveis de densidade de fluxo magnético são decorrentes da ausência desses dispositivos eletrônicos ou do aumento da distância entre os dispositivos e o local de medição da densidade de fluxo magnético. Essa análise pode ser ratificada pelos estudos de Baltrenas; Buckus; Vasarevicius (2011), Kokalari; Karaja (2011) e Dehaghi *et al.* 2016), pois observam que a medida que a distância em relação a fonte de campo magnético aumenta, o campo magnético medido diminui.

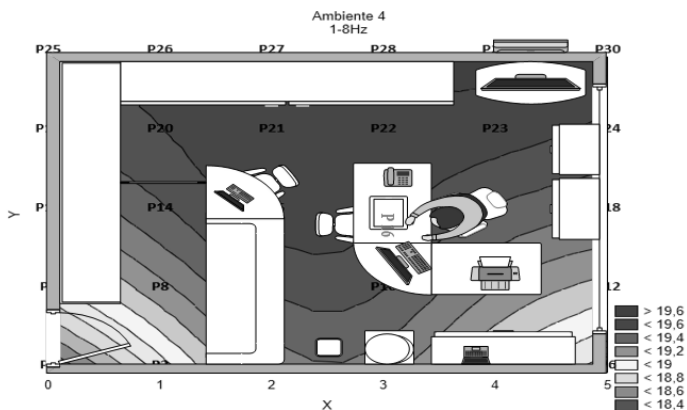
Quanto aos limites de exposição estabelecidos pela ICNIRP (2010), as medições não apresentaram densidades de fluxo magnético superiores ao acatado como valores de densidade seguros para a exposição do público geral e ocupacional. Confirmando os estudos de Kanapecas *et al.* (2007), eles adotaram como padrão a Norma Europeia EN 50279; Baltrenas; Buckus; Vasarevicius (2011) utilizaram a norma *Technin_ Norma TN 01:1998 Displejai- (Lithuania)*; Kokalari; Karaja (2011) aplicaram como norma a TCO. Esses estudos apresentaram medições de campo magnético aceitáveis para o padrão de exposição adotado como referência.

3.2.4 Ambiente 4

3.2.4.1 Intervalo de frequência 1-8 Hz

O ambiente 4 representa o último local analisado com variação de níveis de densidade de fluxo magnético entre 18,4 μ T e 19,6 μ T. Dessa maneira, apresenta uma variação pequena, entre os maiores e menores níveis de densidade de fluxo magnético. Pelo gráfico 19, a maioria dos pontos representam os maiores níveis de densidade de fluxo magnético, no ambiente 4, exceto pelos pontos P1-2, P5-7 e P11-12, que representam os menores níveis de densidade de fluxo magnético.

GRÁFICO 19 - Ambiente 4/ Faixa 1-8Hz

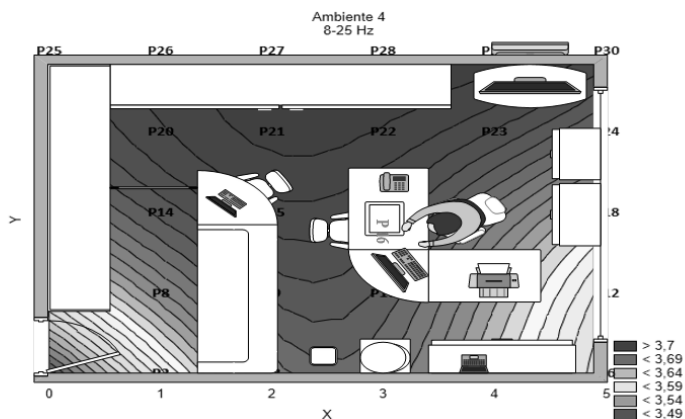


FONTE: Autoria própria (2019)

3.2.4.2 Intervalo de frequência 8-25 Hz

Tem-se neste intervalo de frequências uma variação de níveis de densidade de fluxo magnético ainda menor que a observada no intervalo de 1-8Hz, com níveis entre $3,49 \mu\text{T}$ e $3,7\mu\text{T}$. Conforme o gráfico 20, a maioria dos pontos continuam representando os maiores níveis de densidade de fluxo magnético. E os pontos P1-2, P5-8, P11-12 e P18 representam a localização dos menores níveis de densidade de fluxo magnético.

GRÁFICO 20 - Ambiente 4/ Faixa 8-25Hz

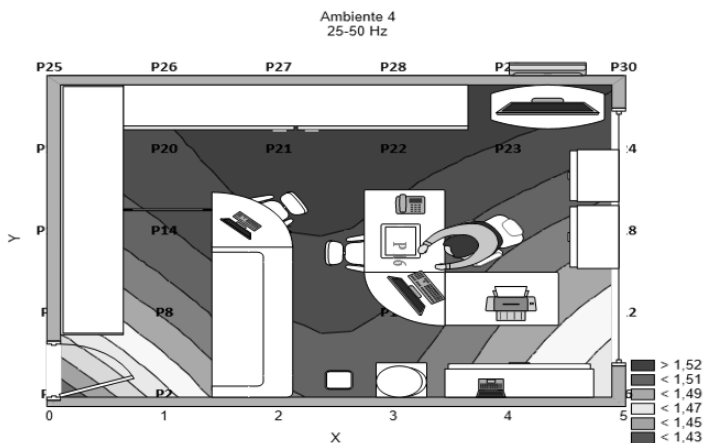


FONTE: Autoria própria (2019)

3.2.4.3 Intervalo de frequência 25-50 Hz

Esse intervalo continua apresentando pequenas variações dos níveis de densidade de fluxo magnético no ambiente 4, com níveis entre 1,43 μT e 1,52 μT . Por conseguinte, a diferença entre os níveis de densidade de fluxo magnético relacionadas aos pontos do ambiente é reduzida, como pode ser observada no gráfico 21.

GRÁFICO 21 - Ambiente 4/ Faixa 25-50Hz

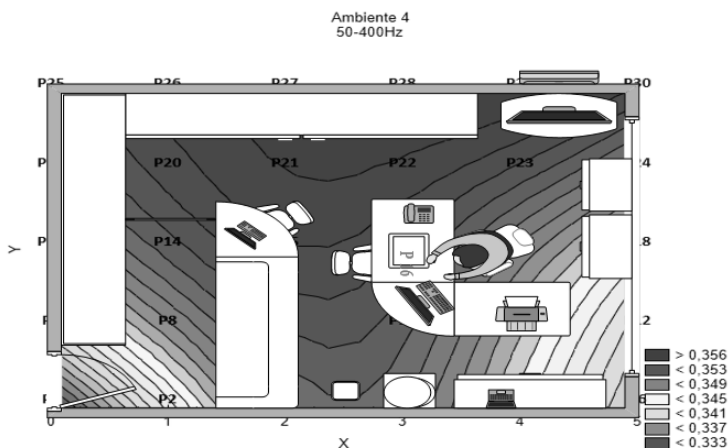


FONTE: Autoria própria (2019)

3.2.4.4 Intervalo de frequência 50-400 Hz

Da mesma maneira que foi observado para o intervalo de faixas das frequências de 25-50Hz, no intervalo de 50-400Hz a variação dos níveis de densidade de fluxo magnético continua sendo mínima, com níveis entre $0,33\mu T$ e $0,35\mu T$, de acordo com o gráfico 22.

GRÁFICO 22 - Ambiente 4/ Faixa de 50-400Hz

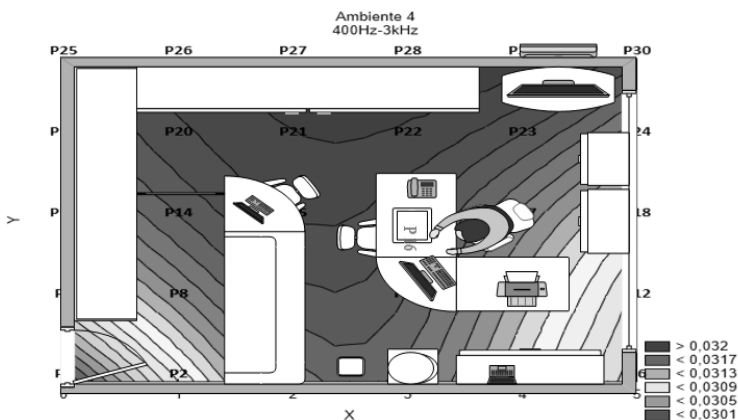


FONTE: A autoria própria (2019)

3.2.4.5 Intervalo de frequência 400 Hz- 3 kHz

Esse intervalo mantém as características de variação dos níveis de densidade de fluxo magnético observada nos intervalos de 25-400Hz. Conforme apresentado no gráfico 23, os níveis de densidade de fluxo magnético variam entre $0,030 \mu\text{T}$ e $0,032 \mu\text{T}$. Mantendo os pontos P1-2, P5-7, P11-12 e P18 como a localização dos menores níveis de densidade de fluxo magnético.

GRÁFICO 23 - Ambiente 4/ Faixa 400Hz-3kHz

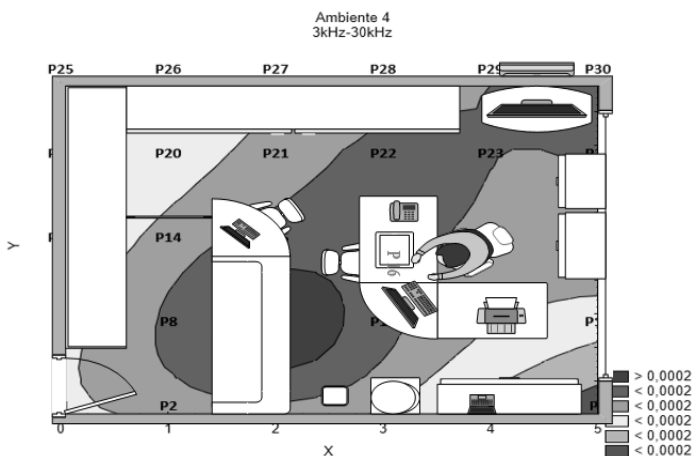


FONTE: Autoria própria (2019)

3.2.4.6 Intervalo de frequência 3 kHz-30 kHz

Os níveis de densidade de fluxo magnético nesse intervalo de faixas das frequências de 3kHz-30kHz variam entre $0,00019\mu\text{T}$ e $0,00036\mu\text{T}$ para o ambiente 4, conforme apresentado no gráfico 24. Dessa maneira, foi observado um desvio padrão de $0,000032\mu\text{T}$ entre os pontos de medição, o que explica a variação apresentada na visualização gráfica.

GRÁFICO 24 - Ambiente 4/ Faixas de 3kHz-30kHz



FONTE: Autoria própria (2019)

As medições da densidade de fluxo magnético no ambiente 4 apresentam maiores níveis de densidade de fluxo magnético nas faixas de frequência menores (1-8Hz) e as menores níveis de densidade de fluxo magnético são observados nas faixas de frequências mais elevadas, principalmente na faixa de frequência de 3kHz-30kHz. Tais achados ratificam, mais uma vez, os estudos de Brodic (2016), Brodic e Amélio (2016) concluíram que os picos de emissão de campo magnético são presentes nas faixas abaixo de 500Hz. Do mesmo modo, os estudos de Baltrenas; Buckus; Vasarevicius (2011) obtiveram que os monitores geram fortes campos magnéticos na faixa de 5Hz-2 kHz.

Em observação ao cumprimento das regulamentações propostas pela ICNIRP (2010), todas as medidas da densidade de fluxo magnético no ambiente 4 estavam de acordo com os valores acatados como seguros para exposição do público geral e ocupacional. De modo semelhante, foi observado por Kanapecas *et al.* (2007) ao analisarem o campo magnético em locais de trabalho que fazem uso de unidade de video display e comparar

com a Norma Eurprean EN 50279. Baltrenas; Buckus; Vasarevicius (2011) realizaram medições de campo de computadores e adotaram a norma *Technin_Norma TN 01:1998 Displejai- (Lithuania)* e observaram que as medições de campo magnético também estavam dentro dos parâmetros estabelecidos pela norma.

3.3 ANÁLISE DA OSCILAÇÃO DOS NÍVEIS DE RNI ENTRE OS AMBIENTES

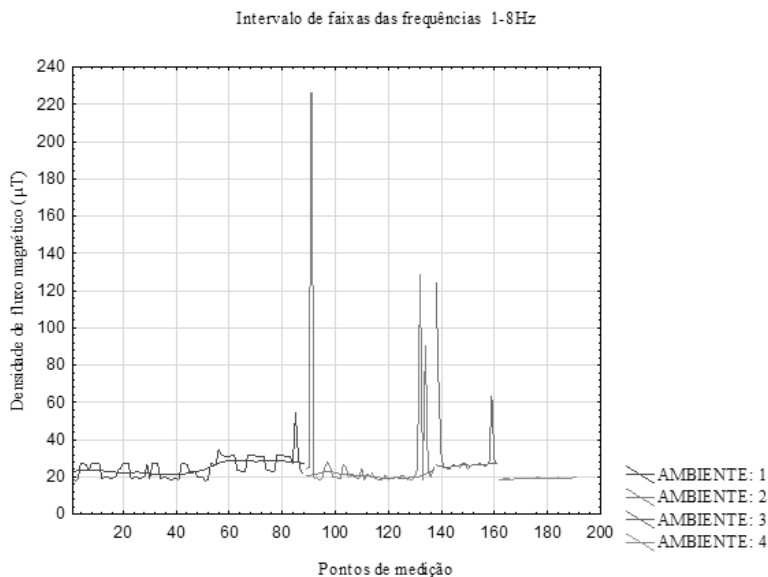
Em atenção as características de cada ambiente, como o *layout*, tamanho de área, concentração de equipamentos, se faz necessária uma análise comparativa entre os ambientes a fim de verificar qual deles apresenta maior oscilação dos níveis de RNI nos ambientes de acordo com os intervalos das faixas de frequência. Além disso, há um estudo que apresenta que a exposição a campos eletromagnéticos de extremas baixas frequências pode causar interferências nos mecanismos celulares e consequentes alterações no DNA humano (ELWOOD, 2017).

Então, os gráficos apresentam no eixo X os pontos de medição que correspondem a quantidade de pontos medidos por ambiente, de forma que possui 88 pontos para o ambiente 1, 49 pontos para o ambiente 2, 24 pontos para o ambiente 3 e 30 pontos para o ambiente 4.

3.3.1 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo das faixas de frequência 1-8Hz

A oscilação da RNI representada pela densidade de fluxo magnético observada para o ambiente 1 varia entre $19\mu\text{T}$ e $60\mu\text{T}$. No ambiente 2 pode-se observar picos de $85\mu\text{T}$ até $230\mu\text{T}$. O ambiente 3 apresenta picos de oscilação entre $70\mu\text{T}$ e $130\mu\text{T}$. E o ambiente 4 não apresenta picos de oscilação. Dessa forma, o ambiente 2 apresenta as maiores oscilações.

GRÁFICO 25 - Oscilação dos níveis de RNI/ 1-8Hz

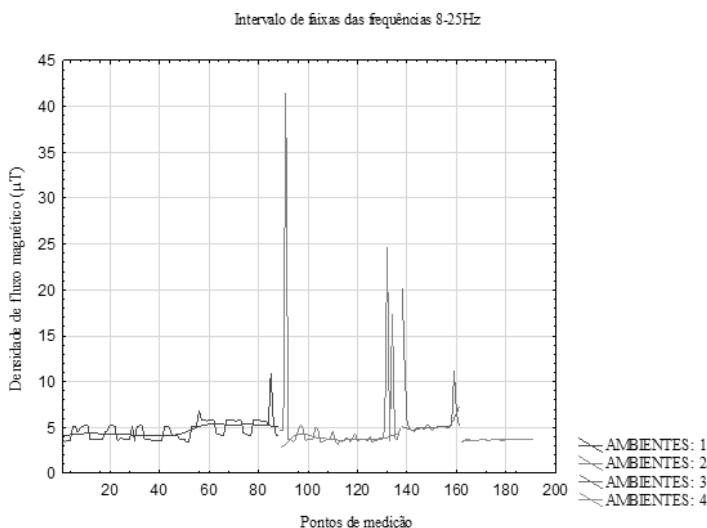


FONTE: Autoria própria (2019)

3.3.2 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo das faixas de frequência 8-25Hz

Nesse intervalo das faixas de frequências de 8-25Hz, a oscilação da densidade de fluxo magnético para o ambiente 1 varia entre $3 \mu\text{T}$ e $11 \mu\text{T}$. Constata-se uma oscilação entre $4 \mu\text{T}$ e $42 \mu\text{T}$ para o ambiente 2. No ambiente 3, tem-se uma oscilação entre $5 \mu\text{T}$ e $21 \mu\text{T}$. E o ambiente 4 concentra-se em $4 \mu\text{T}$ sem oscilação aparente para a escala gráfica que representa a densidade de fluxo magnético. Portanto, o ambiente 2 apresenta as maiores oscilações.

GRÁFICO 26 - Oscilação dos níveis de RNI / 8-25Hz

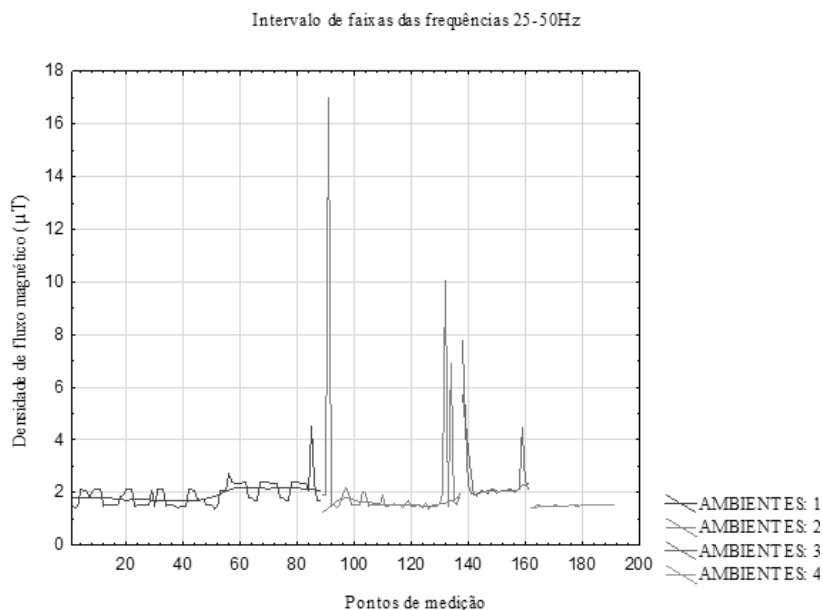


FONTE: Autoria própria (2019)

3.3.3 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo das faixas de frequência 25-50 Hz

A oscilação da densidade de fluxo magnético para o ambiente 1 varia entre $1,5\mu\text{T}$ e $5\mu\text{T}$. Observa-se uma oscilação entre $1,5\mu\text{T}$ e $17\mu\text{T}$ para o ambiente 2. Ao mesmo tempo que, para o ambiente 3, tem-se uma oscilação entre $2\mu\text{T}$ e $8\mu\text{T}$. E para o ambiente 4 não é observada oscilação para essa escala gráfica utilizada, representando densidade de fluxo magnético em $2\mu\text{T}$. Por conseguinte, tem-se que o ambiente 2 demonstra as maiores oscilações entre os pontos de medição.

GRÁFICO 27 - Oscilação dos níveis de RNI/25-50Hz

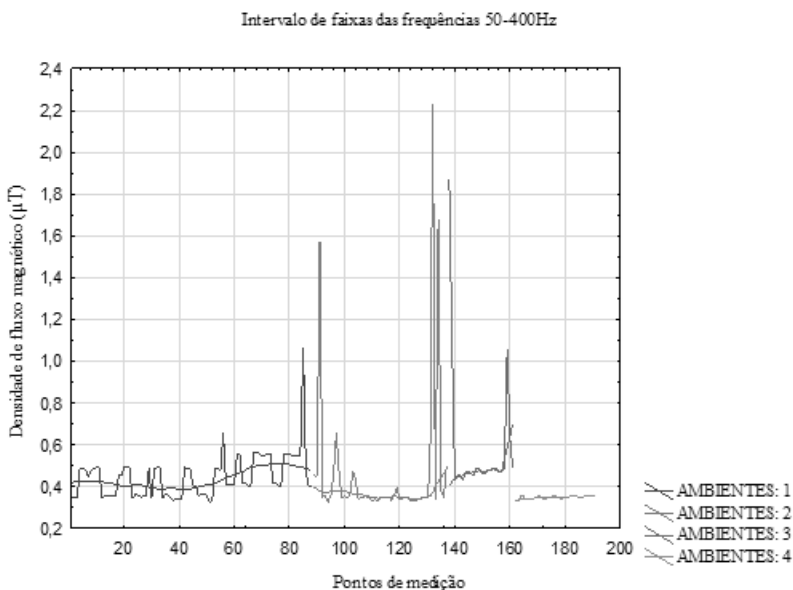


FONTE: Autoria própria (2019)

3.3.4 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo das faixas de frequência 50-400 Hz

A oscilação da densidade de fluxo magnético para o ambiente 1 varia entre $0,3\mu\text{T}$ e $1,1\mu\text{T}$. Observa-se uma oscilação com maior número de picos para o ambiente 2, variando entre $0,3\mu\text{T}$ e $2,1\mu\text{T}$. Para o ambiente 3, tem-se uma oscilação entre $0,4\mu\text{T}$ e $1,9\mu\text{T}$. E para o ambiente 4 mais uma vez não foi observada oscilação para essa escala gráfica utilizada, com intervalo de densidade de fluxo magnético entre $0,3\mu\text{T}$ e $0,4\mu\text{T}$. Portanto, o ambiente 2 apresenta as maiores oscilações entre os pontos de medição.

GRÁFICO 28 - Oscilação dos níveis de RNI/ 50-400Hz

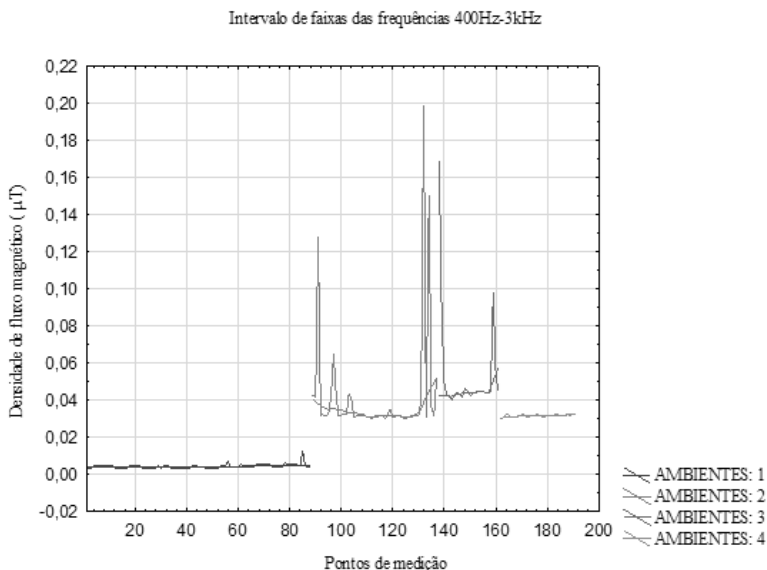


FONTE: Autoria própria (2019)

3.3.5 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo de faixas das frequências 400Hz-3kHz

Nesse intervalo de faixas das frequências de 400Hz-3kHz observa-se que o ambiente 1 apresentou baixa oscilação para a maioria dos pontos, com exceção de dois pontos que apresentaram oscilações entre $0,002 \mu\text{T}$ e $0,01 \mu\text{T}$. O ambiente 2 apresentou oscilação entre $0,03 \mu\text{T}$ e $0,20 \mu\text{T}$. Para o ambiente 3 foram observadas oscilações acima de $0,04 \mu\text{T}$ e inferiores a $0,17$. E o ambiente 4 manteve valores da densidade de fluxo magnético de $0,03 \mu\text{T}$. Então, o ambiente 2 apresentou as maiores oscilações entre os pontos de medição.

GRÁFICO 29 - Oscilação dos níveis de RNI/ 400Hz-3kHz

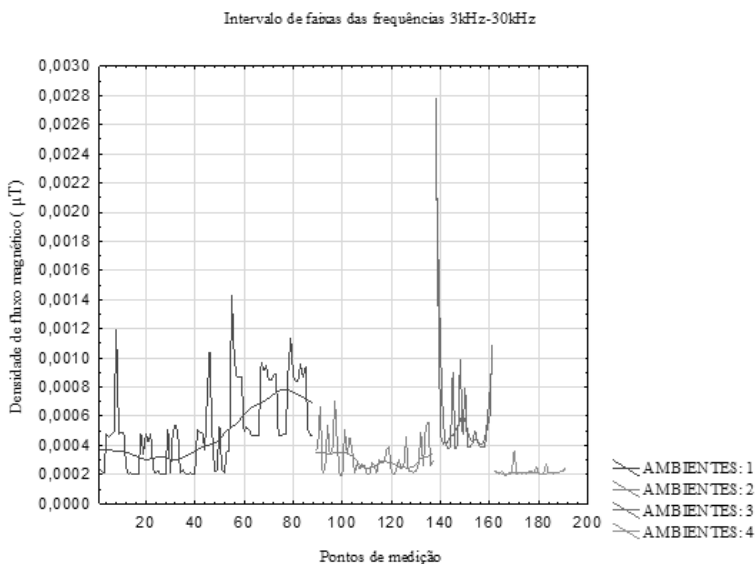


FONTE: Autoria própria (2019)

3.3.6 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo de faixas das frequências 3kHz-30kHz

Nesse intervalo de faixas das frequências de 3kHz-30kHz observa-se uma redução dos níveis de densidade de fluxo magnético em todos os ambientes, permitindo uma melhor representação das oscilações dessa densidade de fluxo magnético para todos os ambientes. Desse modo, o ambiente 1 apresentou oscilação entre $0,0002 \mu\text{T}$ e $0,0015 \mu\text{T}$. O ambiente 2 apresentou oscilações entre $0,0002 \mu\text{T}$ e $0,0008 \mu\text{T}$. O ambiente 3 apresenta as maiores oscilações entre os pontos, variando de $0,0004 \mu\text{T}$ até $0,0028 \mu\text{T}$. E o ambiente 4 apresentou oscilações entre $0,0002 \mu\text{T}$ e $0,0004 \mu\text{T}$. Então, o ambiente 3 apresentou as maiores oscilações.

GRÁFICO 30 - Oscilação dos níveis de RNI/ 3kHz-30kHz



FONTE: Autoria própria (2019)

Como resultado da análise comparativa entre os ambientes, percebe-se que o ambiente 2 e 3 apresentaram as maiores densidades de fluxo magnético e os ambientes 1 e 4 apresentaram as menores densidades de fluxo magnético. Da mesma forma ocorre com relação a oscilação da densidade de fluxo magnético, os ambientes 2 e 3 apresentaram os maiores picos e os ambientes 1 e 4 apresentaram os menores picos, desses o ambiente 2 destaca-se por oscilar em níveis de densidade de fluxo magnético superiores ao ambiente 3, com níveis entre 85 μT até 230 μT .

Considerando as características internas dos ambientes, especialmente a quantidade de equipamentos e a área total, tem-se que os ambientes 2 e 3 concentram uma maior quantidade de equipamentos o que pode explicar as maiores oscilações. E o ambiente 2 além da quantidade de

equipamentos internos, localiza-se ao lado de uma sala de controle de internet de uma ampla área da Universidade, o que pode explicar a presença dos picos mais altos de densidade de fluxo magnético. Assim, corrobora com os estudos de Kanapeças *et al.* (2007) que analisaram 42 ambientes universitários considerando como fonte de campo magnético a rede de energia na sala, cabos de energia, eletrodomésticos, computadores e vários dispositivos elétricos (ventiladores, aparelhos de fax, etc), realizaram medições de acordo com variadas distâncias dessas fontes e concluíram que a concentração em número de equipamentos, aumenta a concentração do campo magnético.

Um levantamento bibliográfico realizado por Elwood (2017) apontou a associação do aumento do risco ao desenvolvimento de leucemia infantil com a exposição a campos magnéticos superiores a $0,4 \mu\text{T}$, quando medidos na faixa de 50-60Hz em residências com oscilações dos níveis de campo ao longo do dia. Na presente pesquisa, os níveis de campo medidos são relacionados à exposição ocupacional e apresentam oscilações de densidade de fluxo magnético muito superiores aos observados pelos estudo de Elwood , com oscilações entre $85 \mu\text{T}$ e $230 \mu\text{T}$. Entretanto, o levantamento bibliográfico não apresenta estudos consistentes e os níveis de densidade de fluxo magnético mensurados na presente pesquisa estão dentro dos limites determinados pela ICNIRP (2010).

3.4 DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA DOS NÍVEIS DE RNI

Devido as particularidades de cada ambiente, como área, *layout*, concentração de equipamentos e variações da densidade de fluxo magnético mensuradas, se faz necessário um análise mais especifica no posto de trabalho dos funcionários a fim de detectar qual deles apresenta uma maior exposição do funcionário a RNI.

Os tópicos subsequentes avaliam a probabilidade de ocorrência de determinados níveis de densidade de fluxo magnético na proximidade dos funcionários. Portanto, foram selecionados os pontos apresentados

no quadro 3 correspondentes a localização do funcionário de acordo com o ambiente de trabalho.

QUADRO 3 - Pontos de localização dos funcionários por ambiente

Ambientes	Pontos
1	P35
2	P11
	P13
	P20
	P32
3	P10
4	P16

FONTE: Autoria própria (2019)

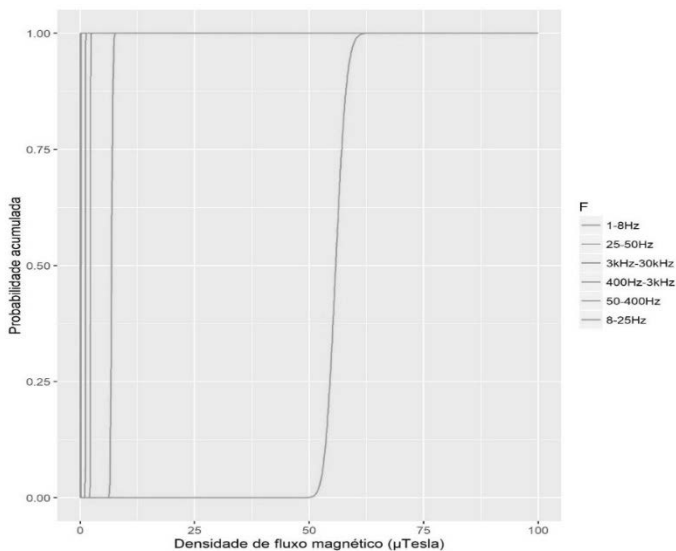
Os níveis de densidade de fluxo magnético mensurados nos ambientes apresentaram comportamento ao longo do tempo similares a distribuição lognormal, que corresponde a uma distribuição normal em escala logarítmica. E serão apresentadas nos tópicos subsequentes.

3.4.1 Distribuição acumulada P35

Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 1 e verifica-se, no gráfico 31, para as faixas de frequência de 1-8Hz uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de $51\mu\text{T}$ - $59\mu\text{T}$. Para a faixa de 8-25Hz, pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de cerca de 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de $5\mu\text{T}$ - $6\mu\text{T}$. Para os intervalos de faixas de frequências de 25-50Hz, 50-400Hz, 400Hz-3kHz

e 3kHz-30kHz observa-se uma probabilidade de 100% de ocorrência de níveis de densidade de fluxo magnético inferiores a 3 μ T.

GRÁFICO 31 - Distribuição acumulada P35

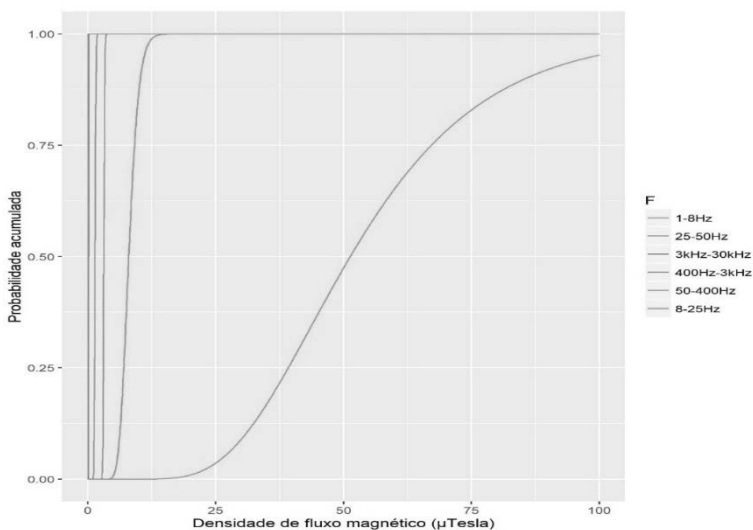


FONTE: Autoria própria (2019)

3.4.2 Distribuição acumulada P11

Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 2, é possível observar no gráfico 32, para as faixas de frequência de 1-8Hz uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 95% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 15 μ T- 100 μ T. Para a faixa de 8-25Hz, pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de cerca de 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 3 μ T- 7 μ T. Para os intervalos de faixas de frequências de 25-50Hz, 50-400Hz, 400Hz-3kHz e 3kHz-30kHz observa-se uma probabilidade de 100% de ocorrência de níveis de densidade de fluxo magnético inferiores a 3 μ T.

GRÁFICO 32 - Distribuição acumulada P11

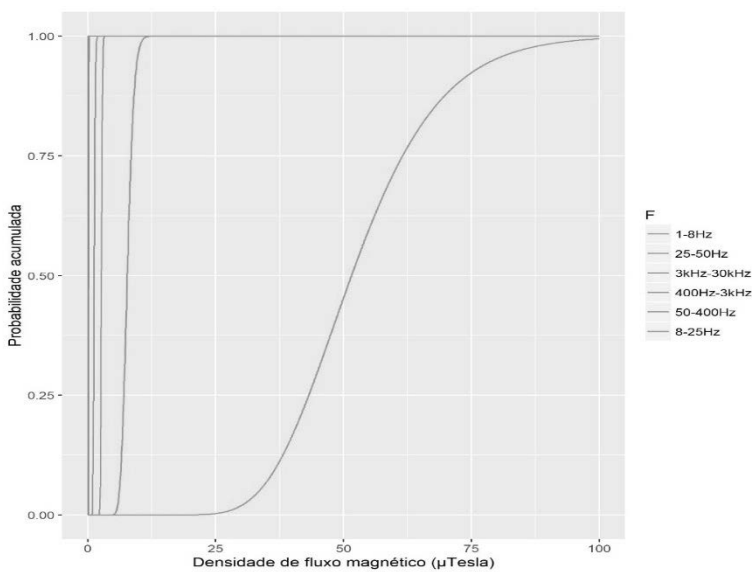


FONTE: Autoria própria (2019)

3.4.3 Distribuição acumulada P13

Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 2, pode-se observar no gráfico 33, que as faixas de frequência de 1-8Hz apresentam uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 27 μ T- 100 μ T. Para a faixa de 8-25Hz, pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de cerca de 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 3 μ T- 6 μ T. Para os intervalos de faixas de frequências de 25-50Hz, 50-400Hz, 400Hz-3kHz e 3kHz-30kHz observa-se uma probabilidade de 100% de ocorrência de níveis de densidade de fluxo magnético inferiores a 2 μ T.

GRÁFICO 33 - Distribuição acumulada P13

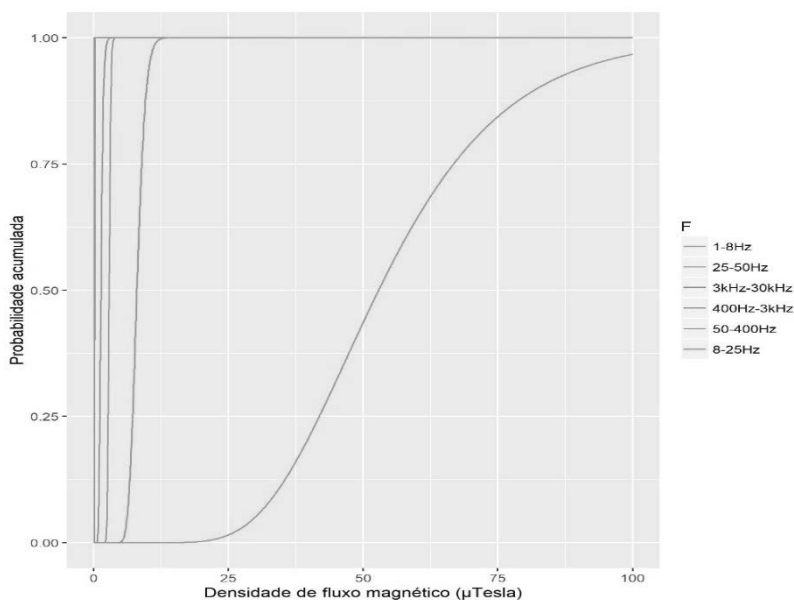


FONTE: Autoria própria (2019)

3.4.4 Distribuição acumulada P20

Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 2, pelo gráfico 34, pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 97% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 15µT- 100 µT, para a faixa de 1-8Hz. Para a faixa de 8-25Hz, pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de cerca de 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 3µT- 7µT. Para os intervalos de faixas de frequências de 25-50Hz, 50-400Hz, 400Hz-3kHz e 3kHz-30kHz observa-se uma probabilidade de 100% de ocorrência de níveis de densidade de fluxo magnético inferiores a 2µT.

GRÁFICO 34 - Distribuição acumulada P20

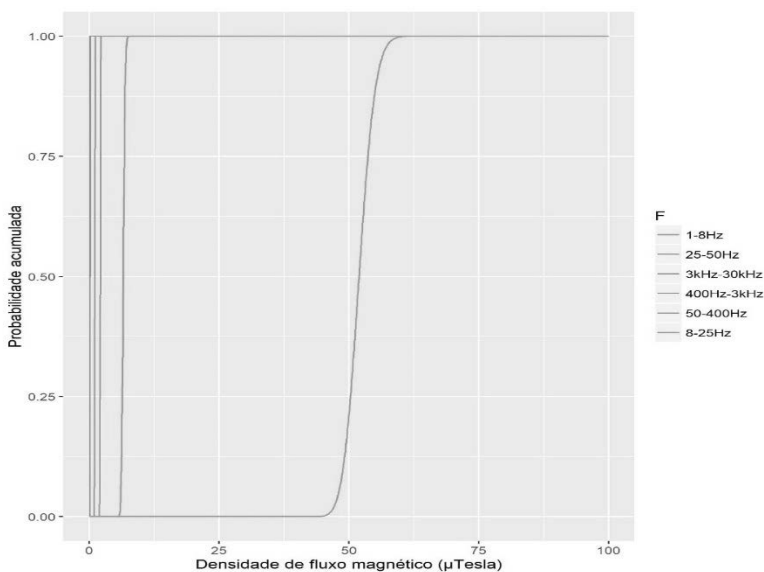


FONTE: Autoria própria (2019)

3.4.5 Distribuição acumulada P32

Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 2, para o intervalo das faixas de frequências de 1-8Hz pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 47μT- 54μT. Para a faixa de 8-25Hz, pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de cerca de 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 3μT- 4μT. Para os intervalos de faixas de frequências de 25-50Hz, 50-400Hz, 400Hz-3kHz e 3kHz-30kHz observa-se uma probabilidade de 100% de ocorrência de níveis de densidade de fluxo magnético inferiores a 2μT, conforme apresentado no gráfico 35.

GRÁFICO 35 - Distribuição acumulada P32

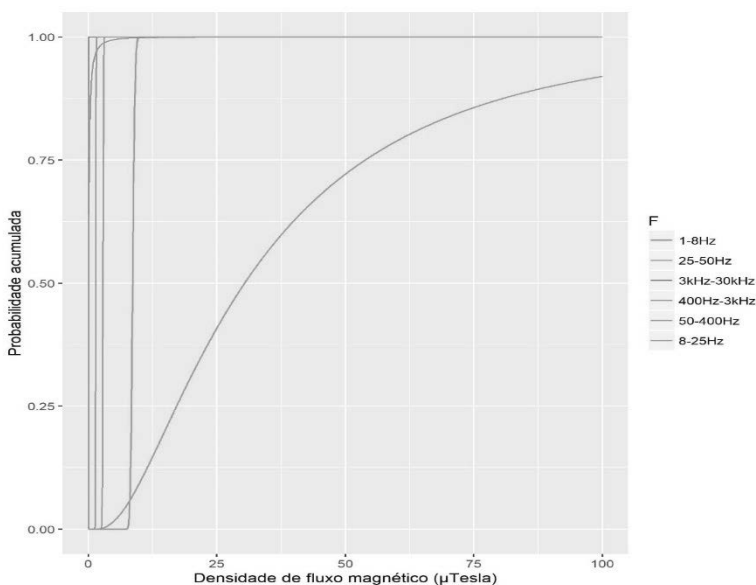


FONTE: A autoria própria (2019)

3.4.6 Distribuição acumulada P10

Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 3, como pode ser observado no gráfico 36, para o intervalo das faixas de frequências de 1-8Hz indica-se uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 93% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de $3\mu\text{T}$ - $100\mu\text{T}$. Para a faixa de 8-25Hz, pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de cerca de 100% de níveis de densidade de fluxo magnético inferiores a $4\mu\text{T}$. Para os intervalos de faixas de frequências de 25-50Hz, 50-400Hz, 400Hz-3kHz e 3kHz-30kHz observa-se uma probabilidade de 100% de ocorrência de níveis de densidade de fluxo magnético inferiores a $2\mu\text{T}$.

GRÁFICO 36 - Distribuição acumulada P10

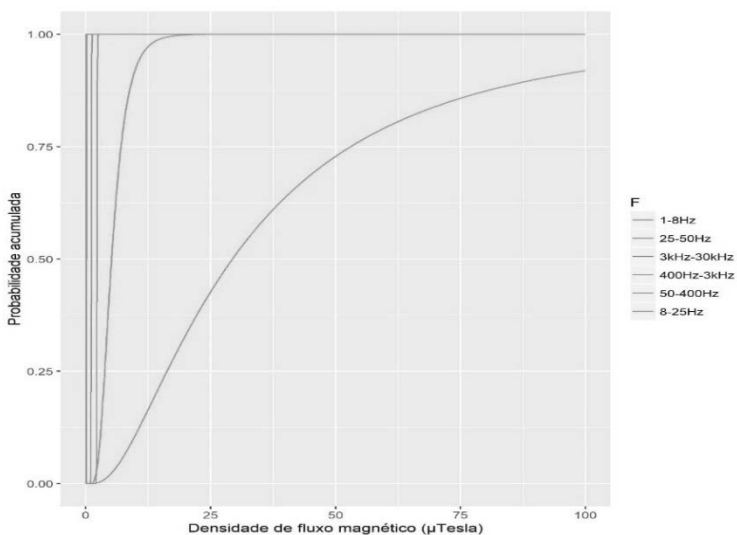


FONTE: Autoria própria (2019)

3.4.7 Distribuição acumulada P16

Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 4, para o intervalo das faixas de frequências de 1-8Hz pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 92% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de $3\mu\text{T}$ - $100\mu\text{T}$. Pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de cerca de 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de $3\mu\text{T}$ - $18\mu\text{T}$, para as faixas de 8-25Hz. Para os intervalos de faixas de frequências de 25-50Hz, 50-400Hz, 400Hz-3kHz e 3kHz-30kHz observa-se uma probabilidade de 100% de ocorrência de níveis de densidade de fluxo magnético inferiores a $2\mu\text{T}$, conforme apresentado no gráfico 37.

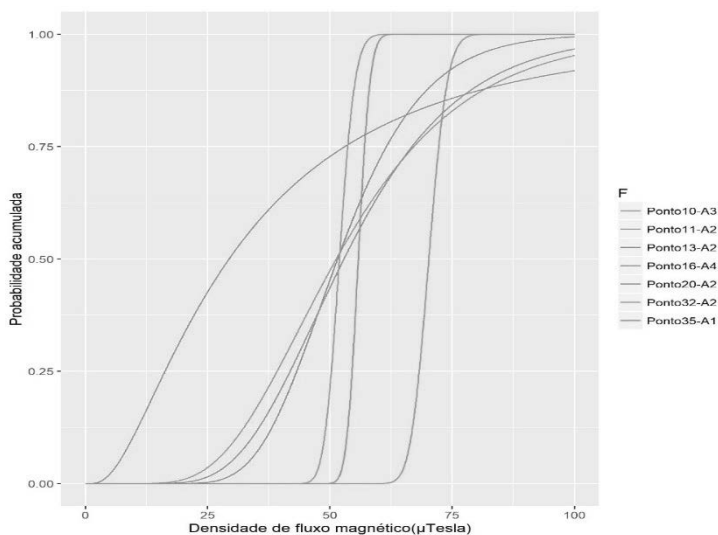
GRÁFICO 37 - Distribuição acumulada P16



FONTE: Autoria própria (2019)

Conforme evidenciado pelas análises gráficas realizadas acima, observa-se que o intervalo de faixas de frequências de 1-8Hz apresenta os maiores níveis de densidade de fluxo magnético e, portanto, esse intervalo foi analisado separadamente para melhor visualização da probabilidade acumulada em todos os pontos selecionados, conforme representado no gráfico 38.

GRÁFICO 38 - Distribuição acumulada 1-8Hz



FONTE: Autoria própria (2019)

Para esse intervalo de faixas de frequências observa-se no ponto 10 a probabilidade de ocorrência de aproximadamente 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de $62\mu\text{T}$ - $78\mu\text{T}$. O ponto 11 representa uma probabilidade de aproximadamente 95% para ocorrência de níveis de fluxo magnético no intervalo de $15\mu\text{T}$ - $100\mu\text{T}$. No ponto 13 verifica-se a probabilidade de ocorrência de aproximadamente 100% de níveis de densidade de fluxo magnético em torno do intervalo de $25\mu\text{T}$ - $100\mu\text{T}$. Para o ponto 16 há uma probabilidade de aproximadamente 90% para a ocorrência de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de $3\mu\text{T}$ - $100\mu\text{T}$.

Ao passo que o ponto 20 apresenta uma probabilidade de 96% para a ocorrência de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de $15\mu\text{T}$ - $100\mu\text{T}$. O ponto 32 apresenta uma probabilidade de 100% de ocorrência de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de

45 μ T-60 μ T. E o ponto 35 representa uma probabilidade de 100% de ocorrência de níveis de campo magnético no intervalo de 52 μ T-60 μ T.

Dessa maneira, observa-se que os postos de trabalho apresentam comportamentos diferenciados em relação aos ambientes, desses tem-se o ponto 10, localizado no ambiente 3 com probabilidade de ocorrência de 100% de níveis mais altos de densidade de fluxo magnético, variando entre 62 μ T-78 μ T. Portanto, para a análise quanto a exposição, o trabalhador alocado no ambiente 3 pode ser considerado mais exposto, devido a probabilidade de ocorrência de níveis mais altos de densidade de fluxo magnético.

Além disso, considerando os estudos encontrados através do levantamento bibliográfico, tem-se como ambiente de risco, aqueles que apresentam níveis de densidade de fluxo magnético iguais ou superiores a 0,4 μ T, para a faixa de 50-60Hz, principalmente no que tange a problemática da leucemia infantil (HUSS, 2013). Portanto, com base na literatura, todos os ambientes podem representar risco de exposição aos seus trabalhadores. Entretanto, ao considerar a ICNIRP (2010) todos os ambientes e seus respectivos postos de trabalho estão de acordo com os limites de exposição recomendados para o público geral e ocupacional.

3.5 PERFIL DOS TÉCNICOS

Os dados dos funcionários foram obtidos através de um questionário, que divide-se em quatro partes, cada uma correspondente a um eixo temático, os quais são citados a seguir: Dados pessoais- coletando informações como idade, gênero, estado civil; Histórico profissional- explorando sobre trabalhos anteriores, quanto tempo de permanência no vínculo empregatício atual, carga horária diária, e outros que auxiliem na formação do perfil de exposição; Perfil de saúde- abordando questões sobre o tabagismo e etilismo, como também sobre a prática de atividades físicas e consumo medicamentoso; e a Sintomatologia relatada- exibindo queixas como dores de cabeça, insônia, diminuição da qualidade de sono, estresse e outros.

No quadro 4 é possível observar a distribuição dos funcionários que compõem a amostra pelos ambientes estudados.

QUADRO 4 - Funcionários por ambiente

Funcionário 1	Ambiente 1
Funcionário 2	Ambiente 2
Funcionário 3	Ambiente 2
Funcionário 4	Ambiente 2
Funcionário 5	Ambiente 2
Funcionário 6	Ambiente 4
Funcionário 7	Ambiente 3

FONTE: Autoria própria (2019)

Abaixo serão apresentados os dados obtidos após aplicação dos questionários.

3.5.1 Dados pessoais

Os trabalhadores que responderam ao questionário são funcionários concursados da Universidade Federal da Paraíba-UFPA e encontravam-se presentes nos ambientes de coleta do nível de radiação não ionizante. Totalizam um número de 7 pessoas, sendo 6 do gênero masculino e 1 do gênero feminino. Desses 7, 5 são casados e os outros 2 solteiros, com faixa etária entre 34 e 57 anos.

QUADRO 5 - Dados pessoais dos funcionários

ITENS	Gênero	Idade	Estado civil
F1/A1	Masc.	34	Casado
F2/A2	Masc.	39	Solteiro
F3/A2	Masc.	35	Casado
F4/A2	Masc.	38	Casado
F5/A2	Masc.	57	Casado
F6/A4	Fem.	56	Solteira
F7/A3	Masc.	53	Casado

NOTAS: F= Funcionário; A= Ambiente; Masc. = masculino; Fem.= feminino.

FONTE: Aatoria própria (2019)

3.5.2 Histórico profissional

Os funcionários públicos concursados em cargos técnicos pela Universidade Federal da Paraíba são distribuídos em diversas funções: Três são analistas de sistemas, dois secretários, um assistente de tecnologia da informação e o último técnico de laboratório. A maioria (6) tem pós-graduação. Estão há pelo menos 4 anos desempenhando a função atual. Quatro não trabalharam em outro ambiente com equipamentos eletrônicos e três já trabalharam em outros ambientes similares ao atual. Todos têm vínculo exclusivo com a função atual, e cinco pessoas trabalham com regime de carga horária de 6h diárias. Outra questão levantada foi sobre a utilização de equipamentos eletrônicos além do ambiente de trabalho, que possam vir a configurar outra forma de exposição e todos utilizam equipamentos eletrônicos com intervalo de 1h até 6h após o expediente de trabalho. No quadro 6 é possível observar todos os resultados aqui descritos e associar o funcionário ao seu respectivo ambiente de trabalho.

QUADRO 6 - Histórico profissional dos funcionários

F1/ A1	F2/ A2	F3/ A2	F4/ A2	F5/ A2	F6/ A4	F7/ A3
Função atual						
Téc. de lab.	Assist. de tec. da infor.	Anal. de sistemas	Anal. de sistemas	Anal. de sistemas	Secret. de PG	Secret. de grad.
Formação						
Pós- -gra- duado	Pós-gra- duando	Pós- -gra- duado	Pós- -gra- duado	Pós- -gra- duando	Pós- -gra- duando	Gradua- do
Tempo na função atual						
5	4	7	14	15	38	4
Trabalhou em outro local ?*						
Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Atualmente trabalha em mais locais?						
Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Carga horária diária						
8	6	6	6	6	6	8
Tempo de utilização de equipamentos após horário de trabalho						
2h	3h	6h	6h	3h	1h	2h

NOTA: *Trabalhou em outro local provido de equipamentos eletrônicos, como o local de trabalho atual.

LEGENDA: F= Funcionário; A= ambiente; Téc. de lab.= Técnico de laboratório; Assist. de tec. da infor.= Assistente de tecnologia da informação; Anal. de sistemas= Analista de sistemas; Secret. de PG= Secretário de pós graduação; Secret. de grad.= Secretário de graduação.

FONTE: Autoria própria (2019)

3.5.3 Hábitos de vida

Foram coletadas informações sobre os hábitos de vida dos funcionários, uma vez que determinados hábitos podem apresentar alguma correlação com as sintomatologias coletadas, como também interferir na obtenção das imagens térmicas. Assim, cinco respondentes praticam atividades físicas e dois não praticam. Todos os funcionários não apresentam consumo de tabaco. Quatro consomem bebida alcoólica, três não consomem. Apenas um funcionário apresenta pressão alta, porém também consome bebida alcoólica. Nenhum dos funcionários fazem uso de medicamentos, conforme apresentado no quadro 7.

Foi considerada afirmativa a resposta para a presença de pressão alta, para aqueles que já realizaram exames médicos e apresentaram como resultado o diagnóstico de pressão alta.

QUADRO 7 - Hábitos de vida

F1/ A1	F2/ A2	F3/A2	F4/A2	F5/A2	F6/A4	F7/A3
Pratica de atividade física?						
Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
É fumante?						
Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Consumo de bebida alcoólica?						
Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Sim
Portador de pressão elevada em relação à normal?						
Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não

NOTA: F= Funcionário; A= Ambiente

FONTE: Autoria própria (2019)

3.5.4 Sintomatologia relatada

Foi elaborado um levantamento de sintomatologias relatadas pelos funcionários que se encontravam nos ambientes de análise da radiação não ionizante. Para construção do questionário foram incorporados todos os sintomas analisados na literatura que apresentavam correlação com a exposição à campos eletromagnéticos de extrema baixa frequência e baixa frequência.

Então, ao serem questionados quanto à dores de cabeça associadas ao uso de computadores, apenas 14% apresentou tal relato. Nenhum funcionário apresentou sensações e sinais oculares, como ardência, cansaço e lacrimejamento, apenas 14% relatou vermelhidão ocular.

Relacionado à qualidade do sono, foram abordadas questões quanto à insônia, dificuldade de levantar da cama e sonolência ao longo do dia. Nenhum funcionário apresentou insônia, 46% apresentaram dificuldade de levantar da cama e sonolência ao longo do dia. Tais achados corroboram com Labbafinejad (2010), que em seu estudo verificou que 362 funcionários ao passarem 6h diárias ou mais realizando atividades com computadores eram mais propensos a relatar insônia, dificuldade de levantar da cama e sonolência do que aqueles que realizavam atividades similares menos de 2h diárias.

Em relação ao estresse, 14% responderam que se considera estressado. Quanto a presença de alergias, coceira, manchas e ardência na pele apenas um funcionário apresentou queixas, relatando vermelhidão na pele. Algumas dessas observações também foram constatadas por Skulberg (2001), onde funcionários que trabalham em escritórios e utilizam monitores de vídeo apresentaram algumas irritações na pele.

Quanto as questões associadas à síndrome da “hipersensibilidade eletrônica” (PIERRE; MARC-VERGNE, 2010), nenhum funcionário relatou náuseas, 14% relatou sentir-se mal ao fazer uso de equipamentos como o computador, 14 % relataram momentos de falta de memória e dois relataram sensação de esgotamento.

Por fim, da construção do perfil dos funcionários participantes da pesquisa, observa-se que a maioria compreende o sexo masculino, com faixa etária entre 34- 57 anos, todos utilizam computadores e outros equipamentos eletrônicos para o desenvolvimento de suas atividades e após o horário de trabalho ainda fazem uso particular de equipamentos similares. Com relação ao histórico profissional, todos apresentam associação com a utilização de equipamentos eletrônicos quando relataram haver trabalhado em outro local. Quanto aos hábitos de vida, observou-se que dois funcionários apresentavam padrões compatíveis com o estudo da termográfico, porém em atendimento às normatizações para obtenção das imagens termográficas, apenas um funcionário foi indicado para o estudo.

3.6 ANÁLISE DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS

É possível observar que, ao longo dos anos, foram estudados e descritos vários efeitos sobre a saúde associados a exposição à radiação não ionizante. Da mesma forma, verifica-se na maioria dos estudos voltados a ambientes de trabalho interno com uso de computadores, impressoras e outros equipamentos eletrônicos que falta a abordagem quanto aos efeitos sobre a saúde do usuário.

Complementando o exposto acima, tem-se que os efeitos mais descritos pela literatura resultante da absorção da energia eletromagnética são os térmicos, como resultado do aumento de temperatura nos tecidos biológicos (MOHIT, 2000; ELBERN, 2012). Por isso e pela possibilidade de realização do estudo, tal efeito foi eleito para investigação na pesquisa atual.

Para tal, foram considerados efeitos térmicos da radiação não ionizante, aqueles causados por um aquecimento dos tecidos biológicos como resultado da interação corpo e campo eletromagnético.

Desde 1899, fisiologistas provaram que as correntes variantes de alta frequência provocavam efeitos térmicos em materiais biológicos. Karl Franz Naelshmidt, em 1990, deu início a investigações sobre esses

efeitos térmicos e desenvolveu a teoria de que o aquecimento resultava da oscilação molecular que por sua vez era induzida por correntes de alta frequência. Já na primeira metade do século XX, a radiofrequência começou a ser utilizada em várias aplicações da medicina, através da diatermia, houveram aplicações na indústria, uso de forno micro-ondas e comunicações (BREN, 1996).

Após a intensificação do uso da radiofrequência e a exposição com uso da comunicação através de radares, surgiram alguns estudos sobre os efeitos para a saúde: desenvolvimento de catarata, degeneração testicular, outros de origem térmica. Com a popularização desses estudos houve a necessidade de estabelecer um padrão de exposição e a ANSI C95.1-1966 estabeleceu um limite de 10 mW/cm^2 . Em 1996, surgem estudos apresentando efeitos no sistema nervoso central como resultado de uma exposição bem inferior ao padrão adotado e ao mesmo tempo irrompe uma polêmica com relação aos aparelhos de televisão e micro-ondas que emitiam radiação acima do padrão de 10 mW/cm^2 . Daí adotou-se um padrão de 1 mW/cm^2 para novos equipamentos (BREN, 1996; MOHIT, 2000).

Outros pesquisadores, observaram que as radiações não ionizantes do tipo micro-ondas e radiofrequência não são absorvidas apenas pela pele, mas também por camadas mais profundas de tecidos. Uma vez que os sensores térmicos do corpo estão localizados somente na pele, efeitos prejudiciais aos tecidos podem ocorrer devido ao aquecimento excessivo em regiões mais profundas, sem serem percebidos pelas pessoas (VAINER, 2005). Existem efeitos comprovados quanto ao aumento térmico decorrente da exposição a micro-ondas e radiofrequência: efeitos comportamentais em ratos mantidos a exposição a micro-ondas apresentaram diminuição da atividade locomotora. E a integridade da barreira sanguínea do cérebro foi rompida após aquecimento por 45 minutos a 40° C na frequência de 2,45 GHz (MOHIT, 2000).

Com relação aos campos de baixa frequência, em 2002, a Organização Mundial de Saúde (OMS) observou que esses campos induzem

correntes circulantes dentro do corpo humano e que a intensidade dessas correntes depende da intensidade do campo magnético externo e do percurso através do qual a corrente flui. E ainda, dependem do tempo de exposição, o estado funcional, a sensibilidade e vascularização do organismo (CARDOSO, 2011).

Um parâmetro muito utilizado para verificar a absorção de energia pelo corpo em decorrência da exposição à radiação eletromagnética é o SAR (*Specific Absorption Rate*) ou taxa de absorção específica que consiste em uma medida que utiliza a densidade de potência da radiação eletromagnética por unidade de massa de tecido biológico, medida em Watts por quilograma (W/Kg). Cada tecido humano tem uma taxa de absorção específica para uma mesma intensidade de radiação eletromagnética (PAULINO, 2001).

A SAR é utilizada como referência por algumas normas para estabelecer o limiar fisiológico de risco, sendo diretamente proporcional ao aumento de temperatura decorrente dos efeitos térmicos de ondas eletromagnéticas. Portanto, indica a energia absorvida em toda parte do corpo ou algumas segmentações específicas (ICNIRP;1998; IEEE,2005; ANATEL, 2015).

Dessa forma, atribuem-se alguns fatores de segurança, de acordo com o tipo de exposição que possa ocorrer: A) para ambientes controlados ou ocupacionais, que são os trabalhadores que estão instruídos e treinados em relação aos riscos potenciais e alertados a tomar as devidas precauções; B) para ambientes não controlados, ou público em geral, quando pessoas de diferentes idades e com situações de saúde variáveis estão envolvidas, podendo incluir grupos ou indivíduos mais suscetíveis e que, normalmente, não estão conscientes ou prevenidos dos riscos de exposição à radiação não ionizante. O limite da SAR também depende do tipo de exposição. Para exposição do corpo inteiro, por exemplo, pode-se considerar a SAR média, que será, então, a relação entre a potência total absorvida pelo corpo e sua massa. Entretanto, para aquecimentos localizados, como os produzidos pelos telefones celulares emitindo campos eletromagnéticos muito próximos da cabeça do usuário (a 2 cm ou menos), deve ser usada

a SAR local, que é definida como a potência absorvida por unidade de massa de tecido (ICNIRP, 1998).

Para realização deste estudo, observou-se que o cálculo do SAR apresentava uma limitação, devido a análise voltada para o corpo do usuário como um todo ou as segmentações pré-determinadas. E o objetivo da pesquisa voltou-se para análise da parte superior do tronco incluindo membros superiores, cabeça e pescoço. Ainda, observa-se que o aquecimento considerado pelo estudo do SAR é de forma uniforme na região avaliada, e sabe-se que o aquecimento não ocorre uniformemente (STEKETEE, 1973; ZONTAK, 2008).

Portanto, optou-se pelo estudo através de um termovisor ou câmera termográfica, que capta, através da luz emitida de infravermelho, o padrão de temperatura do objeto de estudo (FERREIRA, 2008). A termografia consiste em um estudo de imagens que medem e mapeiam a distribuição de temperatura emitida pela superfície do corpo permitindo a análise da temperatura cutânea (BRIOSCHI *et al.*, 2010).

Esse tipo de estudo térmico tem sido amplamente utilizado para caracterizar padrões de temperatura da superfície do corpo no diagnóstico de diversas doenças, e pode representar um instrumento valioso para a análise de fatores biológicos, tecidos e pesquisas fisiológicas referentes ao estudo de produção e dissipação de calor durante e após o exercício (BRIOSCHI *et al.*, 2010).

Dessa forma, utilizou-se de uma câmera termográfica FLIR B400, com 3.1 megapixel e sensibilidade térmica de 0,05°C, 320x240 pixel de resolução para o mapeamento térmico das áreas de tronco, membros superiores, cabeça e pescoço- áreas de maior proximidade em relação as fontes de RNI em ambientes de escritório.

Foram capturadas imagens do funcionário alocado no Ambiente 1, pois, durante a aplicação dos questionários os funcionários fo-

ram interrogados sobre seus estilos de vida, hábitos de consumo alimentar, tratamentos que envolvessem aumentos de temperatura corporal, prática de atividade física entre outros, que invalidassem o estudo térmico; assim os demais funcionários apresentaram estilos de vida, hábitos de consumo alimentício e tratamentos de saúde inadequados para a realização do mapeamento térmico, permanecendo apenas esse funcionário do Ambiente 1 (BRIOSCHI, M. L. *et al.* 2010; ZLATAR, T. *et al.* 2018).

Outros procedimentos aplicados para a realização do estudo térmico e em observância ao cumprimento com os padrões estabelecidos por Brioschi *et al.* (2010) para obtenção dos termogramas são descritos abaixo:

- ✓ Câmera e sistemas infravermelhos: O termovisor tem a função de captar a distância emissões de calor de diferentes áreas do corpo e reproduzir por meio de uma paleta de cores, no qual cada cor representa um nível de temperatura apresentado pelas áreas do corpo. Para tal ela deve possuir uma resolução de no mínimo 320x240pixels, sensibilidade térmica de 0,05° C e visualização de pontos quentes de pelo menos 1,36 mm a 1metro de distância, com capacidade de ajuste da emissividade para 0,98 para obtenção de leituras corretas.
- ✓ Sala de exames: O ambiente de realização deve ser termicamente controlado a uma temperatura de 23°C pois funciona como um estímulo térmico para causar uma vasoconstrição fisiológica e controlável, para que se possa observar as áreas com regiões patologicamente dilatadas. Evitar proximidade com fontes de calor.
- ✓ Preparo do indivíduo: Deve evitar qualquer tipo de tratamento que esteja associado ao aumento de temperatura corporal, ou a realização de exames por pelo menos 12 horas antes da termografia; evitar atividade física ou esforço físico por pelo menos

uma hora antes; evitar o consumo de substâncias vasoativas, esteroides e opióides por pelo menos 24 horas de antecedência; evitar o consumo de cigarros, álcool, café, chá, água, ingestão de alimentos, ingestão de comida picante, antecedentes ao exame. Recomenda-se a obtenção de termogramas preferencialmente no turno da manhã.

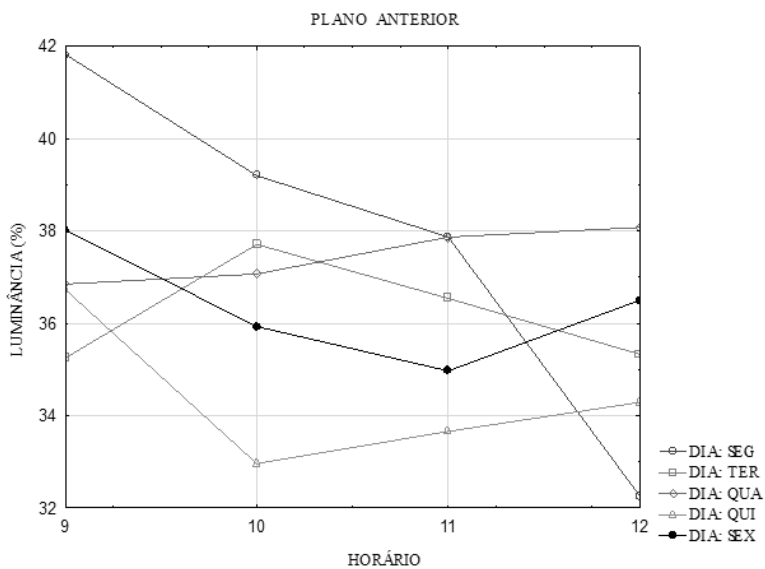
- ✓ Aclimatação: são necessários 15 minutos de aclimatação com a parte do corpo avaliada despida, é necessário que não haja compressão da região como também, deve-se evitar coçar a pele ou esfregar.

Então, seguindo as normatizações acima citadas foram capturadas 80 imagens durante uma semana, executando 4 capturas no turno da manhã, com início às 9h e término às 12h, respeitando o intervalo de uma hora entre cada captura. Foram obtidas imagens em quatro planos de delimitação do corpo: frontal, posterior, lateral direito e lateral esquerdo. Além disso, para a análise da correlação do aumento de temperatura corporal superficial e o aumento da densidade de fluxo magnético foram feitas medições dessa densidade de fluxo magnético, como também anotações quanto a quantidade de equipamentos variantes de acordo com os postos de trabalho móveis, no momento de obtenção das imagens. Considerou-se a quantidade de equipamentos dos postos de trabalho móveis utilizados no ambiente naquele momento, que devem ser somados a quantidade de equipamentos já existente nos postos de trabalho fixos.

Abaixo, é possível verificar ,através da análise gráfica, o comportamento da luminância das imagens - parâmetro que representa quantitativamente a temperatura das imagens, em função do horário de obtenção dos termogramas.

O gráfico 39 representa a variação da luminância de acordo com o plano de delimitação corporal anterior.

GRÁFICO 39 - Variação da luminância no plano anterior

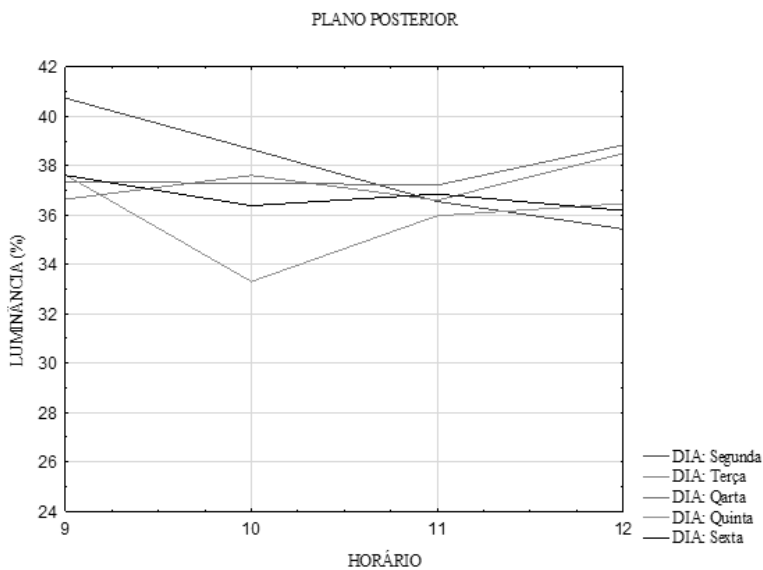


FONTE: Autoria própria (2019)

Nos termogramas obtidos no plano anterior de delimitação corporal é possível observar que a luminância tem aumento de 2% para a quarta-feira comparando-se ao horário das 9h e 12h. Para a segunda-feira, percebe-se um decréscimo de 10% da luminância do início das capturas para o final. Os demais dias e horários apresentam variações com diminuição e aumento ao longo dos horários.

Para o gráfico 40, tem-se a variação da luminância de acordo com o plano de delimitação corporal posterior.

GRÁFICO 40 - Variação da luminância no plano posterior

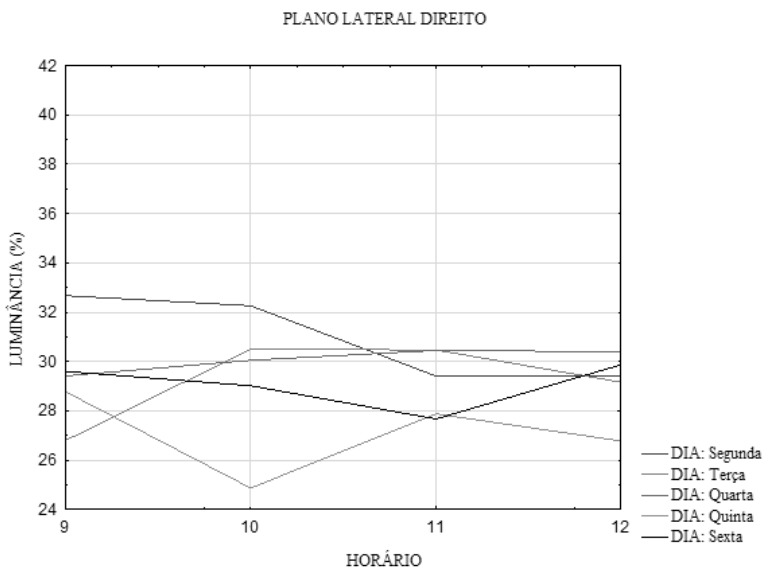


FONTE: Autoria própria (2019)

Para os termogramas obtidos no plano posterior de delimitação corporal é possível observar que a luminância resulta em aumento para os dias terça feira e quarta feira e diminuição para a segunda feira. Nos dias de quinta e sexta feira observa-se variações com aumentos e diminuições ao longo dos horários de captura das imagens.

Seguindo com a análise gráfica, percebe-se no gráfico 41 a variação da luminância de acordo com o plano de delimitação corporal lateral direito.

GRÁFICO 41 - Variação da luminância no plano lateral direito

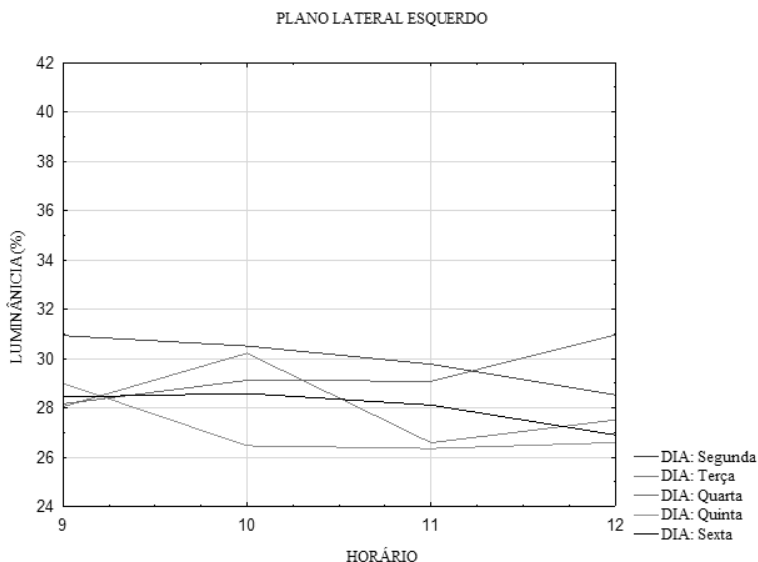


FONTE: Autoria própria (2019)

Verifica-se para os termogramas obtidos no plano de delimitação corporal lateral direito que a luminância diminui para o dia da segunda-feira e quinta-feira, e entre variações de aumento e diminuição os demais dias apresentam aumento da luminância.

Por último tem-se a análise gráfica da variação da luminância de acordo com o plano lateral esquerdo de delimitação corporal, podendo ser observada no gráfico 42.

GRÁFICO 42 - Variação da luminância no plano lateral esquerdo



FONTE: Autoria própria (2019)

Identifica-se para os termogramas obtidos no plano de delimitação corporal lateral esquerdo que a luminância diminuiu nos dias de segunda, quinta e sexta feira. Para a terça feira observa-se uma variação entre aumento e diminuição da luminância, principalemnte no horário das 10h. E para quarta feira observa-se um aumento da luminância.

Consequentemente, não foi possível observar a presença de relação com o aumento de temperatura ao longo da exposição às fontes de RNI no ambiente de trabalho. Portanto, como análise complementar, e com a finalidade de ratificar as análises gráficas, aplicou-se o cálculo do coeficiente de correlação de *Spearman* e o seu correspondente teste de significância para verificação da associação entre as variáveis de temperatura (representada pela luminância) e densidade de fluxo magnético, como pode ser observado no quadro 8.

Verificou-se que todas as correlações foram fracas com p-valuer <0,05. Não obstante, apesar das relações serem fracas observa-se que nas faixas das frequências de 1-8Hz , no plano de delimitação corporal esquerdo, houve uma correlação de 0,31. Tendo em vista que no momento da medição da densidade de fluxo magnético simultaneamente a obtenção dos terogramas, havia uma concentração de equipamentos na lateral esquerda do funcionário 1, o que pode explicar esse valor de 0,31 para a correlação entre a luminância no plano lateral esquerdo e a densidade de fluxo magnético para o intervalo das faixas de 1-8Hz.

QUADRO 8 - Teste de correlação para as variáveis temperatura e densidade de fluxo magnético

FAIXAS DE FREQUÊNCIA					
1-8Hz	8-25Hz	25-50Hz	50Hz- -400Hz	400Hz- -3kHz	3kHz- -30kHz
Plano de delimitação corporal anterior					
0,1113	0,0559	0,0165	0,0518	0,0739	-0,1896
Plano de delimitação corporal posterior					
0,0958	0,0509	0,0582	0,0379	0,0499	-0,0740
Plano de delimitação corporal lateral direita					
0,2624	0,1185	0,2061	0,2308	0,2455	-0,2852
Plano de delimitação corporal lateral esquerda					
0,3111	0,1593	0,2183	0,2595	0,2694	-0,1061

FONTE: Autoria própria (2019)

A absorção da onda eletromagnética varia de acordo com as características dos tecidos, e a profundidade de penetração da onda

no corpo em função da frequência. Essa absorção pode implicar em aumento da temperatura corporal que pode vir a não ser percebido pelos receptores térmicos superficiais e provocar aquecimento corporal. Como esse aquecimento depende do tempo de exposição, da intensidade do campo e da composição do tecido, pode ser que a intensidade do campo eletromagnético estudado não seja capaz de provocar efeitos térmicos sobre o indivíduo exposto (SILVA *et al.*, 2015).

Uma hipótese adicional para o não aparecimento do efeito térmico pode ser a compensação realizada pelo próprio corpo, sem nenhum prejuízo à saúde, uma vez que existem mecanismos fisiológicos para dissipação de calor corporal (GUYTON; HALL, 2006).

Outra análise pode ser realizada considerando o efeito da compensação interna fisiológica associada ao efeito da aclimatação de 15 minutos realizada pelo técnico, esses fatores podem vir a anular as alterações resultantes do efeito do campo magnético sobre o organismo.

Para avaliação de efeitos térmicos sobre o indivíduo, devem ser consideradas as condições de saúde do mesmo, condições internas ao organismo alteradas por hábitos como o consumo de alimentos e bebidas, práticas de exercício físico, tratamento local de algum problema físico, uso de medicações, vestimenta; condições externas- temperatura ambiente, fonte de exposição, características dessa fonte de exposição, tempo de exposição, formas de anular a exposição; e, especificamente, quanto ao campo de exposição eletromagnética considerar a frequência de campo estudada, uma vez que estudos com frequências mais altas já apresentam correlações consistentes com o desenvolvimento de patologias humanas.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES

4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intenso e crescente uso de tecnologias eletrônicas alcança as atividades do dia a dia de crianças, jovens e adultos e são indispensáveis em aplicações para variadas atividades ocupacionais. Postos de trabalhos são elaborados e os funcionários localizam-se nestes por várias horas durante seu expediente de trabalho expostos à efeitos ainda não conhecidos.

Dessa forma, esta pesquisa buscou entender sob a ótica da ergonomia ambiental e com o mapeamento das densidades de fluxo magnético realizados nos locais de trabalhos quais fatores podem auxiliar ou provocar o aumento ou diminuição do campo.

Percebe-se que em áreas de concentração de equipamentos os níveis da densidade de fluxo magnético apresentam-se mais altos. E à medida que se aumenta a distância das fontes (equipamentos eletrônicos e rede de distribuição elétrica) a densidade de fluxo magnético diminui.

Com a variação dos níveis de densidade de fluxo magnético para cada intervalo de frequência e de acordo com cada ambiente, observou-se a necessidade de uma análise da oscilação das densidades de fluxo magnético, com a finalidade de constatar qual ambiente apresenta maior exposição aos funcionários, decorrente dos maiores picos de densidades de fluxo magnético observadas. Dessa maneira, ao verificar a oscilação dessa densidade, foi possível constatar que os ambientes 2 e 3 apresentam maiores oscilações dos níveis de densidade de fluxo magnético, portanto, esses ambientes podem expor os funcionários 2,3,4, 5 e 7 a variações dos níveis de RNI que podem resultar em problemas de saúde.

Para delimitar melhor a configuração dessa exposição dos funcionários, foram realizadas análises de distribuição da probabilidade de ocorrência das densidades de fluxo magnético. Por conseguinte,

observou-se que o intervalo de faixas de frequências de 1-8Hz indica uma probabilidade de ocorrência de maiores níveis de densidade de fluxo magnético, como mostrado também através do mapeamento das densidades de fluxo em cada ambiente.

A análise da distribuição foi voltada para a localização do funcionário no ambiente, e observou-se que o ponto 10 pertencente ao ambiente 3 indica a presença de níveis mais altos de densidade de fluxo magnético, com probabilidade de 100% de ocorrência de níveis de densidades de fluxo magnético em torno do intervalo de $62\mu\text{T}$ - $78\mu\text{T}$.

Para assegurar que há diferenças entre as densidades de fluxo magnético mensuradas nos ambientes, aplicou-se os testes de Kruskal-Wallis e de “comparações múltiplas das médias dos pontos”, e então as análises anteriores foram ratificadas, uma vez que há diferença significativa entre as densidades de fluxo magnético para cada ambiente.

Em síntese, constata-se que a densidade de fluxo magnético no ambiente interno provido de equipamentos eletrônicos sofre influência dos seguintes fatores:

- ✓ Localização da fonte de densidade de fluxo magnético, quanto mais próximo da fonte, maiores os níveis de densidade de fluxo magnético observados no ambiente;
- ✓ Tipo da fonte, computadores do tipo “*all in one*” apresentam em sua região maiores níveis da densidade de fluxo magnético;
- ✓ *Layout*, a distribuição e organização dos equipamentos pode reduzir os níveis de densidade de fluxo magnético observadas no ambiente;
- ✓ Fatores externos, como a presença de caixa de distribuição de rede elétrica, resultam no aumento dos níveis de densidade de fluxo magnético observados no ambiente interno;
- ✓ Quantidade de equipamentos, quanto maior o número de equipamentos maiores os níveis de densidade de fluxo magnético no local.

No que se refere a adequação aos limites de exposição do público geral e ocupacional determinados pela ICNIRP (2010), todos os pontos medidos foram analisados de acordo com a faixa de frequência medida e estão dentro dos padrões recomendados.

À luz da literatura e a partir da identificação dos sintomas relatados pelos funcionários observa-se neste livro que, em sua maioria, os funcionários enumeram queixas quanto a sonolência ao longo do dia e a dificuldade de levantar da cama.

Sobre o estudo dos termogramas é possível verificar que a exposição às faixas de extrema baixa e baixas frequências podem não ocasionar efeitos térmicos sobre a saúde do trabalhador. Entretanto, não se pode concluir sobre essas faixas não representarem risco de aquecimento corporal.

Muito embora não se tenha apontado com exatidão relatos de problemas de saúde ou aumento de temperatura no corpo humano, recomenda-se uma reorganização do layout de forma a proporcionar uma distribuição dos equipamentos sobre os postos de trabalho, e posicionamento do usuário o mais distante possível em relação aos equipamentos e rede de distribuição elétrica, como forma de prevenção a exposição à RNI.

4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Outras pesquisas podem verificar, de forma mais aprofundada, os possíveis efeitos sobre a saúde de trabalhadores expostos a níveis de RNI que se encontram dentro de padrões determinados na literatura, e de forma complementar, pode-se estabelecer um tempo de exposição para o aparecimento de tais efeitos.

Futuras pesquisas poderiam ampliar a amostra e verificar a presença ou não de alterações de temperatura superficial do trabalhador exposto aos campos magnéticos de extrema baixas e baixas frequências. Ainda, pode-se verificar se frequências de campo magnético mais altas provocam alguma alteração térmica.

Por fim, outros estudos poderiam combinar a análise do ambiente interno, considerando os fatores analisados nesta pesquisa associados à presença dos mais variados fatores externos ao ambiente.

REFERÊNCIAS

ABRAZ-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALZHEIMER. Disponível em: <<http://abraz.org.br/sobre-alzheimer/o-que-e-alzheimer>> Acesso em: 25/08/2016.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE TELECOMUNICAÇÕES. **Resolução nº 303, de 02 de julho de 2002.** Aprova o Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/17-2002/128-resolucao-303>>. Acesso em 04 de dezembro de 2017.

AKINBINU, T.R.; MASHALLA, Y.J. *Impact of computer technology on health: Computer Vision Syndrome (CVS).* **Medical Practice and Review**, v. 5, n.3, p. 20-30, Novembro, 2014.

AVENDAÑO, C.; MATA, A.; SARMIENT, C.A.S.; DONCEL, G.F. *Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation.* **Andrology**.v. 97, n.1, p.39-45, Janeiro. 2012.

BALTRENAS, P.; BUCKUS, R.; VASAREVICIUS, S. Modelling of the Computer Classroom Electromagnetic Field. **Electronics and Electrical Engineering-Kaunas: Technologija**, n.3, v.109, pp.75-80, 2011.

BARROS, L.M. Física teórica experimental II. 1. ed. Rio de Janeiro: Estacio, 2016.

BELLIENI, C.V.; PINTO, I.; BOGI, A.; ZOPPETTI, N.; ANDREUCETTI, D.; BUONOCORE, G. Exposure to Electromagnetic Fields From Laptop Use of “Laptop” Computers. **Archives of Environmental & Occupational Health**, v. 67, n. 1, 2012.

BERGQVIST, U.; VOGEL, E. *Possible health implications of subjective symptoms and electromagnetic fields. A report prepared by a European group of experts for the European Commission, DG V. Solna (Sweden)*, **National Institute for Working Life**, 1997.

BREN, S. P. A. Historical introduction to EMF Health Effects. **IEEE Engineering in medicine and Biology Magazine**, julho/ agosto, pp. 24-30, 1996.

BREWER, S.; EERD, D.V.; AMICK III, B.C.; IRVIN, E.; DAUM, K.M.; GERR, F.; MOORE, J.S.; CULLEN, K.; REMPEL, D. *Workplace interventions to prevent musculoskeletal and visual symptoms and disorders among computer users: A systematic review*. **J OccupRehabi**, v. 16.n.3, p.325-358. 2006.

BRIOSCHI, M. L. *et al. Princípios e indicações da termografia médica*. São Paulo: Andreoli, 280p, 2010.

BRODIC, A.; AMELIO, A. Classification of the Extremely Low Frequency Magnetic Field Radiation Measurement from the Laptop Computers. **Measurement Science Review**, v. 15, n.4, pp.202-209, 2015.

BRODIC, D. Analysis of the extremely low frequency magnetic field emission from laptop computers. **Metrol. Meas. Syst.**, v.23, n. 1, pp.143-154, 2016.

BURCH, J.B.; REIF, J.S. YOST, M.G.; KEEFE, T.J.; PITRAT, C.A. *Reduced Excretion of a Melatonin Metabolite in Workers Exposed to 60 Hz Magnetic Fields. American Journal of Epidemiology Copyright.* 150, n.1, p. 27-36. 1999. C95.6-2002. IEEE New York, USA; 2002.

CABRITA, C. M. P. **Efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos e da radiação.** Universidade da Beira Interior. Licenciatura em Ciências Biomédicas. 2008.

CALVENTE, I; FERNANDEZ, M.F.; VILLALBA, J; OLEA, N.; NUÑEZ, M.I. Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia: A systematic review. **Science of the Total Environment Journal**, v. 408, n.16, p. 3062-3069. 2010.

CÂMARA, P. R. S. Effect of exposure to non-ionizing radiation (electromagnetic fields) on the human system: A literature review. **Journal of Interdisciplinary Histopathology.** v.2, n.4, pp.187-190,2014

CARTER, J.B.; BANISTER, E.W. Musculoskeletal problems in VDT work: a review. **Ergonomics**, v. 37, n. 10, p. 1623-1648. 1994.

CAUCHICK MIGUEL, P. A.; HO, L. L. Levantamento tipo *survey*. In: CAUCHICK MIGUEL, Paulo A. (coord.). **Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2010. p. 73-128.

CEFET/SC. **Apostila de eletromagnetismo. Florianópolis:** CEFET/SC, novembro 2005.

CHAVES, E.C. **Medida do comprimento da peça intermediária da cauda de espermatozoides humanos e sua correlação com a motilidade.** 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Saúde da Mulher da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

CITTADINI, A.; AZZENA, G.B. Effects of 50 Hz electromagnetic fields on voltage-gated Ca²⁺ channels and their role in modulation of neuroendocrine cell proliferation and death. **Cell Calcium.** n. 35, v.4, pp. 307–315, 2004.

CONVERGÊNCIA DIGITAL, Pesquisas Google, 2013. Disponível em: <<http://convergenciadigital.uol.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site&in-foid=34631>>. Acessado em: 30/09/2017.

DEHAGHI, B.F.; GHAMAR, A.; LATIFI, S.M. Electromagnetic Fields and General Health: A Case of LCDs vs. Office Employees. **Jundishapur J Health Science**, v.8, n.1. 2016.

EDMINISTER, J. A. **Teoria e problemas de eletromagnetismo.** Porto Alegre: Bookman, c 2006.

ELBERN, A. **Radiações Não-Ionizantes:** Curso de segurança do trabalho. [s.d]. Disponível em: <<http://www.prorad.com.br/downloads/rni.pdf>> Acesso em: 26/08/2016.

ELWOOD, M.. Epidemiological studies of low-intensity ELF fields and diseases in humans. In: WOOD, Andrew W.; KARI-PIDIS, Ken. Non-ionizing – Radiation protection. USA: Wiley, cap. 20, p.313-321, 2017.

ESCOBAR-CORDOBA, F.; CHICA-URZOLA, H. L.; CUEVAS-CEN-DALES, F. Sleep disorders related to the female menopause and their treatment. **Rev Colomb Obstet Ginecol** [online]. v.59, n.2, pp.131-139. ISSN 0034-7434. 2008.

FAJARDO, M. F.G.; SANCHEZ, F.V. **Diagnostico de salud ocupacional y plan de intervencion VDT -unad**. 2010. Tese, Popayán, 2010.

FELIX, N.; CHIZURUMOKE, M.; EMMANUEL, E. Measurement of magnetic fields from liquid crystal display (LCD) computer monitors. **International Journal of Current Research**, v. 5, n.7, pp.1771-1773, 2013.

FENETY, A.; WALKER, J.M. Short-Term Effects of Workstation Exercises on Musculoskeletal Discomfort and Postural Changes in Seated Video Display Unit Workers. **Physical Therapy**.v.82, n. 6.p.578-589. 2002.

FERREIRA et al. Exercise-Associated Thermographic Changes in Young and Elderly Subjects. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 36, n. 8, pp. 1420-1427. Agosto, 2008.

FERREIRA, B.I.A.L.S.; FREITAS, E.L.; ALMEIDA, P.T.; MENDES, T.H.C.; SILVA, V.Y.N.E.; KASHIWABARA, T.G.B. Dermatitis: Di-

agnosis and therapy. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research – BJSCR**.v.5, n.2, p.22-26.2013.

FRANCESCHELLI, S.; GRILLI, A.; MURARO, R.; REALE, M.. Extremely low frequency electromagnetic fields modulate expression. of inducible nitric oxide synthase, endothelial nitric oxide synthase and cyclooxygenase-2 in the human keratinocyte cell line HaCat: potential therapeutic effects in wound healing. **Br. J. Dermatol.** n.162, v.2, pp. 258–266, 2010.

FÜLLGRAF, R.P. **Espectrofotômetro Portátil com Led Rgb para Análises Químicas e Biológicas.** 2012. Monografia (Pós-graduação) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

GARCIA, A.M, SISTERNAS, A. HOYOS, S.P. Occupational exposure to extremely low frequency electric and magnetic fields and Alzheimer disease: a meta-analysis. **International Journal of Epidemiology**, v.37, n.2, p.329-340. 2008.

GIANCOLI, D. C. **Physics for scientists and engineers.** 3. ed. USA: Prentice Hall, 2000.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIORGIO, S. **Autofagia celular em processos patológicos.** Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v. 35, n. 1, p. 125-136, jan. /Jun. 2014.

GONÇALVES, M.A. **Implicações jurídicas em face dos riscos potenciais das radiações não ionizantes nas telecomunicações.** Faculdade de Direito da França. França, 2012.

GRAÇA, C. **Eletromagnetismo.** Santa Maria, 2012.

GRASSI, C.; D'ASCENZO, M.; TORSELLO, A.; MARTINOTTI, G.; WOLF, F.; GRIFFITHS, D.A. **Eletrodinâmica.** 3 ed. São Paulo: Pearson, 2011.

GRAZULEVICIUS, G. Investigation of magnetic fields of LCD monitors using a personal computer. **XVIII-th International Conference on Electromagnetic Disturbances.** Vilnius, Lithuania, 25-26 September 2008.

GUYTON, A.C.; Hall J.E. **Tratado de Fisiologia Médica.** Editora Elsevier. 11^a ed., 2006.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física: Eletromagnetismo.** Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro 1^o ed, 2018.

HAYT, J.R.; WILLIAM, H. **Eletromagnetismo.** 4 ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2001.

HOCHANDEL, C.D. Computer workstation adjustment: a novel process and large sample study. **Applied Ergonomics,** v.26, n. 5, p.315-326. 1995.

HUSS, A. *et al.* Does apartment's distance to an in-built transformer room predict magnetic field exposure levels?. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 23, n. 5, p. 554-558, 2013.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). **Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz to 100 kHz)**. 2010.

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE standard for safety levels

INCA. ABC do câncer: abordagens básicas para o controle do câncer / Instituto Nacional de Câncer. – Rio de Janeiro: Inca, p. 128. 2011.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. **Non-ionizing Radiation, Part1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields**. Lyon France: World Health Organization, 2002.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). **For limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)**. 1998.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP). Guidelines for limiting expo-

sure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz–100 kHz). **Health Phys**, n. 99, v. 6, pp.818-836, 2010.

KANAPECKAS, P.; MACIULEVICIUS, S.; ALFREDAS, O.; PETRAUSKAS, V.; VALYS, A. Electromagnetic radiation at computerized workplaces. **124x Information technology and control**, v. 36, n.4, 2007.

KHEIFFETS, L.I.; ABDELMONEM, A.A.; BUFFLER, P.A. et al. Occupational electric and magnetic field exposure and brain cancer: a metaanalysis. **J Occup Environ Med**, n. 37, p. 1327-1341, 1995.

KLUSSMANN, A. et al. A cross-sectional study on prevalence and symptom-predicting factors at visual display terminal (VDT) workstations. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v.9, p.96. 2008.

KOKALARI, I.; KARAJA, T. Evaluation of the Exposure to Electromagnetic Fields in Computer Labs of Schools. **Journal of Electromagnetic Analysis and Applications**, v.3, pp. 248-253,2011.

LABBAFINEJAD, Y.; AGHILINEJAD, M.; SADEGHI, Z. Association between Duration of Daily Visual Display Terminal Work and Sleep Disorders among Statistics Center Staff in Iran. **Iranian Red Crescent Medical Journal**, v. 12, n.4, p. 419-423. 2010.

LERCHL, A.; KLOSE, M.; GROTE, K.; WILHELM, A.F.X.; SPATHMANN, O.; FIEDLER, F.; STRECKERT, J.; HANSEN, V.; CLEM-

ENS, M. Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.459, n.4, p. 585-590. 2015.

LIBERATI, A. et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. **Annals of Internal Medicine**, v. 151, n. 4. 2009.

MANNERLING, A.C.; SIMKO, M.; MILD, K.H.; MATTSSON, M.O. Effects of 50-Hz magnetic field exposure on superoxide radical anion formation and HSP70 induction in human K562 cells. *Radiat. Environ. Biophys.* n.49, v.4, pp. 731–741, 2010.

MANNI, V.; LISI, A.; POZZI, D.; RIETI, S.; SERAFINO, A.; GIULIANI, L.; GRIMALDI, S. Effects of extremely low frequency (50 Hz) magnetic field on morphological and biochemical properties of human keratinocytes. **Bioelectromagnetics**. n. 23, v.4, pp. 298–305, 2002.

MARTIN, E.S.; TANAKA, E.K. O risco ambiental representado por campos eletromagnéticos em áreas de exclusão social em presidente prudente (SP). **Tópos**, v. 5, n. 2, p. 144 -160. 2011.

MARTINS, R. A. Abordagens quantitativa e qualitativa. In.: CAUCHICK MIGUEL, Paulo A. (coord.) **Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio -de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2010, p. 45-61.

MÁSCULO, F. S. Ergonomia, higiene e segurança do trabalho. In: BATALHA, M. (Org.). **Introdução à engenharia de produção**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2008.

MAYER-WAGNER, S.; PASSBERGER, A.; SIEVERS, B.; AIGNER, J.; SUMMER, B.; SCHIERGENS, T.S.; JANSSON, V.; MULLER, P.E.. Effects of Low Frequency Electromagnetic Fields on the chondrogenic differentiation of human mesenchymal stem cells. **Bioelectromagnetics**. n.32, pp.283–290, 2011.

MOHIT, G. **Efeitos biológicos e comportamentais da radiação de micro-ondas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal da Paraíba. Paraíba, João Pessoa, p.125, 2000.

NORIEGA-LUNA, B.; SABANERO, M.; SOSA, M.; AVILA-RODRIGUEZ, M.. Influence of pulsed magnetic fields on the morphology of bone cells in early stages of growth. **Micron**, n.42, v.6, pp. 600–607, 2011.

NORMAN, K., NILSSON.T.; HAGBERG, M.; TORNQVIST, E,W,; TOOMINGAS, A. Working conditions and health among female and male employees at a call center in Sweden. **Am J Ind Med**. v. 46, n.1, p.55-62. 2004.

OMS. **Estabelecendo um diálogo campos eletromagnéticos**. Radiação e Saúde ambiental. Departamento de Proteção do Ambiente Humano. Genebra – Suíça, 2002.

ONG, C.N.; CHIA, S.E.; JEYRATNAM, J.; TAN, K.C. Musculoskeletal disorders among operators of visual display Terminal. **Scand J Work Environ Health**, v.21, n. 1, p. 60-64. 1995.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). Estabelecendo um diálogo sobre riscos de campos eletromagnéticos. **Radiação e saúde ambiental, Departamento de proteção do ambiente humano**. Genebra: 2002.

PATRUNO, A.; AMERIO, P.; PESCE, M.; VIANALE, G.; DI LUZIO, S.; TULLI, A.; Paulino, J. O. S. **Radiações Eletromagnéticas Não Ionizantes emitidas pelas Antenas Fixas de Telefonia Celular**. Departamento de Engenharia Elétrica – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

PAULINO, J.O.S. **Radiações eletromagnéticas não ionizantes emitidas pelas antenas fixas de telefonia celular**. Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG, Maio de 2001

PEIXOTO, N. H.; FERREIRA, L. S. **Higiene Ocupacional III**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. Rede e-Tec Brasil, 2013.

PIACENTINI, R.; RIPOLI, C.; MEZZOGORI, D.; AZZENA, G.B.; GRASSI, C.. Extremely low-frequency electromagnetic fields promote in vitro neurogenesis via upregulation of Ca (v)-1-channel activity. **J. Cell. Physiol.** n.215, pp.129–139, 2008.

PIERRE, J.; MARC-VERGNE. Electromagnetic hypersensitivity: The opinion of an observer neurologist. **Comptes Rendus Physique**, v.11, p. 564–575. 2010.

POLK, C.; POSTOW, B. **Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields**. CRC Press, 1996.

POOLE, C.; KAVET, R.; FUNCH, D.P.; DONELAN, K.; CHARRY, J.M.; DREYER, N.A. Depressive symptoms and headaches in relation to proximity of residence to an alternative- current transmission line right- of - way. **American Journal of Epidemiology**.v.137, n.3, p. 318- 330.1993.

RANASINGHE, P.; PERERA, Y.S. LAMABADUSURIYA, D.A.; KULATUNGA, S.; JAYAWARDANA, N.; RAJAPAKSE, S.; KAT-ULANDA, P. Questionário Maastricht-Upper-extremidade, checklist para avaliar as estações de trabalho Occupational Safety and Health Administration (OSHA). **Environmental Health**, 2011.

REITER, R.J. Melatonin suppression by static and extremely low frequency electromagnetic fields: relationship to the reported increased incidence of cancer. **Rev Environ Health**, n.10, p.171-186, 1994.

REMPEL, D.M.; KRAUSE, N.; GOLDBERG, R.; BENNER, D.; HUDES, M.; GOLDNER, G.U.; A randomised controlled trial evaluating the effects of two workstation interventions on upper body pain and incident musculoskeletal disorders among computer operators. **Occup Environ Med**, v.63, n.5, p. 300-306. 2006.

REPACHOLI, M.H. Low - level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs. **Bioelectromagnetics**, v.19, n.1, p. 1- 19. 1998.

RING, E.F.J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiological Measurement**. v.33.2010.

ROCHA, L.E.; GLINA, D.M.R.; MARINHO, M.F.; NAKASATO, D. Fatores de risco para sintomas osteomusculares entre operadores de uma central de atendimento telefônico de um banco localizado em São Paulo. **Boletim da Saúde**, v. 20, p. 119-128. 2006.

SAVITZ, D.A. Overview of epidemiological research on electric and magnetic fields and cancer. **Am Ind Hyg Assoc J**, n.54, p. 197-204, 1993.

SCHAEFER, Tania Mara Cunha. **Análise das alterações do piscar, do filme lacrimal e da superfície ocular induzidas pelo uso de monitor de computador**. 2009, Tese (Doutorado em Oftalmologia) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SHEN, Y.; XIA, R.; JIANG, H.; CHEN, Y.; HONG, L.; YU, Y.; XU, Z.; ZENG, Q. Exposure to 50 Hz-sinusoidal electromagnetic field induces DNA damage-independent autophagy. **International Journal of Biochemistry and Cell Biology**, 2016.

SILVA, D. F. et al. Exposição a radiações eletromagnéticas não ionizantes da telefonia celular e sintomas psiquiátricos. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 31, n.10, 2110-2126, 2015.

SILVA, S.V.; LOUREIRO, J.M.C.; MOREIRA, P.L.; ALVES, A.L.M. **Leucemia infantil**. Trabalho de Licenciatura realizado para a disciplina de Saúde Mental e Psicologia da Saúde. 2004.

SKULBERG, K.R.; SKYBERG, K.; EDUARD, W.; GOFFENG, L.O.; VISTNES, A.I.; LEVY, F.; KJUUS, H. Effects of electric field reduction in visual display units on skin symptoms. **Scand J Work Environ Health**, v.27. n.2, p.140-145. 2001.

SOUSA NETO, J.A.; CASTRO, B.F. Melatonina, ritmos biológicos e sono - uma revisão da literatura. **Rev. Bras. Neurol**, v. 44, n.1, p. 5-11. 2008.

STEKETEE, J. Spectral emissivity of skin and pericardium. **Phys. Med. Biol.** v.18, pp.686-694, 1973.

STEVENS, R.G.; DAVIS, S. The melatonin hypothesis: electric power and breast cancer. **Environ Health Perspect**, n. 104, p.135-140,1996.

STRAKER, L.; POLLOCK, C.; BURGESS-LIMERICK, R.; SKOSS, R.; COLEMAN, J. Children's posture and muscle activity at different computer display heights and during paper information technology use. **Human Factors**, v. 50, n.1, p. 49-61. 2008.

SZETO GP, LEE R. An ergonomic evaluation comparing desktop, notebook, and subnotebook computers. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 83, n.4, p. 527-532. 2002.

TAPTAGAPORIN, S.; SAITO, S. Visual Comfort in VDT Operation: Physiological Resting States of the Eye. **Industrial Health**, v. 31, n.1, p.13-28. 1993.

TORRÃO, A.S.; et al Abordagens diferentes, um único objetivo: compreender os mecanismos celulares das doenças de

Parkinson e de Alzheimer. **Revista Brasileira de Psiquiatria**. v.34, n.2, p. 194-218. Out. 2012.

TORRES, C.M.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A.T.; PENTEADO, P.C.P. **Física Ciência e Tecnologia**. 3. ed. São Paulo: Moderna, v.3, 2013.

TSAI, M.T.; CHANG, W.H.; CHANG, K.; HOU, R.J.; WU, T.W. Pulsed electromagnetic fields affect osteoblast proliferation and differentiation in bone tissue engineering. **Bioelectromagnetics** n.28, pp.519–528, 2007.

VAINER, B. G. FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. **Phys. Med. Biol.**, v.50, pp.63– R94, 2005.

VORST, A. V. 1990-1995 Advances in Investigating the Interaction of Microwave Fields with the Nervous System. **IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques**, v.44, pp. 1898-1909, Outubro, 1996.

WEI, Y.; XIAOLIN, H.; TAO, S.. Effects of extremely low frequency- pulsed electromagnetic field on different-derived osteoblast-like cells. **Electromagn. Biol. Med.** n.27, v.3, pp. 298–311, 2008.

WESSELING, L.A.E. **Monitoramento de radiações eletromagnéticas não ionizantes no Brasil- realidade e possibilidade**. 2014. Monografia (graduação em Engenharia de Computação), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

WHO-World Health Organization. Campos electromagnéticos e saúde pública: campos de frequência extremamente baixa (ELF), 1998.

ZLATAR, T. et al. Lifestyle Factors Influencing Heat Stress Response: A Review. **CESET JOURNAL**, v.23, pp. 22-31 ISSN: 1807-7889, 2018.

ZONTAK, A.; SIDEMAN, S.; VERBITSKY, O.; BEYAR, R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. **Ann. Biomed. Eng.** v.26, pp. 988-993, 1998.

SOBRE OS AUTORES

LUIZ BUENO DA SILVA

Pós-doutor pelo PPGEF/UFPE (2009) e pós-doutor pelo PPGEF/UNB (2018); doutor em Engenharia de Produção pela UFSC (2001), mestre em Engenharia de Produção pelo PPGEF/UFPB (1996), especialista em Administração de Empresas pela FGV/ISAE, licenciado em ciências e matemática pela UFPB. É Professor Titular da UFPB. É líder do grupo de pesquisa Conforto, Eficiência e Segurança no Trabalho (CESET), UFPB-CNPq. É editor do CESET Journal, ISSN 1807-7889. É coordenador e pesquisador do Laboratório de Análise do Trabalho do Departamento de Engenharia de Produção da UFPB; é membro da International Society for Environmental Ergonomics; professor permanente dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) e em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) da UFPB; consultor da Pro-reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF; consultor do Programa de Doutorado em Segurança do Trabalho e Saúde Ocupacional da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; consultor ADHOC da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES; colaborador do Programa de Pós-Graduação da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico do Porto (ESTG-IPP). Atua nas seguintes áreas: (1) Engenharia de Produção - Ergonomia Ambiental e Experimental. Concentra suas pesquisas na formulação de modelos matemáticos para aplicação na área de Engenharia Humana; e (2) Engenharia Urbana - realiza investigações sobre (1) conforto e saúde e suas implicações na engenharia urbana e ambiental; 2) relação entre o ambiente urbano, o conforto e a saúde; e (3) impacto das mudanças climáticas e do aumento dos centros urbanos nas condições ambientais de conforto e salubridade.

SONALY DE LIMA SILVA

Fisioterapeuta graduada pela Universidade Estadual da Paraíba (2015). Mestre em Engenharia de Produção, na linha de Ergonomia (2018). Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Medicamentos da UFPB. Integrante do grupo de pesquisa em Conforto, Eficiência e Segurança no trabalho (CESET). Integrante do Laboratório de Ciências e Tecnologias em Saúde (LCTS/UEPB). Possui formação complementar voltada para as seguintes áreas: Terapia Manual, Saúde do trabalhador - Perícia Judicial método Veronesi, Quiropraxia, Cuidados Paliativos em Oncologia, Linfedema no câncer de mama, Pilates clínico e Desportivo, Bandagem funcional. Durante a graduação desempenhou a atividade de Monitoria da disciplina Uroginecologia e Obstetrícia. Foi bolsista de projeto de Iniciação Científica pelo CNPq, trabalhou em projetos de extensão direcionados para a Oncologia, Saúde Infantil, Saúde Materna e da Mulher, Fisioterapia do Trabalho, Psicomotricidade.

EJ

Este livro foi diagramado pela Editora UFPB em 2020, utilizando a fonte Minion Pro. Impresso em papel Offset 75 g/m² e capa em papel Triplex 250 g/m².

Há estudos investigando possíveis efeitos sobre a saúde do homem decorrente da exposição a campos eletromagnéticos; como também, há estudos voltados para ambientes internos com equipamentos eletrônicos que investigam os níveis desses campos de acordo com a distância do usuário ao computador, o tipo, funcionamento e local do computador, além do aterramento elétrico. Percebe-se, assim, que vários estudos estão direcionados aos problemas de saúde ou às características do equipamento e aos níveis de campo magnético sem analisar o ambiente de trabalho na sua completa estrutura física humana, ambiental e tecnológica. E no seio dessa estrutura está o trabalhador que poderá estar susceptível a alterações sintomatológicas decorrentes de sua exposição à radiação não ionizante de extrema baixa frequência.

ISBN 978-85-237-1496-3



9 788523 714963