



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

SONALY DE LIMA SILVA

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE EM AMBIENTES DE
TRABALHO DE UMA UNIVERSIDADE BRASILEIRA**

JOÃO PESSOA-PB

2018

SONALY DE LIMA SILVA

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE EM AMBIENTES DE
TRABALHO DE UMA UNIVERSIDADE BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva

JOÃO PESSOA-PB

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catálogo e Classificação

S586a Silva, Sonaly de Lima.

Avaliação dos níveis de radiação não ionizante em
ambientes de trabalho de uma universidade brasileira /
Sonaly de Lima Silva. - João Pessoa, 2018.
186 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Campos eletromagnéticos. 2. Ambientes com
equipamentos eletrônicos. 3. Problemas de saúde. 4.
Efeitos de campos eletromagnéticos. 5. Campos de
extrema baixa frequência. 6. Termografia infravermelha.
7. Densidade de fluxo magnético. I. Título

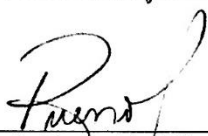
UFPB/BC

SONALY DE LIMA SILVA

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE EM AMBIENTES DE
TRABALHO DE UMA UNIVERSIDADE BRASILEIRA**

Esta Dissertação foi julgada e aprovada em sua
forma final para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia de Produção pelo Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal da Paraíba.

Aprovado em, 30 Agosto / 2018.



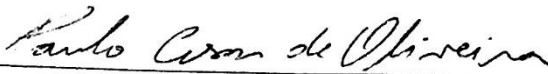
Prof. Luiz Bueno da Silva, Dr.
(Orientador)

Universidade Federal da Paraíba - Departamento de Engenharia de Produção



Prof. Ricardo Moreira da Silva, Dr.
(Examinador interno)

Universidade Federal da Paraíba - Departamento de Engenharia de Produção



Prof. Paulo César de Oliveira, Dr.
(Examinador externo)

Universidade Federal da Paraíba – Departamento de Física

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelos dons a mim reservados, por estar comigo todos os dias de minha vida, pela fé, e pela perseverança que eu tive ao longo da caminhada na pós-graduação.

Aos Meus Pais, Sônia e Manoel, que me apoiaram em cada passo desta pós-graduação, me oferecendo descanso diante de meu cansaço e lutando diariamente para que eu pudesse ter a melhor educação possível. São meus grandes exemplos de determinação e coragem.

Aos meus irmãos Samara e Emmanuel pelo apoio e incentivo para a conquista e realização desse sonho.

A toda minha família e amigos que compreenderam e apoiaram minhas ausências em prol do presente trabalho.

Ao meu orientador, professor e amigo Luiz Bueno da Silva pelos ensinamentos e pela confiança em minha capacidade, contribuindo para meu crescimento e conhecimento profissional.

À Erivaldo Lopes, pela disponibilidade para me ajudar em todos os momentos. Muito obrigada, meu amigo.

Aos meus amigos e colegas do LAT, pelo apoio e cumplicidade ao longo da caminhada.

À Joel Adelaide Medeiros membro do GICA, pela parceria e contribuição para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do PPGEF, pelos ensinamentos prestados durante essa caminhada, em especial ao professor Roberto Quirino.

Aos funcionários do Centro de Tecnologia da UFPB, especialmente à Ana, pela disponibilidade, simpatia e gentileza em todas as horas.

Aos sujeitos participantes desta pesquisa, pela colaboração e confiança.

E por fim, ao CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A todos a minha eterna gratidão, tenho certeza que Deus foi generoso comigo ao colocar cada um de vocês nesta caminhada.

RESUMO

A radiação não ionizante (RNI) é um tipo de radiação eletromagnética e está presente nos mais variados ambientes por meio de diversas fontes como computadores, impressoras, notebooks, telefones, rede de distribuição elétrica, transformadores de energia elétrica, micro-ondas e outros eletroeletrônicos. Apesar de não gerar ionizações desperta o cuidado quanto à exposição dos funcionários nos ambientes de trabalho providos de equipamentos eletrônicos. A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer declarou em um relatório de 2002 que a exposição à radiação eletromagnética é possivelmente cancerígena para os seres humanos. Diversos estudos vêm sendo realizados buscando identificar a correlação entre a exposição do homem à RNI e o desenvolvimento de diversas patologias. Dessa forma, Ambientes de trabalho providos por equipamentos eletrônicos podem expor seus funcionários a problemas de saúde. Dentro desta perspectiva esta pesquisa apresenta uma avaliação dos níveis de radiação não ionizante em ambientes de trabalho portadores de VDT e outros recursos eletrônicos. Foram selecionadas quatro salas de uma Universidade pública, duas secretarias, um laboratório de estudos e uma sala de informática, todas com características internas diferentes - quantidade de equipamentos e de funcionários, *layout*, área e localização. Realizou-se um mapeamento da densidade de fluxo magnético nos ambientes de trabalho e sob uma distância de um metro foram determinados pontos no ambiente a serem medidos em seis intervalos de faixas de frequências: 1-8Hz, 8-25Hz, 25-50Hz, 50-400Hz, 400-3kHz, 3kHz-30kHz. Foram elaboradas análises descritivas gráficas dos níveis de densidade de fluxo magnético encontradas em cada ambiente, bem como sua oscilação em cada intervalo de faixa de frequência. Outra análise quanto à densidade de fluxo magnético, especialmente as mensuradas próximas aos funcionários voltou-se para a representação dos níveis de densidade de fluxo magnético ao longo do tempo, por meio de distribuição probabilística. Simultaneamente, foram coletados os perfis e relatos de queixas dos funcionários que desempenham suas atividades nesses locais através de questionários abordando perguntas acerca da vida profissional, das características de suas atividades ocupacionais, da prática de atividade física, hábitos de vida, e sintomas percebidos ao longo e posterior ao dia de trabalho. Tabela-se os dados do questionário e fez-se uma análise descritiva desses dados para identificar as características das pessoas que exercem atividades nos ambientes de trabalho. Para verificação de possíveis danos à saúde do trabalhador indicados pelo aquecimento da pele, obteve-se imagens térmicas de um funcionário, considerado apto ao estudo. Estas imagens foram analisadas com auxílio do *software Matlab* para verificação

quantitativa do aumento de temperatura da pele, apresentada nas imagens. Constatou-se que os ambientes que possuem características internas diferentes apresentam densidade de fluxo magnético que variam de acordo com o (1) posicionamento, o tipo e a quantidade das fontes de RNI internas ao ambiente; o (2) *layout* e distribuição dessas fontes no ambiente; e (3) fatores externos, como a presença de quadros de energia elétrica. Relatos quanto à sonolência ao longo do dia e dificuldade de levantar da cama foram mais frequentes. Do mapeamento térmico que permitiu avaliar a indução de campo magnético gerado no corpo do constatou-se baixa relação entre a variação térmica e a densidade de fluxo magnético.

Palavras-chave: Campos eletromagnéticos. Ambientes com equipamentos eletrônicos. Problemas de saúde. Efeitos de campos eletromagnéticos. Campos de extrema baixa frequência. Densidade de fluxo magnético. Termografia infravermelha.

ABSTRACT

Non-ionizing radiation (NIR) is a type of electromagnetic radiation present in the most various types of environments, originating from diverse sources such as computers, printers, notebooks, telephones, power networks, electric power transformers, microwaves, and other consumer electronics. Despite not generating ionization, this type of radiation raises concerns regarding the exposure of employees in work environments with electronic equipment. The International Agency for Research on Cancer stated in a report from 2002 that exposure to electromagnetic radiation is possibly carcinogenic to humans. Several studies have been performed to identify the correlation between the human exposure to NIR and the development of several pathologies. Thus, work environments with electronic equipment may expose their employees to health problems. Therefore, this research presents an evaluation of the NIR levels in working environments with visual display terminals (VDT) and other electronic resources. Four rooms were selected from a public University - two department offices, a study laboratory and a computer room - all with different internal characteristics including the number of devices and employees, layout, area and location. The magnetic flux density was mapped in the work environment. Different points in the environment, spaced 1-meter apart, were selected for measurement in six frequency band intervals: 1-8Hz, 8-25Hz, 25-50Hz, 50 -400Hz, 400-3kHz, 3 kHz-30 kHz. Graphical descriptive analyses of the magnetic flux density found in each environment were developed, and the oscillation in each frequency band interval was determined. Another analysis regarding the magnetic flux density, especially for the data measured near the employees, aimed to represent the density levels over time by means of a probability distribution. Simultaneously, both the profiles and reports of complaints of the employees who performing their activities in these rooms were obtained through surveys addressing questions regarding their professional life, characteristics of their work activities, physical activity, habits, and perceived symptoms throughout and after their workday. The data obtained from this questionnaire were summarized and a descriptive analysis of these data was performed to identify the employees working in the environments studied. To identify possible health damages to the employees, which would be indicated by heating of the skin, thermal images of an employee were obtained. These images were analyzed with the aid of Matlab software for quantitative verification of skin temperature increase, presented in the images. It was verified that the environments that have different internal characteristics present magnetic flux densities that vary according to the (1) positioning, the type and quantity of the NIR sources internal to the environment; o (2) layout

and distribution of these sources in the environment; and (3) external factors, such as the presence of electric power frames. Reports of daytime drowsiness and difficulty getting out of bed were more frequent. From the thermal mapping that allowed to evaluate the induction of magnetic field generated in the body of the was verified low relation between the thermal variation and the magnetic flux density.

Keywords: Electromagnetic fields. Environments with electronic equipment. Health problems. Effects of electromagnetic fields. Extremely low frequency fields. Magnetic flux density. Infrared thermography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro eletromagnético	27
Figura 2- Espectro eletromagnético	28
Figura 3 - Reflexão e refração da onda	29
Figura 4 - Absorção da onda eletromagnética por diferentes tecidos corporais	30
Figura 5 - Indução de corrente de campo magnético no corpo humano	32
Figura 6- Fluxograma de pesquisa bibliográfica	60
Figura 7 - Temas encontrados na literatura dada a intersecção entre RNI e problemas de saúde e entre RNI e ambientes equipados eletronicamente	71
Figura 8 - Lacuna observada na literatura	71
Figura 9 - Spectran -5035	75
Figura 10 - Câmera termográfica	77
Figura 11 - Ambiente 1/ Planta baixa.....	82
Figura 12 - Ambiente 2/ Planta baixa.....	83
Figura 13 - Ambiente 3/ Planta baixa.....	84
Figura 14 - Ambiente 4/ Planta baixa.....	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantitativo de artigos por ano de publicação.....	64
Gráfico 2 - Principais revistas que publicaram sobre o tema	65
Gráfico 3 - Principais autores que publicam sobre o tema	66
Gráfico 4 - Ambiente 1/ Faixa de 1-8Hz.....	87
Gráfico 5 - Ambiente 1/ Faixa de 8-25Hz	88
Gráfico 6 - Ambiente 1/ Faixa 25-50 Hz.....	89
Gráfico 7- Ambiente 1/ Faixa de 50-400 Hz	89
Gráfico 8 - Ambiente 1/ Faixa 400 Hz- 3k Hz	90
Gráfico 9 - Ambiente 1/ Faixa de 3kHz-30kHz.....	91
Gráfico 10 - Ambiente 2/ Faixas 1-8Hz	93
Gráfico 11 - Ambiente 2/ Faixa de 8-25 Hz	94
Gráfico 12 - Ambiente 2/ Faixa de 25-50Hz	95
Gráfico 13 - Ambiente 2/ Faixa 50-400Hz.....	95
Gráfico 14 - Ambiente 2/ Faixa 400Hz-3kHz	96
Gráfico 15 - Ambiente 2/ Faixa de 3kHz-30kHz.....	97
Gráfico 16 - Ambiente 3/ Faixa 1-8Hz.....	98
Gráfico 17 - Ambiente 3/ Faixa 8-25Hz.....	99
Gráfico 18 - Ambiente 3/ Faixa 25-50Hz.....	100
Gráfico 19 - Ambiente 3/ Faixa 50-400Hz.....	100
Gráfico 20 - Ambiente 3/ Faixa 400Hz-3kHz	101
Gráfico 21 - Ambiente 3/ Faixa 3kHz-30kHz	102
Gráfico 22 - Ambiente 4/ Faixa 1-8Hz.....	103
Gráfico 23 - Ambiente 4/ Faixa 8-25Hz.....	104
Gráfico 24 - Ambiente 4/ Faixa 25-50Hz.....	105
Gráfico 25 - Ambiente 4/ Faixa de 50-400Hz	105
Gráfico 26 - Ambiente 4/ Faixa 400Hz-3kHz	106
Gráfico 27- Ambiente 4/ Faixas de 3kHz-30kHz	107
Gráfico 28 - Oscilação dos níveis de RNI/ 1-8Hz	108
Gráfico 29 - Oscilação dos níveis de RNI / 8-25Hz	109
Gráfico 30 - Oscilação dos níveis de RNI/25-50Hz	110
Gráfico 31 - Oscilação dos níveis de RNI/ 50-400Hz.....	111
Gráfico 32 - Oscilação dos níveis de RNI/ 400Hz-3kHz	112

Gráfico 33 - Oscilação dos níveis de RNI/ 3kHz-30kHz	113
Gráfico 34 - Distribuição acumulada P35	115
Gráfico 35 - Distribuição acumulada P11	116
Gráfico 36 - Distribuição acumulada P13	117
Gráfico 37 - Distribuição acumulada P20	118
Gráfico 38 - Distribuição acumulada P32	119
Gráfico 39 - Distribuição acumulada P10	120
Gráfico 40 - Distribuição acumulada P16	121
Gráfico 41 - Distribuição acumulada 1-8Hz.....	122
Gráfico 42 - Variação da luminância no plano anterior	132
Gráfico 43 - Variação da luminância no plano posterior	133
Gráfico 44 - Variação da luminância no plano lateral direito	134
Gráfico 45 - Variação da luminância no plano lateral esquerdo.....	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Mecanismo de interação organismo-CEM.....	33
Quadro 2 - Possíveis danos à saúde encontrados na literatura	40
Quadro 3 - Estudos realizados sobre campo eletromagnético e equipamentos eletrônicos	50
Quadro 4 - Interações entre as palavras-chave para busca	61
Quadro 5 - Interações entre as palavras-chave para segunda busca	67
Quadro 6 - Resultado da interação entre as palavras Computer workstation and Health	67
Quadro 7- Resultado da interação entre as palavras Workers exposure and Computer	68
Quadro 8 - Resultado da interação entre as palavras Office employees and video display	69
Quadro 9 - Variáveis analisadas no estudo.....	73
Quadro 10 - Funcionários por ambiente.....	75
Quadro 11 - Níveis de referência para exposição do público geral, ocupacional a campos eletromagnéticos variáveis ao longo do tempo	78
Quadro 12 - Características dos ambientes.....	86
Quadro 13 - Pontos de localização dos funcionários por ambiente	114
Quadro 14 - Dados pessoais dos funcionários	123
Quadro 15 - Histórico profissional dos funcionários	125
Quadro 16 - Hábitos de vida.....	126
Quadro 17- Sintomatologia relatada	128
Quadro 18 - Teste de correlação para as variáveis temperatura e densidade de fluxo magnético	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Permissividade e condutividade pela concentração aquosa em função da frequência da onda eletromagnética.....	31
Tabela 2 - Resultado do levantamento bibliográfico	62
Tabela 3 - Quantitativo de artigos após seleção sequenciada.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Unidade de medida em Graus Celsius
ABRAZ	Associação Brasileira de <i>Alzheimer</i>
AIS	<i>Athens Insomnia Scale</i>
AM	Amplitude Modulada
Anatel	Agência Nacional de Telecomunicações
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ATP	Trifosfato de adenosina
CEM	Campos Eletromagnéticos
Cenelec	<i>European Committee for Electrotechnical Standardization</i>
Cm	Unidade de medida em centímetro
CMEBF	Campos Magnéticos de Extrema Baixa Frequência
CO₂	Dióxido de carbono
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DoD	Departamento de Defesa dos Estados Unidos
DORTS	Doenças Osteoarticulares Relacionadas ao Trabalho
ELA	Esclerose Lateral Amiotrófica
ELF-EMR	<i>Extremely Low-Frequency Electromagnetic Radiation</i>
eV	Elétron Volts
FI	Fator de Impacto
FM	Frequência Modulada
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FUNTTEL	Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações
GHz	Unidade de medida em Giga Hertz

Hz	Hertz
ICNIRP	<i>International Commission on Non-ionizing Radiation Protection</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
INCA	Instituto Nacional de Câncer
INIRC	<i>International Non-Ionizing Radiation Commission</i>
IRPA	<i>International Radiation Protection Association</i>
JCR	<i>Journal Citation Report</i>
LF-EMR	<i>Low-Frequency Electromagnetic Radiation</i>
LUX	Unidade de iluminância
mT	MicroTesla
Nm	Nanômetro
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial da Saúde
PRISMA	<i>Statement for Reporting Systematic Reviews</i>
RF	Radiofrequência
RNI	Radiação Não Ionizante
SAR	Coeficiente de absorção específica
SHO	<i>International Symposium on Occupational Safety and Hygiene</i>
SNC	Sistema Nervoso Central
TV	Televisão
VDT	Vídeo <i>display</i> terminal
VDU	Unidade de vídeo <i>display</i>

W/Kg Unidade de medida em Watt por quilograma

WHO *World Health Organization*

WIFI *Wireless Fidelity*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	18
1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA.....	18
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 Objetivo geral	21
1.2.2 Objetivos específicos.....	21
1.3 JUSTIFICATIVA	21
1.4 DELIMITAÇÃO.....	23
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	23
CAPÍTULO 2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
2.1 REVISÃO DE CONCEITOS REFERENTES AO ELETROMAGNETISMO.....	26
2.1.1 Campo Magnético	26
2.1.2 Densidade de Campo Magnético	26
2.1.3 Campo Eletromagnético.....	26
2.1.4 Fenômenos do Eletromagnetismo	26
2.2 RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE	27
2.2.1 Tipos de Radiação Não Ionizante	27
2.3 INTERAÇÃO DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO COM O CORPO HUMANO ...	29
2.4 EFEITOS DA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE.....	33
2.4.1 Efeitos térmicos	33
2.4.2 Efeitos não térmicos:	33
2.4.3 Efeitos adversos:.....	34
2.4.4 Efeitos biológicos:	34
2.5 POSSÍVEIS DANOS À SAÚDE	34
2.5.1 Câncer.....	34
2.5.2 Alterações hormonais.....	35
2.5.3 Alterações da pele.....	36
2.5.4 Alterações oculares.....	37
2.5.5 Alterações do sono.....	37
2.5.6 Alterações testiculares e espermáticas.....	37
2.5.7 Alterações no sistema nervoso	38
2.5.8 Alterações de mecanismos celulares	39

2.5.9 Alterações comportamentais.....	39
2.6 LIMITES DE EXPOSIÇÃO A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS	45
2.7 ESTUDOS REALIZADOS EM AMBIENTES PROVIDOS DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS	48
2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	59
CAPÍTULO 3 – REVISÃO SISTEMÁTICA.....	60
3.1 LEVANTAMENTOS BIBLIOGRÁFICO: CRITÉRIOS DE BUSCA.....	60
3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO: RESULTADOS DA BUSCA	61
3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	70
CAPÍTULO 4- MATERIAIS E MÉTODOS.....	72
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	72
4.2 CAMPO DE PESQUISA E AMOSTRA.....	72
4.3 VARIÁVEIS ESTUDADAS	73
4.4 ASPECTOS ÉTICOS	73
4.5 COLETA DOS DADOS	74
4.5.1 Mensuração da densidade de fluxo magnético	74
4.5.2 Levantamento de dados individuais	75
4.5.3 Obtenção de termogramas	76
4.6 ANÁLISE DOS DADOS.....	77
4.6.1 Análise dos níveis de densidade de fluxo magnético	77
4.6.2 Análise dos questionários.....	79
4.6.3 Análise dos termogramas.....	79
4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	80
CAPÍTULO 5- RESULTADOS E DISCUSSÕES	81
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES DE COLETA DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE	81
5.1.1 Ambiente 1.....	81
5.1.2 Ambiente 2.....	82
5.1.3 Ambiente 3.....	83
5.1.4 Ambiente 4.....	84
5.2 ANÁLISE DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NÃO-IONIZANTE NO AMBIENTE	86
5.2.1 Ambiente 1.....	87
5.2.2 Ambiente 2.....	93
5.2.3 Ambiente 3.....	98

5.2.4 Ambiente 4.....	103
5.3 ANÁLISE DA OSCILAÇÃO DOS NÍVEIS DE RNI ENTRE OS AMBIENTES	108
5.3.1 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo das faixas de frequência 1-8Hz	108
5.3.3 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo das faixas de frequência 25-50 Hz	109
5.3.4 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo das faixas de frequência 50-400 Hz	110
5.3.5 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo de faixas das frequências 400Hz-3kHz	111
5.3.6 Oscilação dos níveis de RNI no intervalo de faixas das frequências 3kHz- 30kHz.....	112
5.4 DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA DOS NÍVEIS DE RNI.....	114
5.4.1 Distribuição acumulada P35	115
5.4.2 Distribuição acumulada P11	115
5.4.3 Distribuição acumulada P13	116
5.4.4 Distribuição acumulada P20	117
5.4.5 Distribuição acumulada P32	118
5.4.6 Distribuição acumulada P10	119
5.4.7 Distribuição acumulada P16	120
5.5 PERFIL DOS TÉCNICOS.....	123
5.5.1 Dados pessoais	123
5.5.2 Histórico profissional	123
5.5.3 Hábitos de vida.....	126
5.5.4 Sintomatologia relatada	126
5.6 ANÁLISE DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS	129
CAPÍTULO 6- CONCLUSÕES	138
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	138
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	140
REFERÊNCIAS.....	141
APÊNDICE A - TCLE.....	151
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL.....	153
APÊNDICE C - ANÁLISE DE DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS	155
APÊNDICE D - RESULTADO TERMOGRAMAS.....	157
ANEXO A – REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR 1.....	185
ANEXO B – REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR 2.....	186

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

Os assuntos abordados neste capítulo são fundamentais para se entender a importância do estudo da radiação não ionizante em ambientes de trabalho. Assim são abordados conceitos relativos à definição do tema e sua delimitação, o problema da pesquisa, a justificativa e objetivos, como também uma apresentação geral dos capítulos subsequentes.

1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

Inúmeras são as transformações ocorridas com o desenvolvimento de tecnologias eletroeletrônicas, maior possibilidade, 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 locais, 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 ocupadas. 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% 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, de átomos ou

moléculas. Ainda, classifica-as em sônicas e eletromagnéticas. Esta última, objeto deste estudo 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 têm 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 a 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 à 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 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, um dos tipos de radiação não ionizante, 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 voltaram 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, Kanapecas *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 níveis de campo magnético sem analisar o ambiente como um todo, sob a ótica da inserção do usuário de equipamentos eletrônicos em seu cenário de trabalho diário podendo apresentar alguns problemas ou até alterações sintomatológicas decorrentes dessa exposição. Então, a problemática abordada formaliza-se na seguinte questão: **Ambientes providos de computadores e outros recursos eletrônicos apresentam níveis de radiações não ionizantes que expõem seus usuários durante atividades laborais?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar os níveis de radiação não ionizante em ambientes providos de computadores e outros recursos eletrônicos, bem como os fatores que podem auxiliar na redução da exposição de seus usuários.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar medições dos níveis de radiação não ionizante nos ambientes de trabalho;
- Comparar os níveis de radiação entre os ambientes de trabalho;
- Identificar sintomas relatados pelos funcionários dos ambientes de trabalho;
- Analisar quais os fatores podem auxiliar na redução da exposição diária à radiação não ionizante;
- Obter termogramas do funcionário em seu local de trabalho.

1.3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos tempos, a humanidade está em mudança contínua impulsionada pelo uso do computador e outros equipamentos eletrônicos, que se converteram em ferramentas de trabalho multidisciplinar, nas áreas científica, administrativa, industrial, comercial, médica, entre outras (FAJARDO; SANCHEZ, 2010). Assim, tem-se que o computador vem deixando de ser um dispositivo de trabalho voltado para os especialistas em informática e adentrando nas mais variadas áreas de trabalho de forma que se transforma em uma ferramenta de apoio aos diversos profissionais (SCHAEFER, 2010).

Eles oferecem muitas vantagens, tais como o gerenciamento de registros, sistemas complexos de controle, preparação de documentos, facilita e viabiliza a comunicação. Além disso, eles funcionam como métodos para gestão do trabalho e assessoramento dos funcionários. Por isso, tem-se a necessidade de conhecer os riscos para a saúde colocados pelos equipamentos eletroeletrônicos durante seu uso, de forma que se possa preveni-los.

Vários distúrbios foram investigados e apresentaram alguma relação com o uso de terminais de vídeo como: A redução na excreção de melatonina, que se apresentou diminuída em trabalhadores expostos a campos eletromagnéticos (BURCH *et al.* 1999); Sintomas oftalmológicos, que são mais intensos em usuários de computadores que o utilizam por pelo menos 3 horas diárias (AKINBINU; MARSHALLA, 2014); Insônia, ou dificuldade em despertar também apresentam correlação com a exposição a campos eletromagnéticos (LABBAFINEJAD *et al.* 2010); danos no DNA (SHEN *et al.* 2016), entre outros.

Entretanto, ao se analisar os estudos realizados em ambientes de trabalho com equipamentos eletroeletrônicos, como escritórios, salas de controle, *call centers* tem-se uma abordagem voltada para identificação de problemas osteomusculares, doenças osteoarticulares relacionadas ao trabalho- DORTS, dor musculoesquelética, posturas e movimentos da coluna, mobiliário inadequado, iluminação insuficiente, ausência de apoio de punho. Como é possível observar através dos estudos de Carter e Banister (1994) que investigaram as possíveis causas de dores musculoesqueléticas em trabalhadores com VDT (Vídeo Display Terminal). Já Szeto e Lee (2002) compararam as posturas da coluna cervical e torácica no momento da digitação com os fatores de posicionamento ergonômico ao se utilizar um *notebook*, *laptop* ou *subnotebook*.

Enquanto Norman *et al.* (2004) preocupou-se em investigar as condições de trabalho e sintomas em funcionários de um *call center*, Brewer *et al.* (2006) analisaram os efeitos das estações de trabalho sobre o sistema músculo esquelético e visual de usuários de computador. Já Straker *et al.* (2008) investigou o efeito do posicionamento do VDT e o apoio de braço sobre a atividade muscular. Ranasinghe *et al.* (2011) investigaram os efeitos sobre a saúde ocupacional das estações de trabalho.

Outros estudos abordando os campos eletromagnéticos de equipamentos eletrônicos atentaram mais para a forma como o computador estava conectado a tomada, o local do computador que emite maiores campos, o tipo de computador que emite maiores campos, ou se os campos emitidos por computadores se encontravam dentro dos parâmetros estabelecidos por diretrizes (BALTRENAS, P.; BUCKUS, R.; VASAREVICIUS, S., 2011; BELLINI *et al.*, 2012; BRODIC, D.; AMÉLIO, A., 2015; DEHAGHI *et al.* 2016).

Diante do exposto, foram analisados, como um todo, os níveis de radiação não ionizante encontrados em ambientes equipados eletronicamente, obtidos termogramas e coletado relatos de sinais e sintomas por parte do trabalhador. Para que se possa entender de que forma o trabalhador inserido naquele local encontra-se exposto. Além disso, pode-se contribuir para a tomada de medidas preventivas, com a determinação de medidas que visem à redução da exposição aos campos eletromagnéticos, portanto à RNI.

Quanto para a engenharia de produção esse estudo é importante por apresentar uma abordagem de análise em ambientes equipados eletronicamente, diferenciada das demais dentro da ergonomia, e, ainda, permitindo o desenvolvimento de medidas preventivas na saúde e segurança ocupacional.

1.4 DELIMITAÇÃO

Esta pesquisa foi realizada em ambientes equipados eletronicamente com computadores, impressoras, climatizadores, estabilizadores e outros; localizados em setores da Universidade Federal da Paraíba, Campos I, da cidade de João Pessoa. Nestes foram selecionados técnicos que desenvolvem suas atividades diariamente, nesse mesmo ambiente.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em seis capítulos conforme as explicações a seguir:

O primeiro capítulo consiste na parte introdutória apresentando a definição do tema e problema de pesquisa. Fazem parte deste capítulo, ainda, os objetivos e a justificativa do trabalho, bem como a delimitação da pesquisa e sua estrutura.

O segundo capítulo encontra-se a fundamentação teórica que apresentou em linhas gerais alguns conceitos relevantes sobre o tema, os estudos realizados sobre o tema, bem como os principais autores e o que foi estudado até então.

O terceiro capítulo descreveu o procedimento de revisão sistemática com o objetivo de apresentar a metodologia utilizada neste trabalho para a revisão da literatura bem como seus resultados. Consiste em um levantamento de estudos relacionados ao tema da pesquisa com o intuito de verificação do que vem sendo estudado e quais as lacunas que necessitam ser preenchidas, através do aprofundamento de pesquisas sobre o tema.

No quarto capítulo foram apresentados os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da pesquisa, bem como sua classificação, fases, ferramentas utilizadas e métodos aplicados.

No quinto capítulo foram apresentados os resultados e discussão, divulgando os resultados encontrados e analisando-os a luz da literatura.

No sexto capítulo foram elaboradas as considerações finais, relacionadas com os objetivos propostos, a análise dos dados obtidos e apoiado à revisão bibliográfica, bem como a apresentação de recomendações para futuras pesquisas científicas.

CAPÍTULO 2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentado a fundamentação teórica com a finalidade de abordar conceitos necessários para se construir uma base teórica de conhecimentos que direcione o leitor ao entendimento da pesquisa empírica. Os temas aqui abordados são baseados em pesquisas publicadas nos mais diferentes periódicos.

As seções aqui apresentadas sustentam a construção do problema de pesquisa, concedendo uma melhor compreensão acerca da exposição a campos eletromagnéticos em ambientes equipados eletronicamente.

Assim sendo, a seção 2.1 disserta sobre conceitos relevantes do eletromagnetismo, campo magnético, densidade de campo magnético e os fenômenos do eletromagnetismo, devido a forma de apresentação, em ondas eletromagnéticas, da radiação não ionizante, como também condigno a sua mensuração, a densidade de fluxo magnético.

Na seção 2.2 é abordado o estudo sobre a radiação não ionizante, bem como seus tipos, características e fontes.

Já a seção 2.3 pode-se observar como essa radiação em contato com o ser humano pode interagir com seu organismo, para que se possam compreender os efeitos elencados na seção a seguir.

A seção 2.4 apresenta os efeitos da radiação não ionizante sobre o corpo humano, detalhando quais os tipos de efeitos podem ser observados.

Enquanto a seção 2.5 de forma mais aprofundada exhibe os danos à saúde que a exposição à radiação pode ocasionar em seres humanos ou em animais submetidos a estudos laboratoriais.

Na seção 2.6 buscou-se descrever de forma breve o histórico de desenvolvimento de diretrizes e regulamentações sobre a exposição a campos eletromagnéticos em vigor em países internacionais como também no Brasil, sendo então acatada para a pesquisa.

Enquanto a seção 2.7 discorre sobre a lacuna encontrada na literatura quando se envolve a preocupação com a saúde daqueles que tem um ambiente de trabalho equipado eletronicamente sob a ótica do estudo dos campos eletromagnéticos.

Por fim, a seção 2.8 apresenta as considerações finais do capítulo.

2.1 REVISÃO DE CONCEITOS REFERENTES AO ELETROMAGNETISMO

2.1.1 Campo Magnético

O campo magnético corresponde à 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

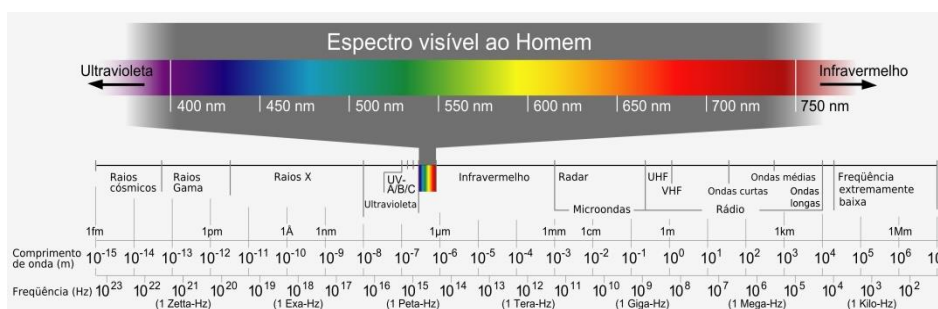
Após a observação de que um campo elétrico é capaz de gerar um campo magnético, constatou-se que um campo magnético também pode gerar corrente elétrica. Daí tem-se que um condutor quando percorrido por corrente provoca uma força magnética com capacidade de movimentar um ímã, assim um ímã deve provocar 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 se observa 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).

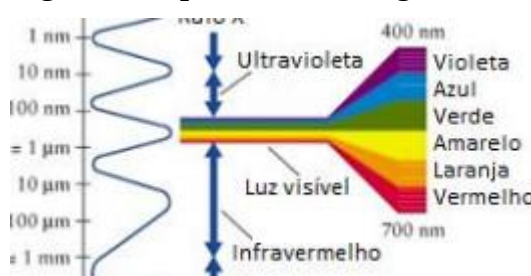
2.2.1.2 Ondas de rádio

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

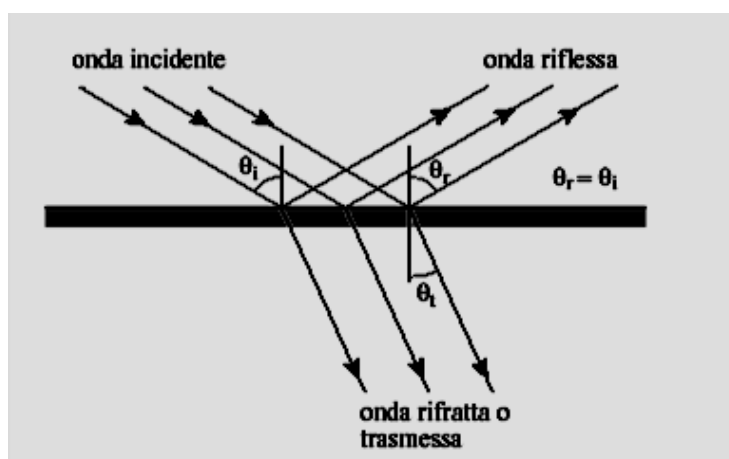
É delimitada no espectro eletromagnético pelas ondas infravermelhas e as de rádio. É encontrada em aplicações como fornos de micro-ondas, satélite de comunicação, televisão, radar (TORRES *et al.*, 2013).

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).

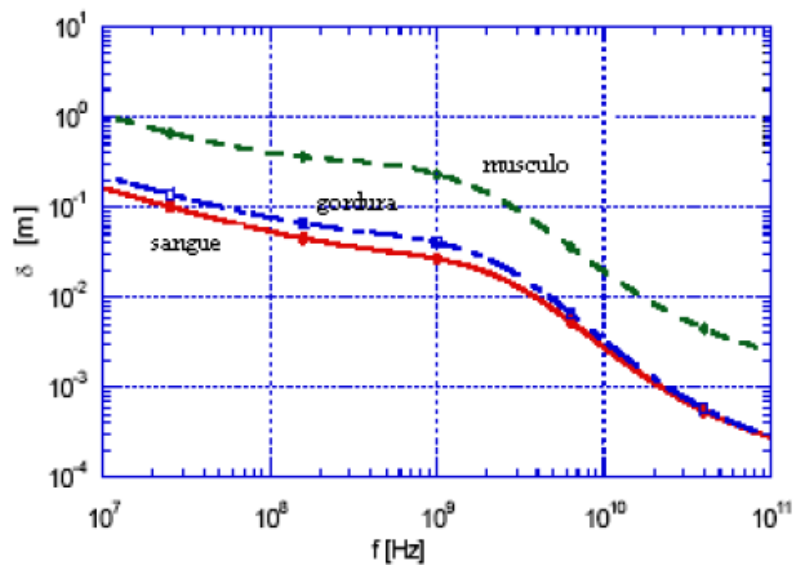
Figura 3 - Reflexão e refração da onda



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).

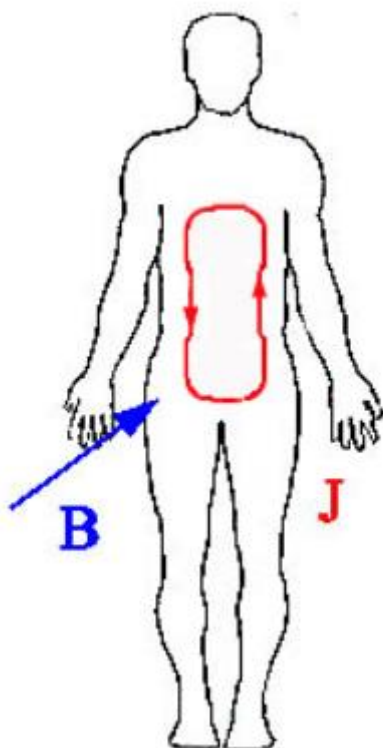
Tabela 1- Permissividade e condutividade pela concentração aquosa em função da frequência da onda eletromagnética

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, C. (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: Dados da pesquisa (2018)

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 à temperatura - efeitos térmicos e não térmicos; e quanto à 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 à 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 a 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 a 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 à 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 óptica

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 à 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 coletadas 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 à 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/cm² 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 3 cm e duração de 4 horas. O grupo controle 1 foi submetido às 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 submetidos à 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 à exposição ocupacional a campos eletromagnéticos de baixa frequência e o desenvolvimento de Alzheimer. Então se observou 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.

Por fim, é apresentado a seguir um quadro resumo de todos os possíveis danos à saúde encontrados na literatura de acordo com a revisão sistemática.

Quadro 2 - Possíveis danos à saúde encontrados na literatura

ANO	AUTOR (ES)	LOCAL	INVESTIGAÇÃO	TIPO DE CAMPO	AMOSTRA	CONCLUSÃO
1996	POLK, C.; POSTOW, B.	Wiscosin, Estados Unidos da América.	Exposição a campos eletromagnéticos resulte num aumento de temperatura intraocular.	Campos eletromagnéticos do tipo micro-ondas	Coelhos	Campos eletromagnéticos podem causar catarata em coelhos, se a exposição resultar em aumento da temperatura intraocular de 43° C, com um limite de exposição entre 100-150mW/cm ² . Ainda, pode resultar em mudanças celulares no sistema nervoso de animais.
1999	BURCH, J. B. <i>et al.</i>	Colorado, Estados Unidos.	Exposição ocupacional a campos de 60Hz e redução da excreção de melatonina	Campos de 60Hz de uma concessionaria de energia elétrica	Trabalhadores da concessionaria de energia elétrica	Redução de melatonina associada à exposição a campos magnéticos estáveis de 60Hz e ambientes pouco iluminados.
1999	REPACHOLI, M.; DEVENTER, E. V.; RAVAZZANI, P.	Genebra, Suíça.	Efeitos sobre a saúde como o desenvolvimento de doenças crônicas como resultado da	Campos de extrema baixa frequência	Artigos, relatórios e trabalhos completos	Não foram encontrados estudos consistentes

			exposição a campos eletromagnéticos de extrema baixa frequência		publicados.	
2000	MOHIT, G.	Paraíba, Brasil	Exposição à radiação do tipo microondas resulta em efeitos biológicos e comportamentais	Campos eletromagnéticos do tipo micro-ondas	Ratos de laboratório	Diminuição do número de filhotes gerados por cobaias expostas a radiação de micro-ondas (2,45GHz) e ainda pode resultar em mudanças transitórias na função do sistema nervoso central.
2001	SKULBERG, K. R. <i>et al.</i>	Oslo, Noruega	Uso de monitor em escritórios e o relato de queixas de irritações na pele da face	Campo elétrico	Trabalhadores de escritório	A exposição à monitores de computadores resulta em relatos de queixas de irritação na pele, por parte dos usuários.
2007	DAVANIPOUR <i>et al.</i>	Estados Unidos da América	Avaliar a existência de uma possível relação entre a doença de Alzheimer (AD) e diferentes ocupações com a exposição a campo magnético (MF) de extrema baixa frequência	Campo magnético de extrema baixa frequência	Pacientes com diagnóstico de <i>Alzheimer</i> que foram encaixados nos critérios de inclusão da pesquisa.	Encontrou associação com a exposição de costureiras e alfaiates, mas destaca a importância de estudos mais detalhados.

			frequência.			
2008	GARCIA, A. M.; SISTERNAS, A.; HOYOS, S. P.	Valencia, Espanha	Relação entre a exposição ocupacional a campos eletromagnéticos de baixa frequência e o desenvolvimento de <i>Alzheimer</i> .	Campos de baixa frequência	Base de dados: PubMed, EMBASE, Cochrane Library e NIOSHTIC 2.	Observou que estudos de coorte mostraram um aumento dos riscos de desenvolvimento de <i>Alzheimer</i> em homens expostos aos campos de baixa frequência.
2010	CALVENTE, I. <i>et al.</i>	Espanha	Relação entre a carcinogênese e campos eletromagnéticos	Campos de extrema baixa frequência, micro-ondas, radiofrequência, radiação infravermelha, luz visível e ultravioleta.	Artigos das bases PubMed com as palavras chaves: campo eletromagnético e leucemia infantil	Encontrou uma associação entre a exposição de crianças à CMEBF e radiofrequência superiores a 0,3 μ T com o risco aumentado para o desenvolvimento leucemia infantil.
2010	LABBAFINEJAD, Y.; AGHILINEJAD, M.; ZSADEGHI, Z.	Teerã, Irã	Associação entre o uso de computador e distúrbios do sono	Não definido	Funcionários de um centro de estatísticas do Irã	Quanto maior o tempo de uso de computadores maior o número de relatos de distúrbios do sono.
2011	INCA	Brasil	Exposição a campos eletromagnéticos e processos carcinógenos	0Hz-300Hz	Estudos que apresentam a relação câncer- exposição a campo de	Campos de 0Hz-300Hz, de acordo com a classificação do IARC são possivelmente carcinogênicos em

					extrema baixa frequência	humanos.
2012	AVEDANÕ <i>et al.</i>	Virginia	O uso de laptops conectados a internet através de Wi-Fi resulta em diminuição da motilidade dos espermatozóides humanos e aumento da fragmentação de DNA do esperma	Radiofrequência (Wi-fi)	Amostras de sêmen de 29 doadores de um banco	Redução da motilidade espermática para a amostra exposta ao uso do laptop, portanto, a campos eletromagnéticos do tipo radiofrequência.
2014	AKINBINU, T. R.; MASHALLA, Y.J.	Abuja, Nigéria	Correlação entre o uso de tecnologias e alterações oculares	Não definido	Artigos que apresentem queixas oculares como consequência do uso de tecnologias	Indivíduos que passam mais de quatro horas utilizando computadores apresentam maior relato de sintomas oftalmológicos.
2015	LERCHL, A. <i>et al.</i>	Alemanha	Exposição a campos eletromagnéticos do tipo radiofrequência e o desenvolvimentos de tumores	Radiofrequência	Ratos de laboratório	Animais expostos apresentaram maiores números de tumores nos pulmões e fígado, como também linfomas que os animais do grupo controle.

2016	SHEN <i>et al.</i>	China	Exposição a campos eletromagnéticos de baixa frequência e a autofagia celular	Baixa frequência	Células cultivadas em incubadora	Campos eletromagnéticos de 50Hz a 0,4 mT podem resultar em aumento na formação de autofagossomos. Ressalta a importancia de estudos mais completos.
-------------	--------------------	-------	---	------------------	----------------------------------	---

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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 à 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 foi questionada a exposição à 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 concluiu 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 a 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 houver 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 esclarecem 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

Outro levantamento efetuado voltou-se para pesquisas que veem sendo realizadas em 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 à 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. No quadro 3 é possível observar alguns desses estudos que envolvem equipamentos eletrônicos e campos eletromagnéticos.

Quadro 3 - Estudos realizados sobre campo eletromagnético e equipamentos eletrônicos

ANO	AUTORES	INSTRUMENTO	METODOLOGIA	FAIXA DE FREQUÊNCIA	NORMA/ DIRETRIZ	RESULTADOS
2007	SAGE, C.; JOHANSSON, O.; SAGE, S.	EMDEX Lite_ são registradores de dados que gravam medições do campo magnético para o eixo x-y e z e computa o resultado (campo b) entre 40 e 800 Hz	Investigou o uso de microcomputadores pessoais. Cada participante recebeu um gaussímetro EMDEX Lite de 60 Hz e foram orientados a anexá-lo na parte de trás de seu PDA na mesma orientação. O período de medição foi especificado para ser 24 h ou mais. Onde foi medido o campo magnético. *PDA é um dispositivo sem fio de mão que combina computação,	ELF-EMF de 60Hz	Não menciona	Foram observadas emissões ELF-EMF até 93,5 mT. Recomenda-se portar o <i>PDA</i> em uma mala ou bolsa ao invés de colocá-lo na roupa ou no cinto, manter o <i>PDA</i> no modo “ <i>OFF</i> ” ou “ não transmitir / modo receber”, exceto para baixar e enviar e-mails ou para outras funções da internet, colocar o <i>PDA</i> no banco do carro oposto quando viaja, em vez de no colo ou na pessoa, usar um fone de ouvido para todas as chamadas de telefone celular, dessa forma mantém-se o <i>PDA</i> longe do corpo.

			telefone / fax, Internet e rede. Funciona como um telefone celular, fax, remetente, navegador da Web e organizador pessoal.			
2007	KANAPEC AS <i>et al.</i>	-	Analizou a radiação eletromagnética no local de trabalho que utilize unidade de video <i>display</i>. Para isso, obtiveram-se medições de campos elétricos e magnéticos <i>VLf</i> de 124 locais de trabalho em 42 salas da Universidade de Tecnologia Kaunas (KUT). Ainda, tem-se que o campo elétrico e as densidades de fluxo magnético foram medidos a uma distância de 30 cm da tela do computador para modelos diferentes. Considerou: As fontes de radiação eletromagnética são: • rede de energia na sala	0Hz-300KHz	Norma Eurprean EN 50279	Por fim, os níveis da maioria das radiações e campos eletromagnéticos emitidos pelos modernos VDUs são muito inferiores aos de fontes naturais, como o sol, e todos estão bem abaixo dos níveis considerados prejudiciais. Conclui que o aumento do número de equipamentos aumenta a concentração de campos eletromagnéticos.

			(geralmente escondida sob o plasma), • soquetes e cabos de energia, • eletrodomésticos, • computadores e vários dispositivos elétricos (ventiladores, aparelhos de fax, etc.). A maioria desses dispositivos pode ser removida fora do local de trabalho para eliminar a influência de sua radiação.			
2008	GRAZULE VICIUS, G.	Sensor (sem especificação)	Investigou os campos magnéticos emitidos por computadores de uso pessoal do tipo LCD. Foram colocados sensores nos computadores que foram manipulados de acordo com o desempenho de aplicativos ou não e analisados quanto ao desempenho, quanto a CPU e a distância da tela do computador para o sensor.	5K Hz-400k Hz	TCO	Encontrou que computadores com CPU integrada apresentam maiores campos magnéticos (3x) em relação aos computadores com CPU externa. Ainda tem que o campo magnético reduz a partir de 15 cm de distância da tela do computador para CPU não integrada e para computadores com CPU integrada reduz a partir de 30 cm de distância. Computadores com monitor LCD apresentam campo magnético quatro vezes menores em relação aos monitores CRT.
2011	BALTREN AS, P.;	ESM-100	Foram realizadas 16 medições para o monitor de	5Hz - 2kHz, e 2 kHz -	Technin_ Norma TN	Observa-se que o campo magnético está presente em toda a sala de aula. Entretanto, na distância de

	BUCKUS, R., VASAREVICIUS, S.		cada computador, a uma distância de 50 cm e em torno do eixo 360°. Foram medidos nas faixas de frequência: 5Hz - 2kHz, e 2 kHz - 400 kHz, em computadores de uma sala de aula.	400 kHz.	01:1998 Displejai- (Lithuania)	1 m dos monitores, o campo é fraco e não excede a norma permitida (25 nT). Ainda, tem se que monitores CRT de tubo excedem o limite máximo de densidade de fluxo magnético de 250 NT na faixa de frequência de 5 Hz - 2 kHz, com uma densidade de 310 nT. E, ainda, a densidade do fluxo magnético de todos os monitores de tubos CRT na faixa de frequência 2kHz - 400 kHz excede o limite permitido de 25 nT, enquanto a densidade de fluxo magnético de monitores LCD de tela plana não excede o limite com maximo de 10 nT. Por fim, os monitores geram fortes campos magnéticos e fracos campos elétricos nas faixas de frequência de 5 Hz - 2 kHz e 2kHz - 400 kHz.
2011	KOKALARI, I.; KARAJA, T.	HI-3604	Foram realizadas medições de campo eletromagnético com 30 cm de distância frontal e 50 cm de distância em volta dos computadores que foram categorizados em LCD e CRT, além disso, observou-se sua distribuição na sala, proximo às paredes ou no centro da sala.	ELF, VLF e RF.	TCO	Encontrou que as radiações de alta frequência estão dentro dos limites recomendados pela TCO e em contrapartida as de baixa frequência encontram-se acima dos limites recomendados. Salas de aula equipadas com computadores do tipo LCD apresentam menores níveis de radiação em relação às salas equipadas com computadores CRT. Ainda, recomenda-se que os monitores sejam posicionados com uma distância mínima de 50 cm entre eles, pois há diminuição do campo.
2012	BELLIENI <i>et al.</i>	NARDA ELF 400	Mediu a intensidade dos campos eletromagnéticos emitidos por 5 marcas de notebooks, e comparou com as normas/recomendações	1 Hz-400 KHz	MPR II, TCO, ICNIRP.	Mães e fetos são expostos a campos eletromagnéticos de telas de computador e os valores desses campos estão acima do recomendado pelas diretrizes das MPR II e TCO. Com relação à ICNIRP os campos medidos

			existentes. Analisou o ponto de maior campo eletromagnético emitido pelo computador.			estavam dentro dos limites, porém ressalta para atenção com relação ao contato com computadores, pois os EMFs diminuem com o quadrado da distância.
2013	FELIX, N.; CHIZURU MOKE, M.; EMMANUE L, E.	Tri Field, mede o campo magnético em mili Gauss, (mG).	Realizou medições de campo magnéticos em computadores do tipo LCD. As medições foram realizadas em dez monitores LCD de computador de diferentes tamanhos. Cinco dos quais eram de mesa e cinco <i>laptops</i> . Todas as medidas foram tomadas na direção normal voltada para a tela. A distância foi variada, considerando a tela e adotando 5 cm de intervalo até uma distância de 40 cm da frente da tela.	-	-	Obteve-se que a uma distância de 15 cm da tela o campo magnético tornou-se menor e a 40 cm tornou-se insignificante. Também, observou-se que a distribuição da taxa de campo magnético induzida medida para computadores do tipo cristal líquido (LCD) de mesa foi encontrado como inferior em relação ao computador LCD portátil (<i>laptop</i>) de forma que o campo induzido do <i>laptop</i> é 2 vezes maior que o da área de trabalho.
2014	KOPPEL, T.; TINT, P.	ME3951A da Gigahertz Solutions	Medição da radiação com base nos 14 pontos localizados no corpo do usuário de computadores portáteis (<i>laptop</i>)	50Hz-400kHz	ICNIRP	Verificou que algumas medidas adotadas podem reduzir o campo eletromagnético: o design do computador (preferir computadores que usem teclados, mouse e monitores externos), adaptadores de tomada, pois podem atrapalhar com relação ao aterramento, alguns não apresentam nem o terceiro pino. A parte do corpo mais exposta foram as mãos e pés.

2015	BRODIC, D.; AMÉLIO, A.	Lutron EMF-828 Aaronia; Spectran NF-5010.	Analizou o campo magnético emitido por notebooks utilizados em escritórios com funcionamento “normal”. Realizaram-se medições em 9 pontos sobre o corpo superior e corpo inferior do laptop, considerando as faixas de frequência extremamente baixa (50 Hz a 500 Hz), TCO1 (de 500 Hz a 2 kHz), e TCO2 (de 2 kHz a 400 kHz). Como referência adotou-se como perigosos aqueles cujo campo magnético fossem superior a 0,3mT.	300 Hz	TCO * O padrão de referência TCO divide o campo magnético de baixa frequência em duas bandas: -Banda TCO I inclui as frequências de 5 Hz a 2 kHz; -Banda TCO II trata das frequências de 2 kHz a 400 kHz. -Os limites de referência	Foram encontrados campos magnéticos abaixo do considerado perigoso. E observou-se que a parte central e inferior dos <i>laptops</i> apresentavam maiores campos. Assim, recomenda-se evitar o uso do laptop colocando-o no colo, estômago ou genitais de uma pessoa, como também, o uso de teclado e mouse externo.
------	------------------------	---	---	--------	--	--

					são 200nT para a banda TCO I e 25 nT para a banda TCO II - Recomenda-se medir o campo magnético a 0,30m na frente e ao redor de um <i>laptop</i>	
2016	BRODIC, D.	Aaronia Spectran NF-5035	Investigou o campo magnético emitido por 10 <i>laptop's</i> funcionando “normal” em ambiente de escritório. Nas seguintes faixas 50 Hz a 500 Hz, TCO1 (de 500 Hz a 2 kHz), e TCO2 (de 2 kHz a 400 kHz).	50Hz-500Hz	TCO 0,3 microT (Calvente (2010) e Bellieni (2012))	Observa-se que os picos de emissão de campo magnético são principalmente nas faixas abaixo de 500 Hz. Ainda, considerando como limite de segurança um campo de 0,3μT, com base na norma TCO, encontrou-se que 3 computadores portáteis excedem os limites de segurança. Ainda, tem-se que as características como o processador, o <i>cooler</i> (dissipação de calor) e a ergonomia do laptop podem influenciar no nível de campo.
2016	DEHAGHI	HI-3603	Foram medidos os campos elétrico e magnético sob a	3Hz-30KHz	TCO	As intensidades do campo magnético medido são menores do que os níveis determinados pela TCO

	<i>et al.</i>		distância 30, 50 e 60 cm da frente, atrás e laterais do computador.			em todas as diferentes distâncias e direções para os monitores de laptop e desktop. Observou-se que os campos elétricos e magnéticos são altos na parte frontal de computadores do tipo laptop e na parte posterior de computadores do tipo desktop. Com relação a lateralidade, para laptop os dois lados são praticamente iguais e para desktop o lado direito apresenta maiores valores acredita-se que devido ao uso do gabinete geralmente posicionado no lado direito da tela.
2016	BRODIC, D.; AMELIO, A.	Spectran NF-5035 e Lutron EMF-828	Analysaram os campos magnéticos de extrema baixa frequência em laptops em condições “normal” (caracterizando o uso em escritórios, com páginas da web, uso do Office) e “sob estresse” (caracterizando o uso de páginas mais pesadas, programas). O nível do campo magnético inferior ou igual a 0,02 μ T é considerado como um campo magnético de fundo, ou seja, insignificante.	Campos de extrema baixa frequência Mas inicialmente foram medidos os campos compreendidos no intervalo de 50-400KHz	TCO	As medições foram realizadas de 50-400KHz e foi possível perceber que o campo magnético mais alto e mais perigoso está na faixa de 50-300Hz. Assim, observou-se que a frequência dominante em diferentes <i>laptops</i> foi na faixa de ELF do campo magnético. Ainda, obteve-se que o campo magnético aumenta quando o computador esta trabalhando “sob estresse”. Outra análise realizada foi com relação ao uso do <i>laptop</i> conectado a corrente elétrica ou só pela bateria. Assim, foi possível observar que quando o computador encontra-se conectado a corrente elétrica o campo magnético encontra-se maior na parte inferior do <i>laptop</i> e quando conectado a bateria, o campo magnético encontra-se maior na parte superior do <i>laptop</i> .
2016	IBRANI <i>et al.</i>	EME Spy 140, que mede 14 faixas de frequência no	Analizou-se a exposição a campo eletromagnético de radiofrequência em locais	80 MHz - 6 GHz	ICNIRP	Concluíram que o campo é encontrado maior nos finais de semana quando comparados aos dias de trabalho. E sistemas de comunicação sem fio

		intervalo de 88-5850MHz, é configurado pelo EME <i>SpyAnalysis</i> V3.	de trabalho específicos procurando pelo pior cenário (ambientes de escritório, domicílio, áreas urbanas, áreas ao ar livre). A amostra foi selecionada baseada na exposição ao uso de tecnologias de comunicação sem fio. Assim, cada pessoa utilizou durante uma semana o dispositivo portátil de medição <i>EME Spy</i> . Foram obtidas medições durante o horário de trabalho, atividades pós-trabalho e atividades de fim de semana.	RF-EMF		DECT (<i>Digital Enhanced Cordless Telecommunications</i>), apresentaram maiores valores de campo. Dessa forma, é possível reduzir a exposição pessoal ao campo eletromagnético substituindo DECT por telefones convencionais em casa e usando telefones móveis menos frequentemente em locais de trabalho.
--	--	--	--	--------	--	---

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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 à 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, têm-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 expõe 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 apresentou-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 – REVISÃO SISTEMÁTICA

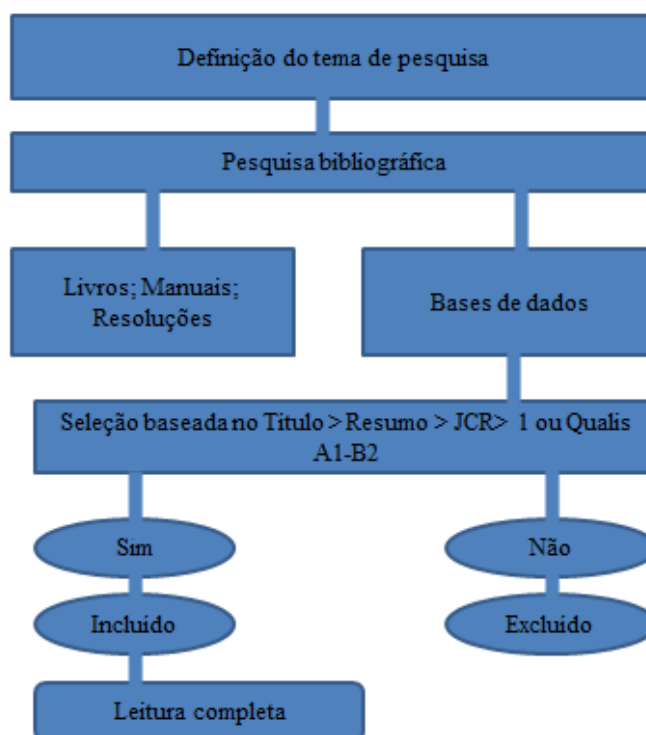
Esse capítulo versará sobre os procedimentos e resultados da pesquisa sistemática com relação à temática abordada na pesquisa.

3.1 LEVANTAMENTOS BIBLIOGRÁFICO: CRITÉRIOS DE BUSCA

A revisão realizada foi construída com base em dados buscados em livros, dissertações, teses, periódicos nacionais e periódicos internacionais.

Para o levantamento teórico bibliográfico da pesquisa utilizou-se do protocolo *Statement for Reporting Systematic Reviews- PRISMA* (LIBERATI *et al.* 2009). As etapas de busca seguem o fluxograma apresentado na Figura 6.

Figura 6- Fluxograma de pesquisa bibliográfica



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

A busca foi realizada na base de dados *Web of Science* e no portal de Periódicos Capes considerando os artigos dos últimos 10 anos, publicados em inglês e disponível para *download*. As palavras-chaves foram combinadas de forma a se obter o maior número de artigos (Quadro 4).

Quadro 4 - Interações entre as palavras-chave para busca

INTERAÇÕES COM AS PALAVRAS-CHAVE
<i>Non Ionizing Radiation and Workstation</i>
<i>Non Ionizing Radiation and Workplace</i>
<i>Non Ionizing Radiation and Computer workstation</i>
<i>Non Ionizing Radiation and Workers exposure</i>
<i>Non Ionizing Radiation and VDT</i>
<i>Extremely Low Frequency and Workstation</i>
<i>Extremely Low Frequency and Workplace</i>
<i>Extremely Low Frequency and Computer workstation</i>
<i>Extremely Low Frequency and Workers exposure</i>
<i>Extremely Low Frequency and VDT</i>
<i>Electromagnetic fields and Workstation</i>
<i>Electromagnetic fields and Workplace</i>
<i>Electromagnetic fields and Computer workstation</i>
<i>Electromagnetic fields and Workers exposure</i>
<i>Electromagnetic fields and VDT</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Todas as buscas na base *Web of Science* foram filtradas pelo “Rótulo de campo de pesquisa avançada” *TS=Tópico*, que compreende os campos do título, resumo, palavras-chave de autor e *Keywords Plus*[®]. Já no portal Periódico Capes as buscas foram feitas por assunto, do tipo avançada. Os resultados foram triados de forma sequencial pelo título, resumo e por último foram selecionados artigos publicados até o ano de 2014, de acordo com o número de citações Qualis Capes e *Journal Citation Report (JCR)*. Após a coleta dos artigos e retirada das duplicatas, estes foram incluídos caso obtivessem um Fator de Impacto (FI) maior que 1 ou de acordo com a classificação Qualis Capes entre A1 e B2, caso contrário, foram excluídos. Os artigos selecionados foram encaminhados para leitura completa, juntamente com os artigos que foram publicados após o ano de 2014, pois estes não passaram pela triagem quanto ao Qualis e JCR.

3.2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO: RESULTADOS DA BUSCA

A Tabela 2 representa o quantitativo de artigos encontrados e selecionados com o levantamento bibliográfico, de acordo com a metodologia de busca utilizada. É importante

ressaltar que foram selecionados 156 artigos para leitura completa, entretanto foram inseridos outros estudos considerados relevantes para a construção do referencial teórico. Além destes foram inseridos livros, dissertações e resoluções. A exclusão dos demais foi baseada na adequação ao tema de pesquisa bem como por sua metodologia.

Tabela 2 - Resultado do levantamento bibliográfico

Interações com as palavras-chave	Total de artigos encontrados por local de busca		Total de artigos encontrados por interação
	Periódicos Capes	Web of Science	
<i>Non Ionizing Radiation e Workstation</i>	112	22	134
<i>Non Ionizing Radiation e Workplace</i>	29	4	33
<i>Non Ionizing Radiation e Computer workstation</i>	4	0	4
<i>Non Ionizing Radiation e Workers exposure</i>	20	189	209
<i>Non Ionizing Radiation e VDT</i>	9	0	9
<i>Extremely Low Frequency e Workstation</i>	105	7	112
<i>Extremely Low Frequency e Workplace</i>	19	1	20
<i>Extremely Low Frequency e Computer workstation</i>	1	0	1
<i>Extremely Low Frequency e Workers exposure</i>	11	81	92
<i>Extremely Low Frequency e VDT</i>	9	0	9
<i>Electromagnetic fields e Workstation</i>	273	73	346
<i>Electromagnetic fields e Workplace</i>	163	29	192
<i>Electromagnetic fields e Computer workstation</i>	5	8	13
<i>Electromagnetic fields e Workers exposure</i>	48	272	320
<i>Electromagnetic fields e VDT</i>	32	4	36
Total de artigos encontrados	840	690	1530

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Dando sequência ao levantamento bibliográfico realizou-se a seleção conforme descrito no fluxograma de levantamento bibliográfico (Figura 6).

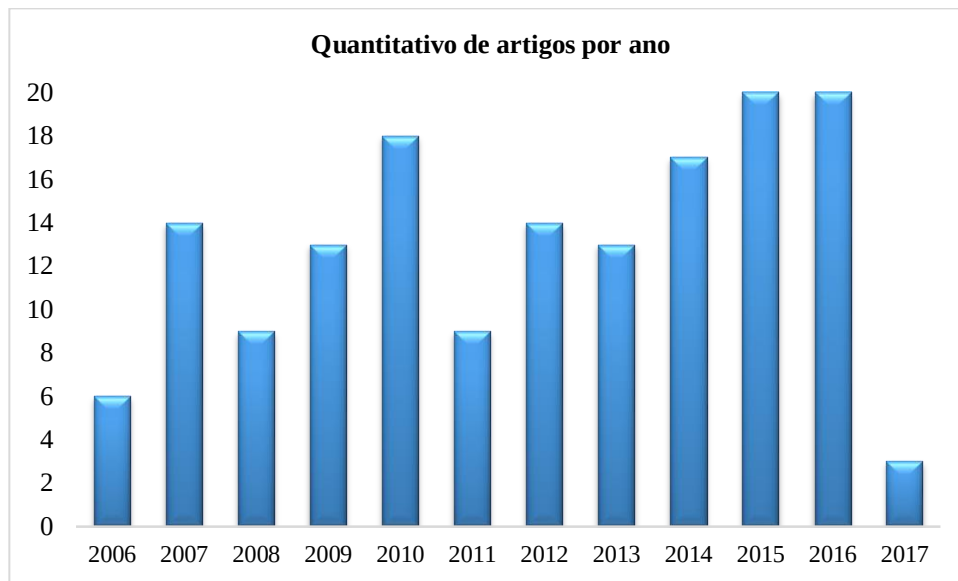
Tabela 3- Quantitativo de artigos após seleção sequenciada

Interações com as palavras-chave	Artigos selecionados após análise do título, resumo e Fator de Impacto/Qualis do periódico	
	Periódicos Capes	Web of Science
<i>Non Ionizing Radiation e Workstation</i>	3	0
<i>Non Ionizing Radiation e Workplace</i>	25	6
<i>Non Ionizing Radiation e Computer workstation</i>	0	0
<i>Non Ionizing Radiation e Workers exposure</i>	0	23
<i>Non Ionizing Radiation e VDT</i>	3	0
<i>Extremely Low Frequency e Workstation</i>	2	0
<i>Extremely Low Frequency e Workplace</i>	33	1
<i>Extremely Low Frequency e Computer workstation</i>	0	14
<i>Extremely Low Frequency e Workers exposure</i>	0	21
<i>Extremely Low Frequency e VDT</i>	0	5
<i>Electromagnetic fields e Workstation</i>	1	3
<i>Electromagnetic fields e Workplace</i>	53	11
<i>Electromagnetic fields e Computer workstation</i>	0	0
<i>Electromagnetic fields e Workers exposure</i>	2	27
<i>Electromagnetic fields e VDT</i>	11	0
Total de artigos selecionados	133	111

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Após finalizada essa etapa da seleção foi realizada a eliminação das duplicatas, restando um total de 156 artigos para leitura completa.

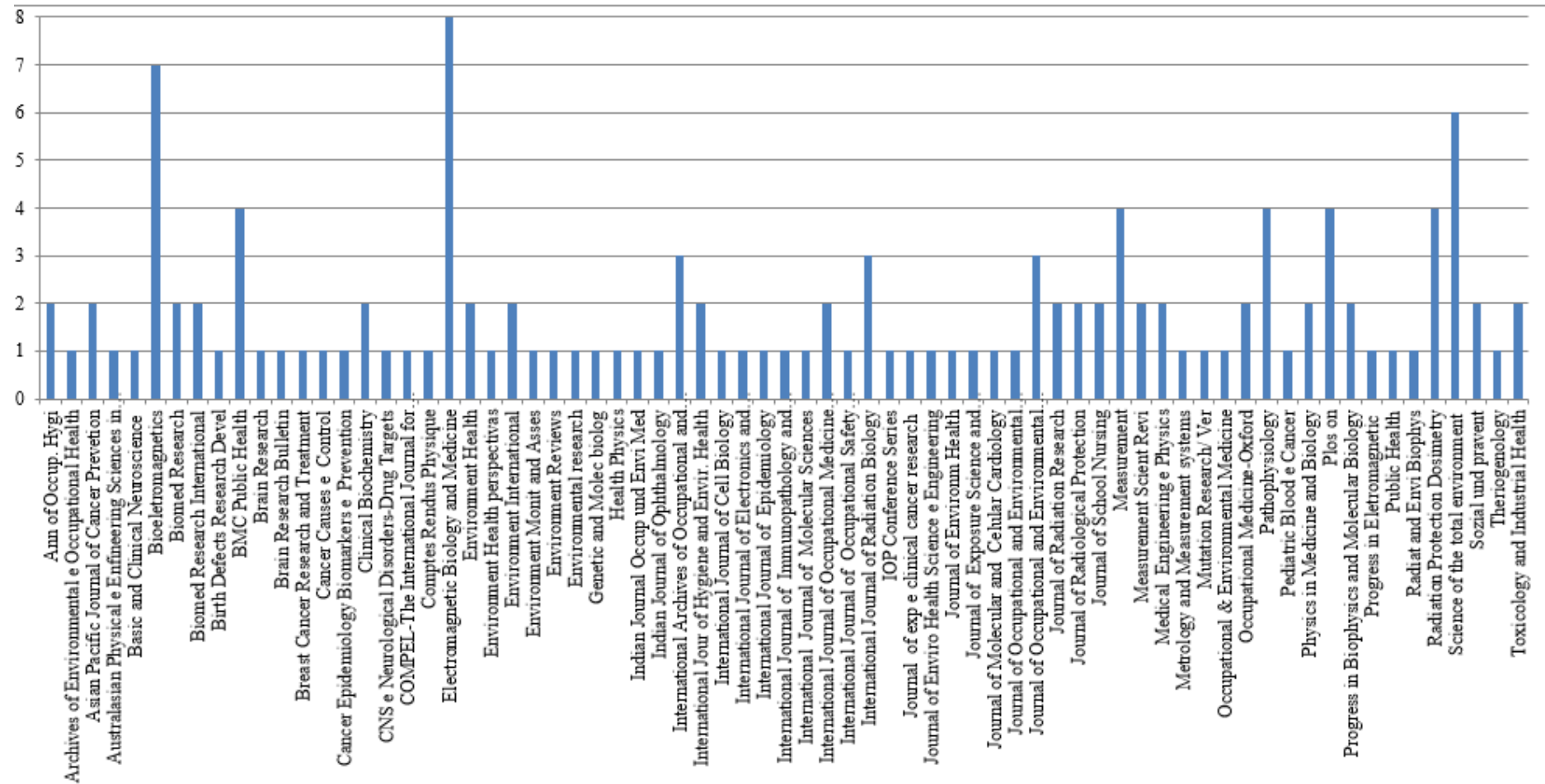
Concluída a seleção dos artigos o Gráfico 1 ilustra o quantitativo de artigos por ano de publicação.

Gráfico 1 - Quantitativo de artigos por ano de publicação

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

O Gráfico 2 apresenta as revistas que mais publicaram sobre o tema.

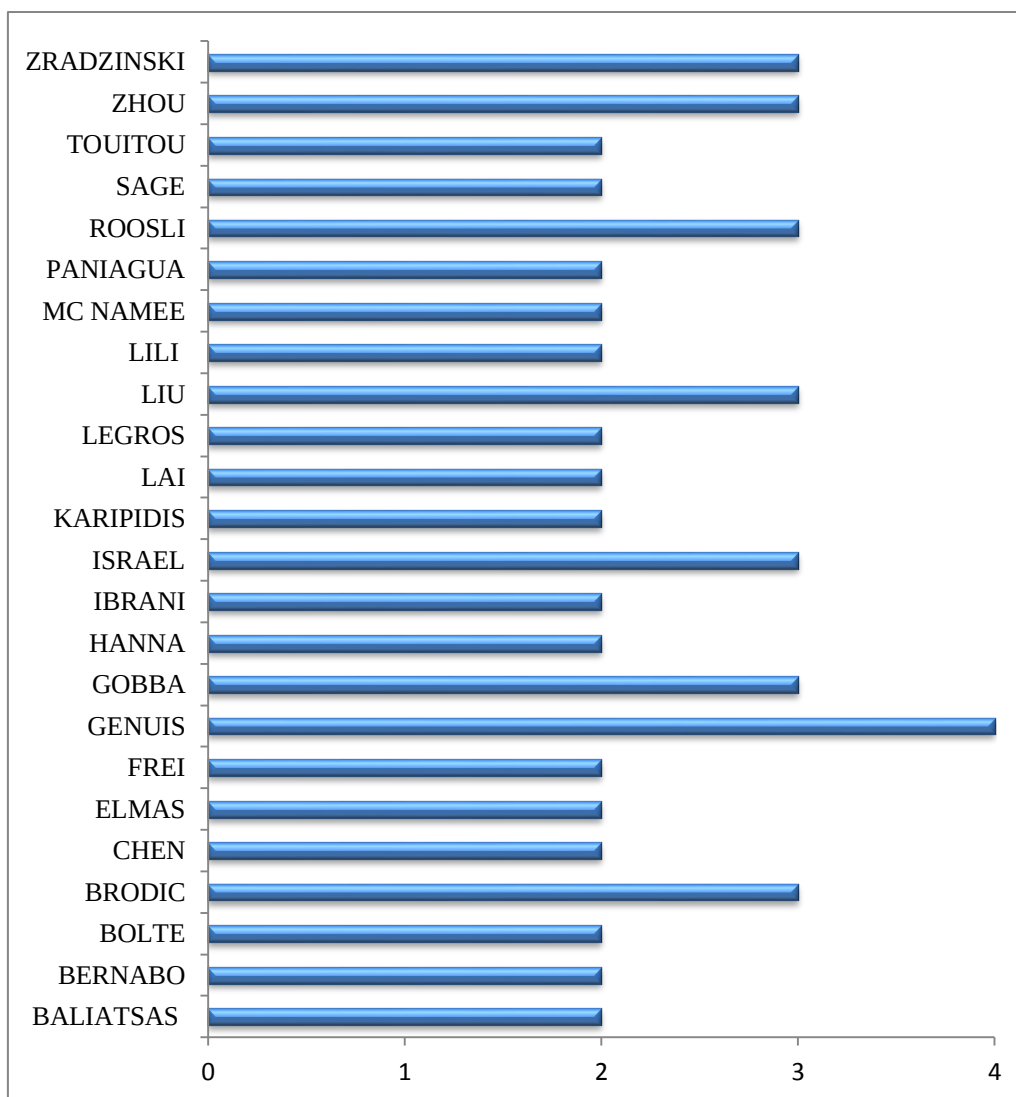
Gráfico 2- Principais revistas que publicaram sobre o tema



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

No Gráfico 3 observam-se os principais autores que publicam dois ou mais artigos sobre o tema, sozinhos ou como autor principal.

Gráfico 3 - Principais autores que publicam sobre o tema



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Ao final desse levantamento observou-se que as buscas com as interações de palavras-chave acima adotadas não apresentaram resultados quanto a estudos em ambientes equipados eletronicamente. Assim realizou-se outra busca com as interações observadas no Quadro 5, no portal Periódicos Capes, compreendendo artigos publicados na língua inglesa, nos últimos 10 anos.

Quadro 5 - Interações entre as palavras-chave para segunda busca

Interações entre palavras-chaves
<i>Computer workstation and Health</i>
<i>Workers exposure and Computer</i>
<i>Office employees and Video display</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Ao realizar a análise seguindo o fluxograma da primeira busca, todos os artigos encontrados foram eliminados na aplicação do primeiro filtro, a análise do título, pois se constatou que os artigos encontrados não apresentavam alinhamento com o tema da pesquisa, o que pode ser observado nos Quadros 6,7 e 8.

Quadro 6 - Resultado da interação entre as palavras *Computer workstation and Health*

INTERAÇÃO: <i>Computer workstation and Health</i> (705)	
Ergonomia	Problemas na estação de trabalho
	Sistema musculoesquelético e posturas em trabalhadores
	Intervenção Ergonômica
	<i>Design</i> do posto de trabalho
	Dor em trabalhadores
	Problemas visuais
	Sistema neural de predição de conforto no usuário de computador
Humanos	Fatores de risco para distúrbios musculoesqueléticos
	Posturas potencialmente problemáticas
	Intervenção Ergonômica
	Dor lombar
	Antropometria
Mulheres	Intervenção no posto de trabalho para redução do sedentarismo
	Problemas do uso de computadores em mulheres com Esclerose
	Estresse e dor relacionados ao trabalho
	Queixas de saúde associadas a computadores
Homens	Problemas posturais
	Efeitos de demandas de tarefas físicas e mentais sobre a atividade muscular cervical
	Realidade virtual
Meia idade	Distúrbios musculares
	Problemas postural devido ao trabalho sentado
	Problemas visuais
Computador	Sintomas subjetivos em usuários de computador
	Sistema de informação na promoção de saúde

Postura	Dores no pescoço e ombro pelo uso de computadores
	Estações de trabalho fixas e movimentos da coluna
	Sintomas musculoesqueléticos, antropometria e unidades de trabalho computadorizadas
	<i>Burnout</i>
Outros	Exercícios personalizados
	Ressonância Magnética; Tomografia computadorizada; Problemas do sistema circulatório; <i>Software</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

No quadro 7 é possível observar o resultado temático da busca com as palavras-chave *workers exposure and computer*.

Quadro 7- Resultado da interação entre as palavras *Workers exposure and Computer*

INTERAÇÃO: <i>Workers exposure and Computer</i> (210)	
Exposição Ocupacional	Exposição ocupacional à Ressonância Magnética
	Danos no DNA; Câncer
	Problemas musculoesqueléticos
	Perda auditiva
	Exposição ao ar livre à Radiação Ultravioleta
	Síndrome do túnel do carpo
	Exposição a substâncias e partículas
Ergonomia	Problemas na estação de trabalho
	Sistema musculoesquelético e posturas em trabalhadores
	Intervenção Ergonômica
	<i>Design</i> do posto de trabalho
	Dor em trabalhadores
	Problemas visuais
	Sistema neural de predição de conforto no usuário de computador
Segurança do trabalho	Exposição a Campos Eletromagnéticos associada à Ressonância Magnética
	Exposição à Campo Eletromagnético em trabalhadores de Linhas elétricas
	Problemas musculoesqueléticos
	Síndrome do túnel do carpo
	Exposição a pesticidas e nano partículas
Trabalhadores	Exposição ocupacional à Ressonância Magnética; Radiação Ultravioleta
	Desenvolvimento de Câncer e danos no <i>DNA</i>
	Posicionamento de computadores e acessórios
	Problemas articulares
Saúde ocupacional	Vibração

	Problemas musculoesqueléticos
	Síndrome do túnel do carpo
	Fatores físicos e psicossociais relacionados à dor
	Estilo de vida e produtividade
Doenças ocupacionais	Doenças musculoesqueléticas
	Perda auditiva
	Alergias
	Polirradiculoneuropatias
	Câncer
	Exposição a substâncias químicas e problemas neurológicos
Condições de trabalho	Estresse térmico
	Andaimes suspensos
	Otimização do tempo
	Sistemas de videovigilância e segurança
Outros	Avaliação de risco; Saúde; Reciclagem; Agricultura

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Já no quadro 8, percebe-se que a interação entre as palavras *office employees and video display* resultam em três linhas temáticas.

Quadro 8 - Resultado da interação entre as palavras *Office employees and video display*

INTERAÇÃO: <i>Office employees and video display</i> (37)	
Problemas musculoesqueléticos	Intervenção sobre problemas musculoesqueléticos
	Dores no pescoço, ombro e extremidades superiores
Ergonomia	Redução de problemas musculoesqueléticos
	Tratamento para dores nas extremidades dos membros superiores e pescoço
	Desconforto musculoesquelético
Outros	<i>Design</i> ; Fatores humanos

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Portanto, constata-se que não existem estudos que explorem o tema do ambiente de trabalho equipado eletronicamente e a exposição do usuário desse ambiente à radiação não ionizante emitida por computadores e outros equipamentos tecnológicos.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Observou-se que há estudos que exploram a problemática da exposição a campos eletromagnéticos e suas possíveis consequências sobre a saúde humana, como também estudos mais aprofundados que envolvem testes com animais de laboratórios.

Ainda, tem-se que para uma busca mais aprofundada foram realizadas diversas interações entre palavras chaves que compreendessem as nomenclaturas variantes dadas ao campo eletromagnético de interesse no estudo, como também o ambiente de interesse. A maioria dos estudos encontrados são internacionais e concentram-se nos anos de 2015 e 2016.

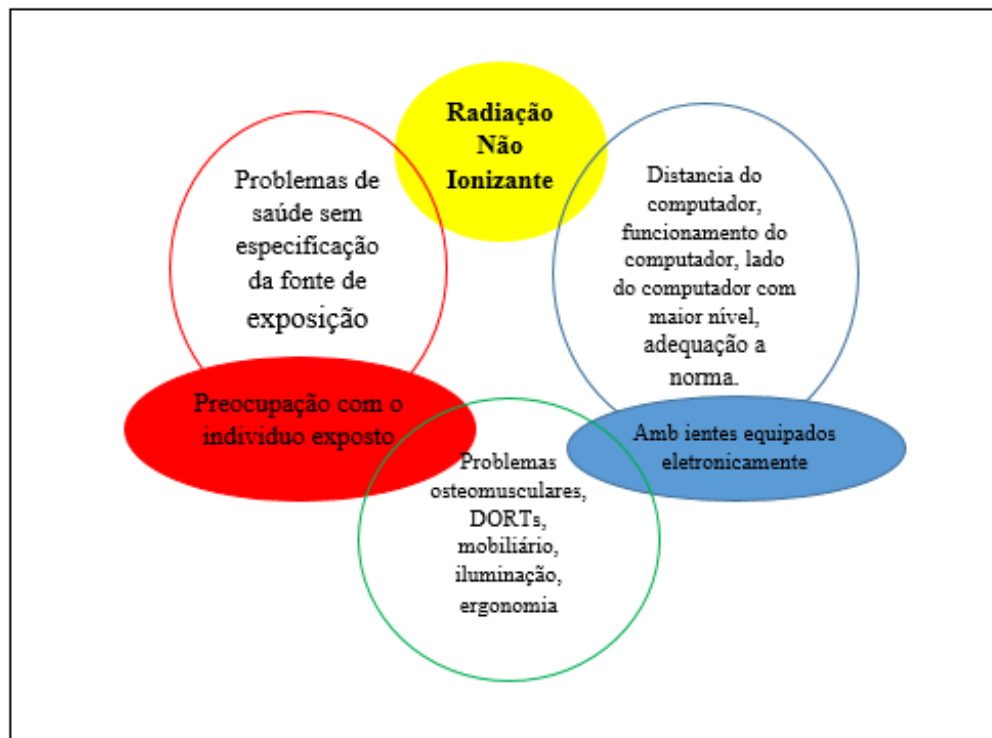
Ao se tratar da origem dos trabalhos observa-se que o maior número de publicação está concentrado em países como a China, Itália, Polônia, Suíça e Canadá. Características quanto aos problemas mais relatados na literatura podem ser encontrados no capítulo anterior.

Quando foi explorado o ambiente de trabalho equipado eletronicamente não foram encontrados estudos que se preocupassem com possíveis problemas causados aos seus usuários, advindos de campo eletromagnético, a maioria volta-se para questões ergonômicas, fatores humanos, distúrbios musculares e posturas de trabalho; condições de trabalhos, fatores psicossociais e outros. Em contrapartida, os estudos específicos de campo eletromagnético em ambientes equipados eletronicamente, volta-se para a questão de tipos de computadores, distâncias da tela, funcionamento do computador, parâmetros estabelecidos pela norma. Assim, está claro que há uma lacuna na literatura com relação aos estudos que exploram o ambiente de trabalho em referência ao campo eletromagnético e à exposição do trabalhador.

Por fim, quanto à medição de campo verificou-se que a maioria utiliza equipamentos para medição de variados tipos e outros utilizam sensores. Quanto à análise, a maioria adotou o padrão regulamentador vigente em seu País. E a faixa de frequência, a maioria realizou medição de Campo Magnético de Extrema Baixa Frequência-CMEBF.

Então, abaixo é possível observar nas figuras 7 e 8 o que foi encontrado na literatura e a lacuna.

Figura 7 - Temas encontrados na literatura dados a intersecção entre RNI e problemas de saúde e entre RNI e ambientes equipados eletronicamente



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Figura 8 - Lacuna observada na literatura



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

CAPÍTULO 4- MATERIAIS E MÉTODOS

Esse capítulo versará sobre os métodos e instrumentos utilizados para que se pudesse cumprir com os objetivos traçados. Portanto, pode-se observar nos tópicos a seguir a característica da pesquisa, os procedimentos metodológicos, a característica da amostra, a instrumentação utilizada, bem como as análises realizadas.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa é classificada, de acordo com a natureza, como aplicada, pois objetiva a investigação de hipóteses sugeridas por modelos teóricos, cujo principal interesse dá-se na esfera da aplicação, utilização e consequências práticas do conhecimento (GIL, 2008).

Quanto à forma de abordagem, o estudo é quantitativo. Neste sentido, Martins (2010) afirma que não existe intervenção do pesquisador nas variáveis analisadas. E então, a partir do levantamento teórico há a formulação de hipóteses que serão testadas e interpretadas quanto à presença de fundamento (MARTINS, 2010).

Com relação aos objetivos a pesquisa é descritiva, para que possa caracterizar a população estudada e os fenômenos observados, a fim de se estabelecer relações de causalidade (GIL, 2008). Além disso, requer uma justificativa para escolha da amostra (CAUCHICK MIGUEL, 2010).

Considerando o procedimento metodológico trata-se de um levantamento do tipo *survey*. De acordo com Martins (2010), este método de pesquisa constitui um dos mais apropriados para abordagens quantitativas no âmbito da Engenharia de Produção.

4.2 CAMPO DE PESQUISA E AMOSTRA

A pesquisa foi realizada em quatro salas providas de equipamentos eletrônicos localizados na Universidade Federal da Paraíba, Campus I, da cidade de João Pessoa/ Paraíba/ Brasil. O critério de seleção foi baseado no aspecto de exposição à radiação não ionizante, uma vez que esses ambientes concentram tecnologias como computadores, impressoras, roteadores de internet *wifi*, entre outros.

Foi realizado um levantamento do número de técnicos que trabalham nesses ambientes e a mostra contém 7 pessoas que trabalham nesses ambientes por 6h-8h diárias.

4.3 VARIÁVEIS ESTUDADAS

As variáveis que foram analisadas nesta dissertação possuem quatro eixos temáticos: Radiação não ionizante (RNI), características do ambiente, perfil dos funcionários e termogramas. Abaixo, pode-se observar descritas no quadro 9.

Quadro 9 - Variáveis analisadas no estudo

VARIÁVEIS	
Radiação não ionizante (RNI)	✓ Foram considerados os campos eletromagnéticos de extrema baixa e baixa frequência, mensurados por meio da densidade de fluxo magnético (μT); ✓ Localização pontual dos níveis de campo;
Características do ambiente	✓ Concentração de equipamentos eletroeletrônicos conectados à rede elétrica ou não; ✓ Localização de caixas de distribuição de rede elétrica;
Perfil dos funcionários	✓ Dados pessoais e hábitos de vida; ✓ Relatos de dores de cabeça, alteração do sono, qualidade de vida, rotina; ✓ Horas trabalhadas, período de uso de computadores, tempo no ambiente de trabalho;
Termogramas	✓ Consideraram-se os fatores que influenciam no estresse térmico; ✓ Recomendações para obtenção de termogramas;

Fonte: Dados de pesquisa (2018)

Quando mencionados os fatores que influenciam no estresse térmico, consideraram-se as seguintes práticas: fumar cigarros consumo de - álcool, café, chá, água e alimentos. Bem como a quantidade de horas de sono, condição física humana e gordura corporal.

4.4 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (CCS) vinculada à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e aprovado na data 7/10/2017, sob o número 2.352.787.

Baseando-se na resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde, para os procedimentos de coleta de dados, os profissionais foram informados sobre o escopo da pesquisa e em seguida, em caso de aceite, foram orientados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A).

4.5 COLETA DOS DADOS

Nesse tópico serão apresentados os procedimentos para coleta dos dados. Conhecendo os ambientes de coleta e em posse das cartas de anuência, autorizando a realização da pesquisa nesses locais, foram realizadas as coletas com base nas orientações normativas correspondente a obtenção de cada dado.

4.5.1 Mensuração da densidade de fluxo magnético

A coleta do campo foi realizada em quatro salas, selecionadas de forma que apresentassem características diferentes quanto à quantidade e posicionamento de equipamentos eletrônicos, área, *layout* e finalidade das funções desempenhadas pelos funcionários. Assim, possibilitando uma análise do nível da densidade de fluxo magnético em função dessas características. Conjuntamente, todas deveriam ter funcionários públicos, concursados e aprovados para cargos de técnicos da Universidade.

Os dados da densidade de fluxo magnético foram obtidos mediante o uso do aparelho “*Spectran NF-5035*” (figura 9), nas faixas de frequências do espectro eletromagnético de 1 Hz - 30 kHz, sendo fracionados em intervalos de 1-8Hz; 8-25Hz; 25-50Hz; 50-400Hz; 400Hz-3kHz; 3kHz-30kHz. Então, para 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 se observou na literatura que representam os intervalos com níveis de campo magnéticos mais altos em ambientes com VDT e outros equipamentos eletrônicos (KOKALARI, I.; KARAJA, T., 2011; BRODIC, D., 2016; BRODIC, D.; AMELIO, A., 2016).

Figura 9 - Spectran -5035

Fonte: Aaronia (2018)

4.5.2 Levantamento de dados individuais

Os dados dos funcionários foram obtidos através de um questionário (APÊNDICE B), que se divide 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 10 é possível observar a distribuição dos funcionários que compõem a amostra pelos ambientes estudados.

Quadro 10 - 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: Dados da pesquisa (2018)

4.5.3 Obtenção de termogramas

Para o mapeamento térmico das áreas de tronco, membros superiores, cabeça e pescoço- áreas de maior proximidade em relação às fontes de RNI em ambientes de escritório, utilizou-se uma câmera termográfica FLIR B400 com 3.1 megapixel e sensibilidade térmica de 0,05°C, 320x240 pixel de resolução (figura 10).

Foram capturadas imagens do funcionário alocado no Ambiente 1, pois, durante a aplicação dos questionários os funcionários foram 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 possam 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 substancias 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.

- ✓ Aclimação: são necessários 15 minutos de aclimação 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.

Dessa forma, seguindo as normatizações para obtenção de termogramas 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 à quantidade de equipamentos variantes de acordo com os postos de trabalho móveis, no momento de obtenção das imagens.

Figura 10 - Câmera termográfica



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

4.6 ANÁLISE DOS DADOS

A seguir são descritos os procedimentos para análise dos dados coletados.

4.6.1 Análise dos níveis de densidade de fluxo magnético

Os procedimentos de análises dos dados foram realizados com recursos dos *softwares* *Matlab*, *STATISTICA* e *R Project 3.1.1* obedecendo as seguintes etapas:

1. Foram realizadas interpretações gráficas, no *STATISTICA*, da densidade de fluxo magnético obtidas em cada ambiente para todos os intervalos de faixas de frequências. Conjuntamente, analisou-se a densidade de fluxo magnético, considerando a adequação aos limites estabelecidos pela ICNIRP (2010), descritos no quadro 11.

Quadro 11 - Níveis de referência para exposição do público geral, ocupacional a campos eletromagnéticos variáveis ao longo do tempo

INTERVALOS DE FAIXAS DE FREQUÊNCIAS	DENSIDADE DE FLUXO MAGNÉTICO B (T)
1Hz-8Hz	$4 \times 10^2 / f^2$
8Hz-25Hz	$5 \times 10^3 / f$
25Hz-50Hz	2×10^4
50Hz-400Hz	2×10^4
400Hz-3kHz	$8 \times 10^2 / f$
3kHz-10MHz	$2,7 \times 10^5$

Fonte: ICNIRP (2010)

Como podem ser observados os limites de exposição à densidade de fluxo magnético para esses intervalos de faixas de frequências são dados em função da frequência, portanto a análise não pode ser realizada de forma direta. Por consequência disso e da quantidade de dados gerados, após a medição, foi desenvolvido com o auxílio do *Matlab* um programa de computador, para análise direta da densidade de fluxo magnético, o certificado pode ser visualizado no Anexo A.

2. Análises dos níveis de RNI nos ambientes foram realizadas considerando as medidas de densidade de fluxo magnético e as características do ambiente: quantidade e posicionamento dos equipamentos, *layout*, tamanho, localização. Utilizou-se o *software STATISTICA* versão 10 para construção de gráficos de contorno em 3D, a partir do método de suavização *splines* aplicado aos níveis de densidade de fluxo magnético medido em uma grade de pontos no ambiente, com uma 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).
3. Gráficos de linha para análise da oscilação da densidade de fluxo magnético em curtos períodos de tempo, de acordo com os intervalos de faixas de frequências mensurados.
4. Através do *Software R Project 3.1.1* foram realizados ajustes de modelos de distribuição de probabilidade, para verificar as medidas de probabilidade acumuladas associadas à ocorrência de diferentes níveis máximos de densidade de fluxo magnético nos pontos de localização dos funcionários.

5. Foram realizadas análises através do *software* STATISTICA versão 10 utilizando-se de testes estatísticos de *Kruskal Wallis* e de “*comparações múltiplas das médias dos postos*” para verificação de diferenças significativas entre as densidades de fluxo magnético para cada ambiente (APÊNDICE C).

4.6.2 Análise dos questionários

Os questionários foram aplicados para obtenção de dados individuais dos funcionários, com a finalidade de construção do perfil desses funcionários e obtenção de relatos de queixas que possam estar associadas à exposição à RNI.

Então, foram realizadas análises descritivas dos dados obtidos através do questionário, apresentando através de quadros os dados pessoais, o histórico profissional, o perfil de saúde e as sintomatologias relatadas.

4.6.3 Análise dos termogramas

Os termogramas obtidos através de uma câmera termográfica infravermelha apresentam áreas corporais com diferentes temperaturas. Essas diferenças de temperatura podem ser observadas qualitativamente pela escala de cores da imagem compreendendo que as áreas em vermelho e branco apresentam maiores temperaturas, enquanto as áreas pretas e roxas representam menores temperaturas.

Não obstante, para o estabelecimento de uma correlação entre o aumento da temperatura corporal local e o aumento da densidade de fluxo magnético, foi necessário um diagnóstico quantitativo do aumento de temperatura corporal local. Então, verificou-se que utilizando recursos do *Matlab* as imagens térmicas podiam ser analisadas quanto à intensidade luminosa- Luminância.

Para análise da luminância das imagens termográficas aplicou-se a paleta de cores cinza do programa *FLIR QuickReport 1.2 SP1*, e posteriormente as imagens foram analisadas no *Matlab* com o código do programa de computador desenvolvido, responsável pela análise da luminância (ANEXO B).

Esse resultado da luminância das imagens foi apresentado em porcentagem variando de 0-100%. O valor de 0% representa menor luminância associada a cores representantes de temperaturas mais frias, como pretas e roxas. E o valor 100% representa maior luminância associada a cores representantes de temperaturas mais quentes como as vermelhas e brancas.

Posteriormente, realizou-se com auxílio do *software STATISTICA* o teste do coeficiente de correlação de *Spearman* e seu respectivo teste de significância considerando o nível de significância de 0,05.

4.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram descritos os aspectos relacionados aos procedimentos metodológicos utilizados para a execução da pesquisa. Verificou-se conforme os estudos realizados e existentes na literatura que a metodologia e instrumentos de medições adotados estão alinhados com os objetivos específicos e são fundamentais para sua obtenção.

Ainda, destaca-se que todos os cuidados para cumprimento com regulamentações e orientações quanto às obtenções dos dados foram adotados.

CAPÍTULO 5- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse capítulo abordará os resultados encontrados a partir dos procedimentos metodológicos discutidos no capítulo anterior com o intuito de cumprir com os objetivos traçados para a presente pesquisa. Todos os resultados serão discutidos à luz dos estudos encontrados na literatura.

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 às 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 anteriormente descritas.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AMBIENTES DE COLETA DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE

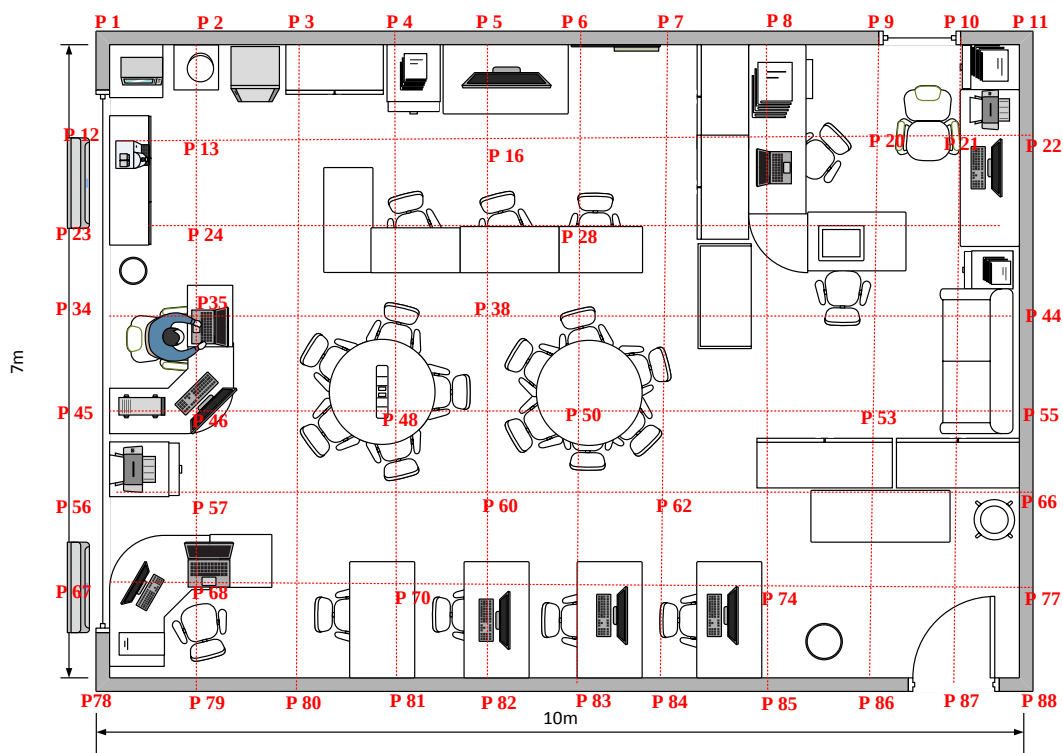
Os ambientes nos quais foram realizadas as medições de campo eletromagnético, apresentam características diferentes entre si, desde o tamanho, a quantidade de equipamentos eletrônicos, a quantidade de funcionários, fluxo de pessoas, organização e *layout*. Portanto, se faz necessário observar as características de cada local para melhor compreender os níveis de radiação encontrados em cada ambiente.

5.1.1 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 e apresenta computadores do tipo *notebook* sem quantidade pré-determinada, variando de acordo com a quantidade de pessoas na sala, 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 é possível perceber a representação do funcionário.

Figura 11 - Ambiente 1/ Planta baixa

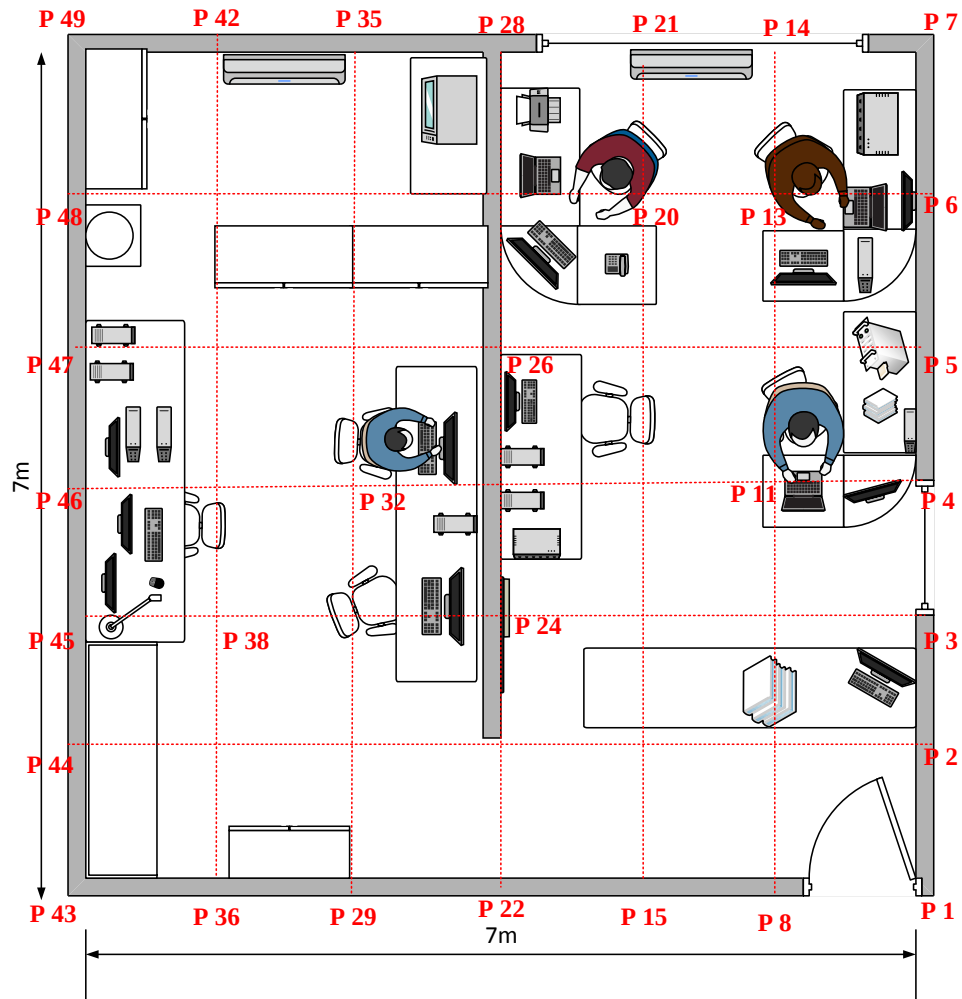


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.1.2 Ambiente 2

Tem aproximadamente 49 m² de área, dispõe de 6 computadores do tipo “desktop”, todos 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 outra sala equipada com diversos dispositivos que mantém o funcionamento da internet da UFPB. Na figura 5 é possível observar o *layout* de distribuição dos equipamentos e mobiliário no ambiente, como também a localização dos funcionários respondentes ao questionário. Observa-se que a sala segue uma divisão imposta pela presença de uma parede que segmenta o ambiente em dois espaços: um concentra maior número de postos e o outro espaço concentra maior quantidade de equipamentos.

Figura 12 - Ambiente 2/ Planta baixa

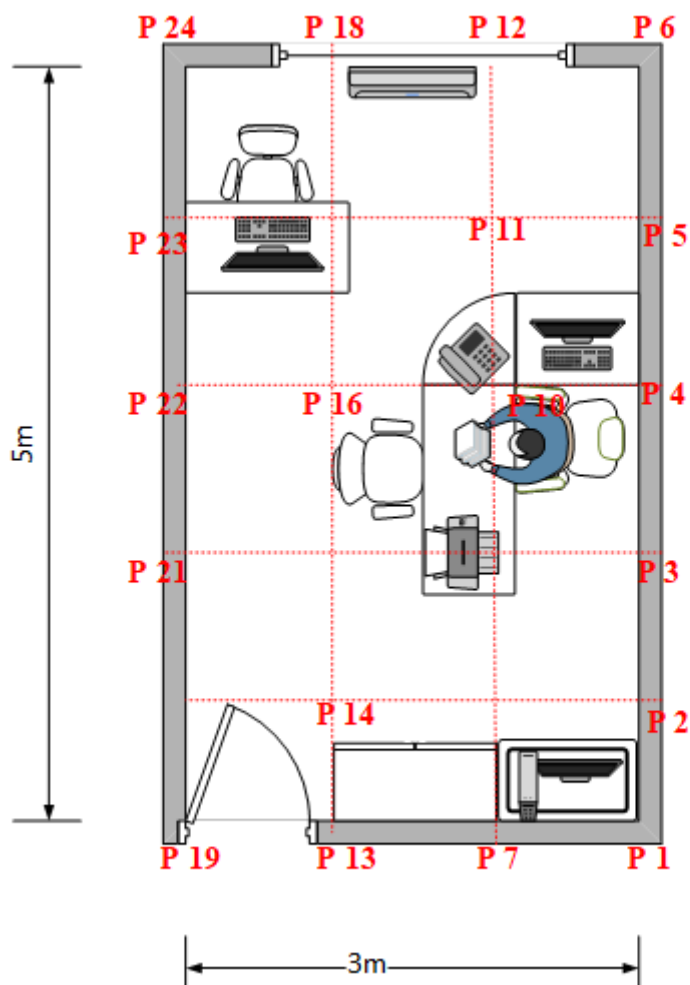


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.1.3 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 localizado próximo à porta. Esse localizado próximo à porta e que apresenta maior quantidade de equipamento compreende o local de trabalho do funcionário participante da pesquisa.

Figura 13 - Ambiente 3/ Planta baixa

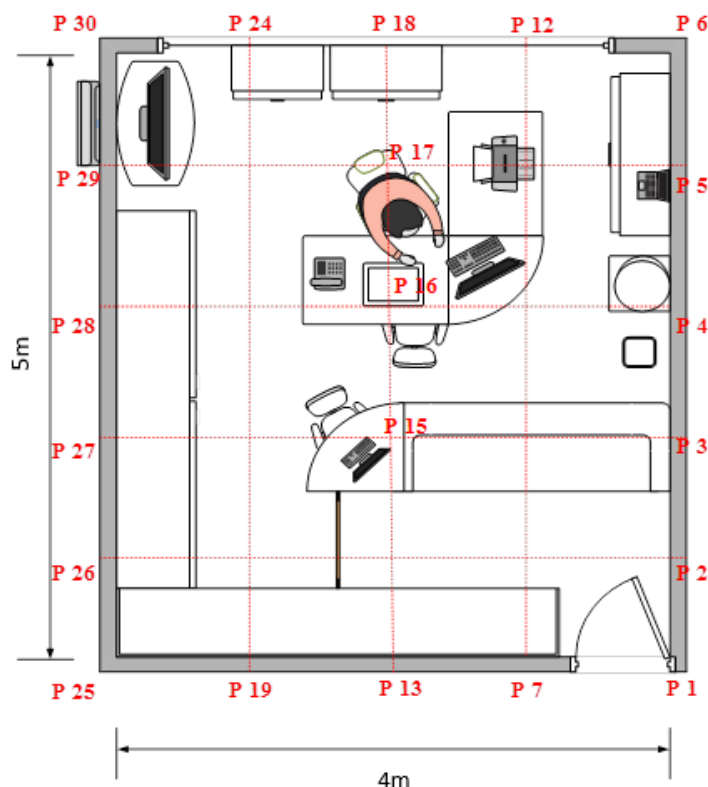


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.1.4 Ambiente 4

Tem aproximadamente 20 m² de área, provido eletronicamente por 2 computadores do tipo “*desktop*”, todos 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 uma grande quantidade de mobiliário no ambiente, e uma pequena quantidade de equipamentos eletrônicos. No ponto 16 temos a localização do funcionário e é possível perceber que seu posto de trabalho concentra a maioria dos equipamentos eletrônicos do ambiente.

Figura 14 - Ambiente 4/ Planta baixa



Fonte: Dados da pesquisa (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 da quantidade 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 tempo e local pré-determinado. Os demais postos recebem a classificação de postos fixos, pois são ocupados pelos funcionários dos ambientes.

O quadro 12 apresenta características dos ambientes que compreendem o tamanho da área e a quantidade de equipamentos, considerando os equipamentos que compõem os postos fixos.

Quadro 12 - Características dos ambientes

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

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2 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 às particularidades da área, *layout*, densidade de equipamentos eletrônicos, atividades desempenhadas no ambiente, 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, e conseguir determinar quais os fatores podem auxiliar na redução dessa exposição diária.

Os níveis de radiação não ionizante foram analisados 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).

Utilizou-se o *software STATISTICA* para construção de gráficos de contorno em 3D, a partir do método de suavização *splines* aplicado aos níveis de densidade de fluxo magnético, 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.

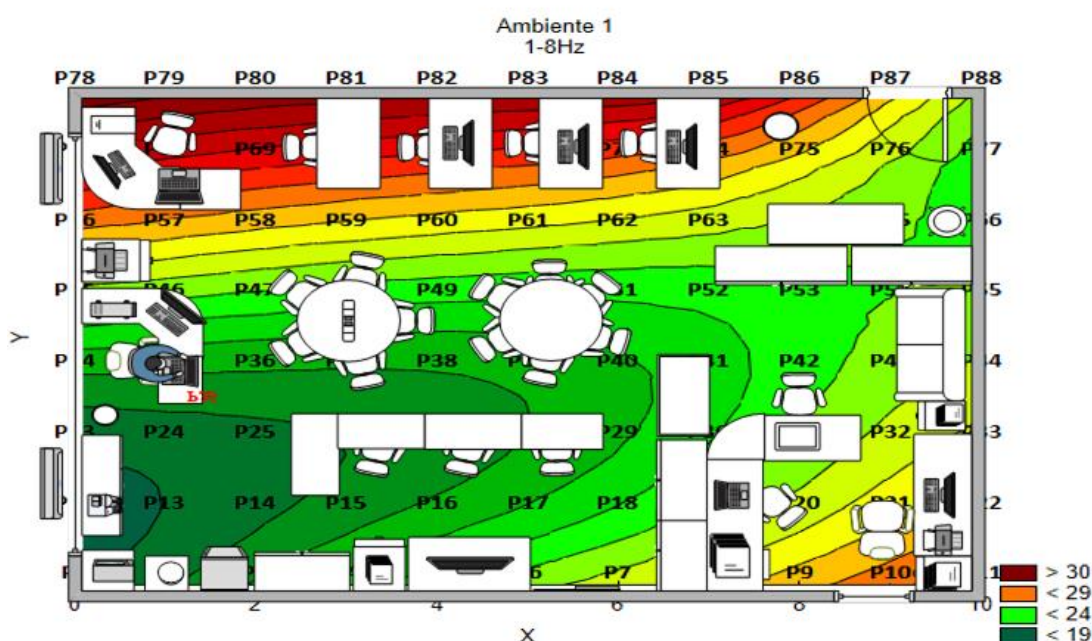
5.2.1 Ambiente 1

5.2.1.1 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 à variação da densidade de fluxo magnético, considerando a quantidade de equipamentos, o *layout*, a área do ambiente, a presença de 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 que os pontos P35 e P46 localizados bem próximos ao técnico representam áreas de menores níveis de densidade de fluxo magnético, variando entre $19\mu\text{T}$ e $24\mu\text{T}$, 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 às regiões de localização dos dispositivos eletrônicos do ambiente, na região dos pontos P70-74 e P81-85 estão localizados computadores do tipo “*all 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 4 - Ambiente 1/ Faixa de 1-8Hz

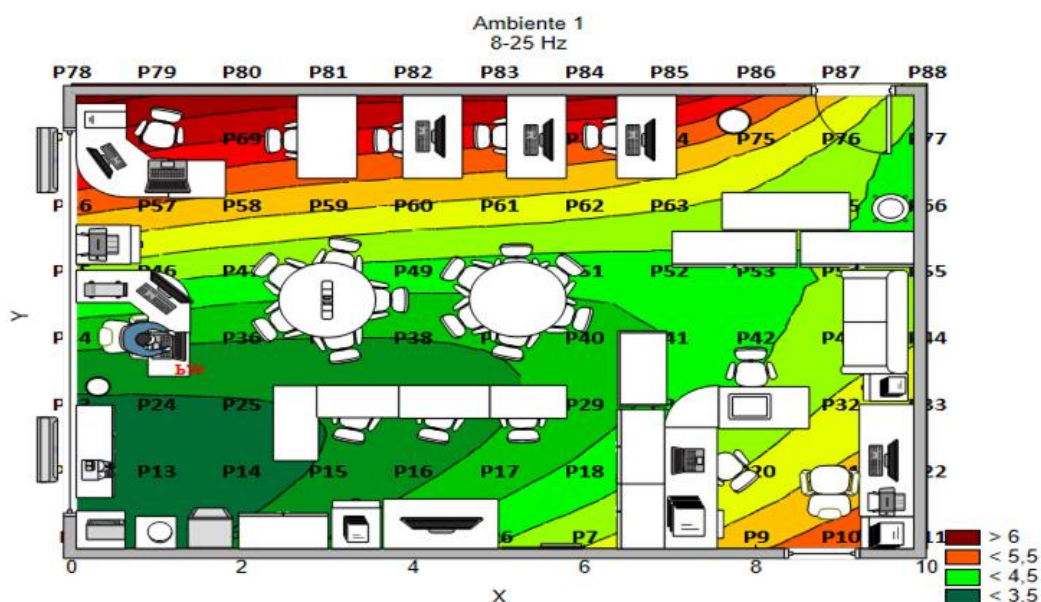


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.1.2 Intervalo de frequência 8-25 Hz

Observa-se neste intervalo de frequências pelo gráfico 5 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 5 - Ambiente 1/ Faixa de 8-25Hz

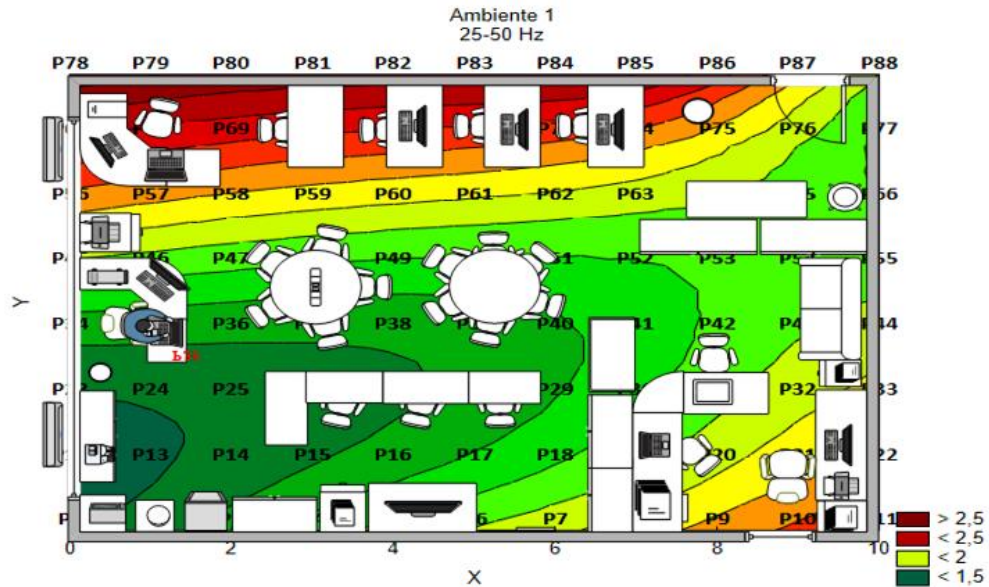


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.1.3 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, P67-73 e P78-86 aparecem como os locais de maiores níveis de densidade de fluxo magnético. Tais resultados podem ser observados no gráfico 6.

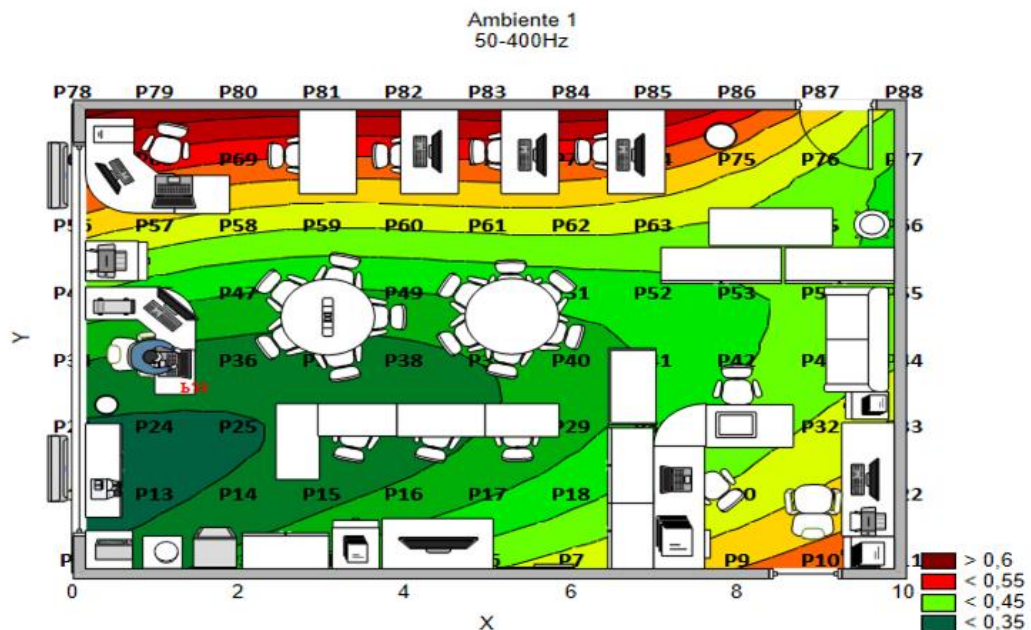
Gráfico 6 - Ambiente 1/ Faixa 25-50 Hz



5.2.1.4 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 7.

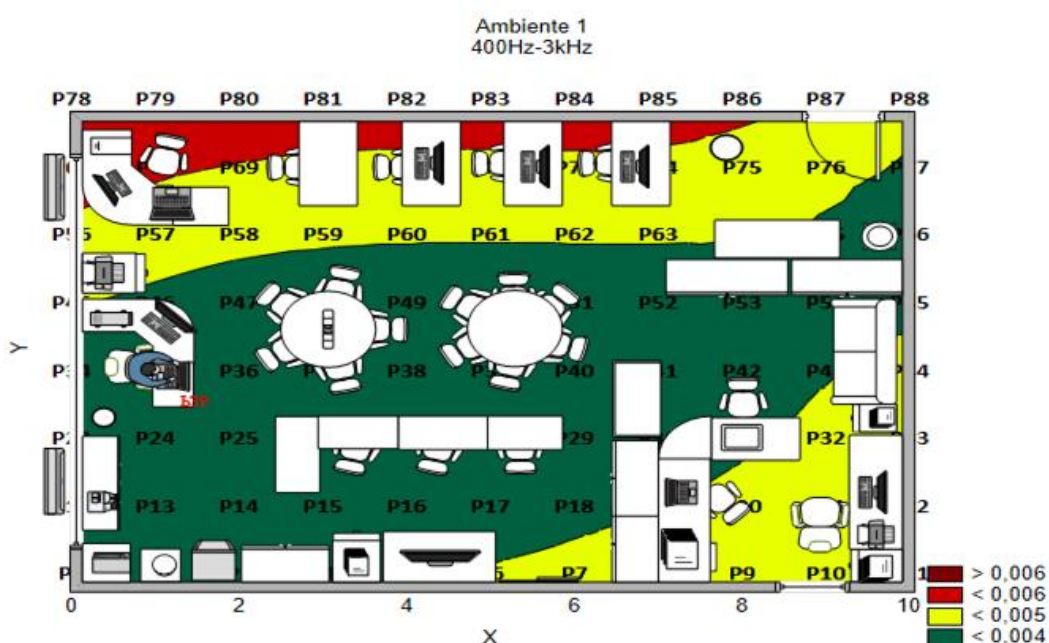
Gráfico 7- Ambiente 1/ Faixa de 50-400 Hz



5.2.1.5 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 μ T e 0,006 μ T, conforme apresenta o gráfico 8.

Gráfico 8 - Ambiente 1/ Faixa 400 Hz- 3k Hz

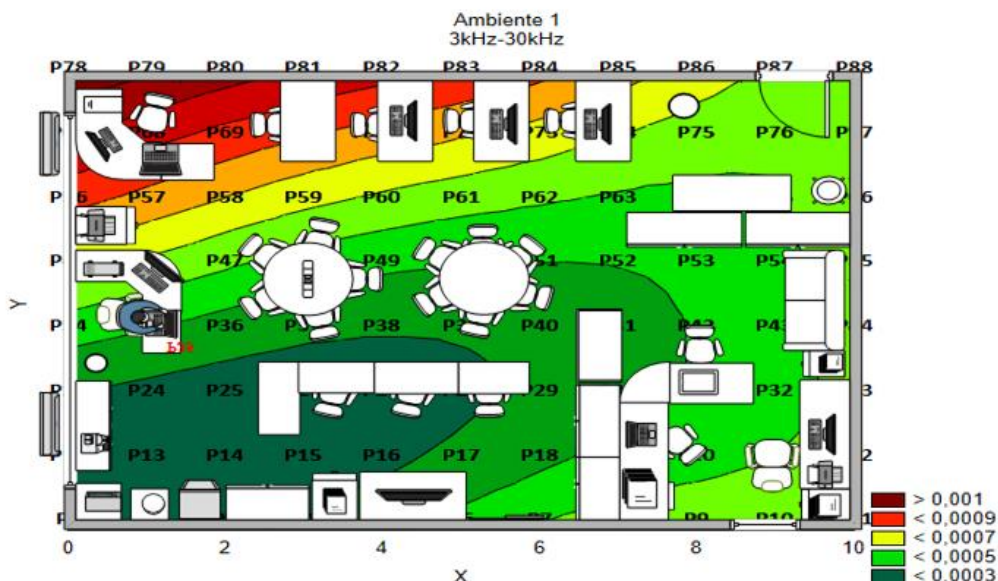


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.1.6 Intervalo de frequência 3kHz-30k Hz

Nesta faixa de frequência é possível observar pelo gráfico 9 que são encontrados os menores níveis de densidades de fluxo magnético mensuradas no ambiente, com variação entre 0,0003 μ T e 0,001 μ 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 9 - Ambiente 1/ Faixa de 3kHz-30kHz



Fonte: Dados da pesquisa (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 μ 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 50 cm 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 encontrado próximo 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 à 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 proposto 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 Europeia EN 50279, concluíram que os níveis de RNI medidos eram inferiores aos padrões adotados para análise comparativa.

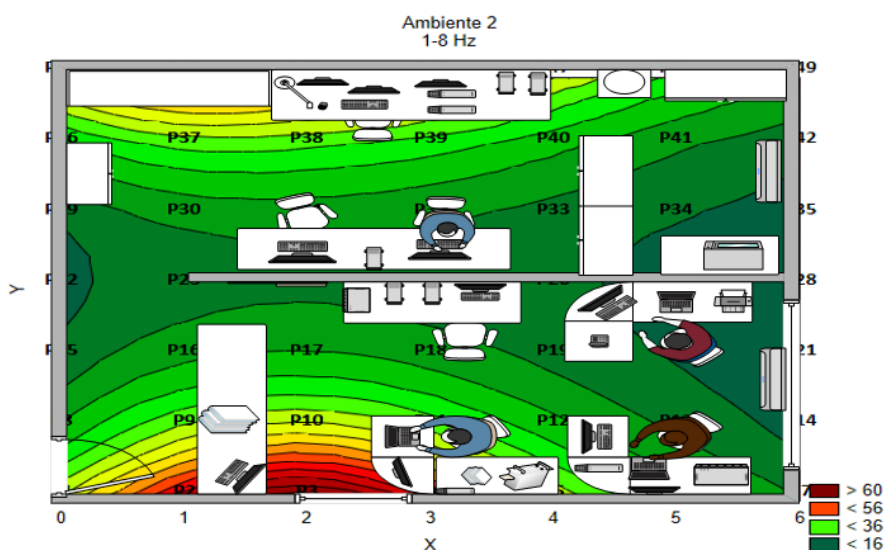
Do mesmo modo ocorre com os estudos de Baltrenas; Buckus; Vasarevicius (2011) realizaram medições da RNI tendo como fonte da densidade de fluxo magnético computadores, e comparando com a norma *Technin_ Norma TN 01:10998 Displejai- (Lithuania)*, obtiveram níveis inferiores ao estabelecido na norma adotada. 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 à 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 recomendado pela ICNIRP.

5.2.2 Ambiente 2

5.2.2.1 Intervalo de frequência 1-8 Hz

As medições da densidade de fluxo magnético nos ambientes seguiram o mesmo padrão de mapeamento, obedecendo às 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 μT e os pontos P20-22, P27-28, P35 representam os locais de menores níveis de densidade de fluxo magnético, com valores inferiores a 16 μT .

Gráfico 10 - Ambiente 2/ Faixas 1-8Hz

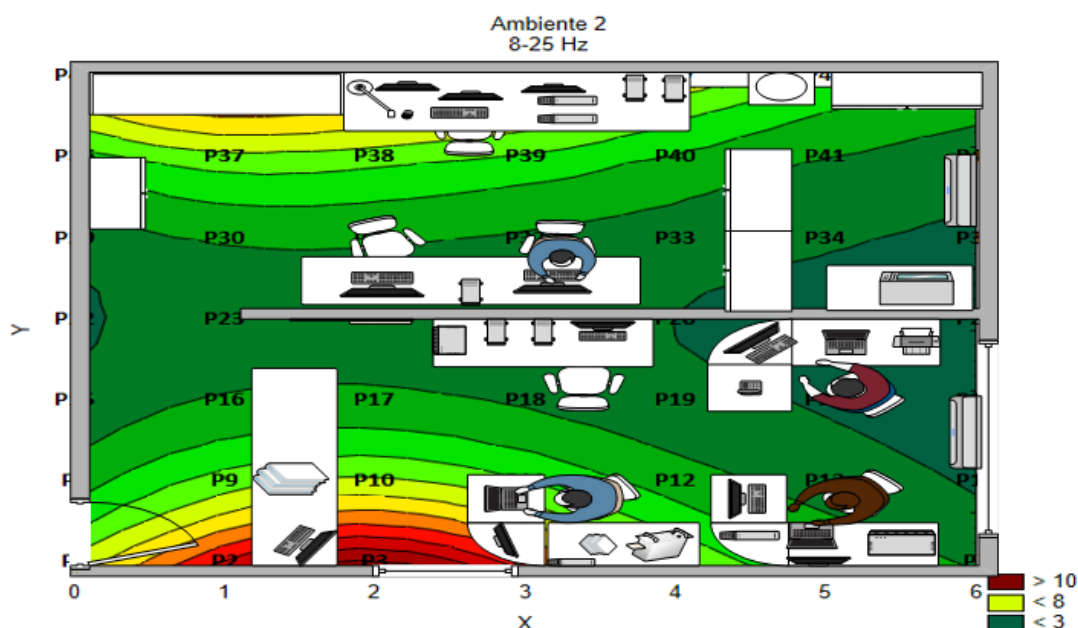


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.2.2 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 μ T a 10 μ T. Conforme apresenta o gráfico 11, 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 11 - Ambiente 2/ Faixa de 8-25 Hz

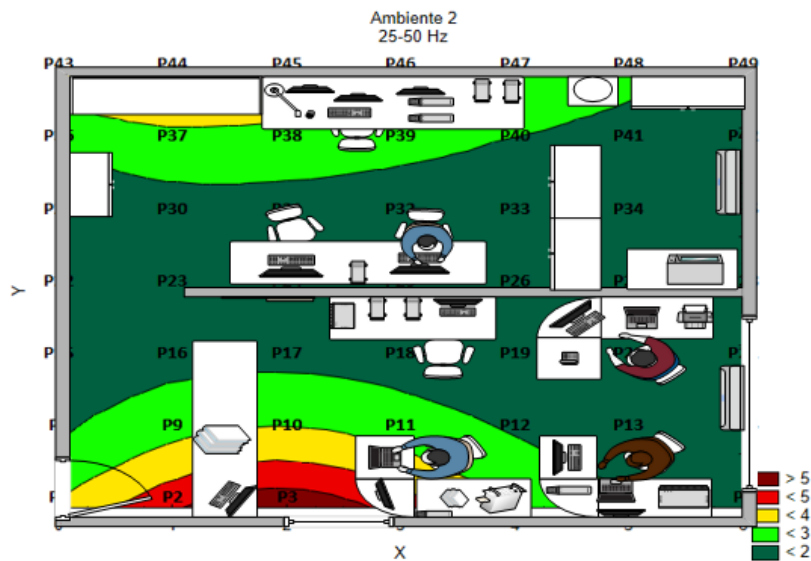


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.2.3 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 μ T e 5 μ T, conforme apresentado no gráfico 12. 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 12 - Ambiente 2/ Faixa de 25-50Hz

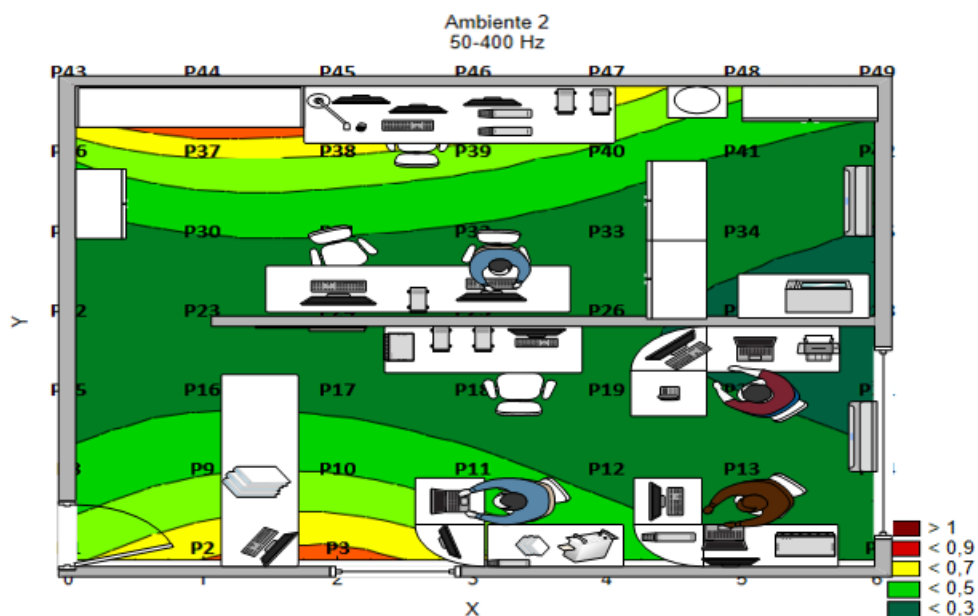


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.2.4 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 13 - Ambiente 2/ Faixa 50-400Hz

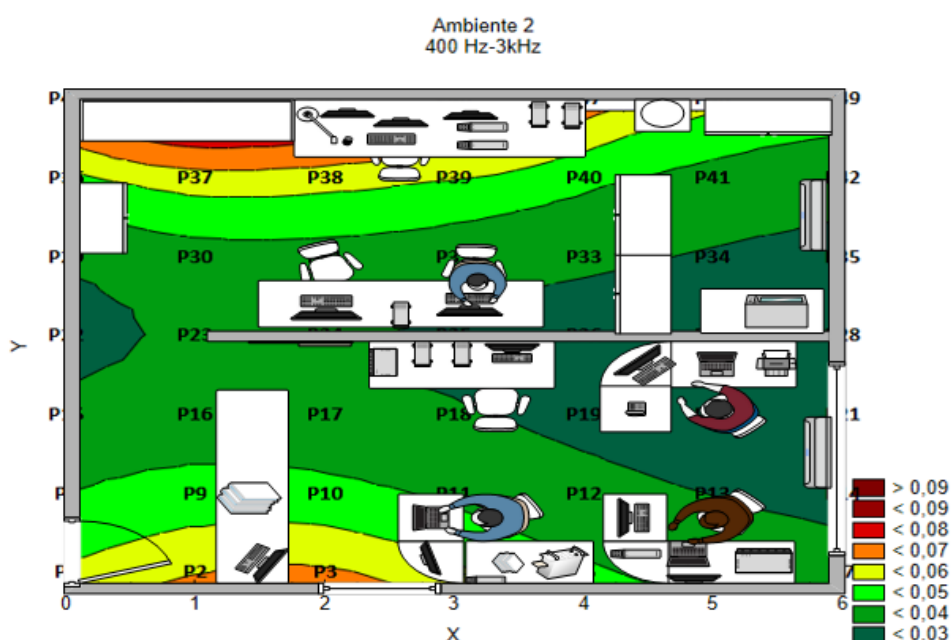


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.2.5 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 μ T e 0,09 μ 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 14 - Ambiente 2/ Faixa 400Hz-3kHz

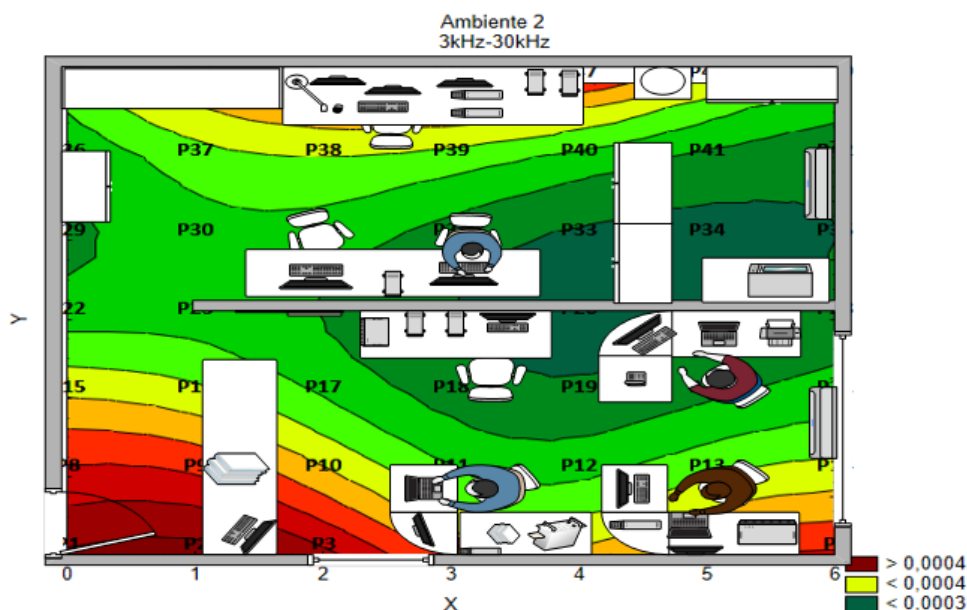


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.2.6 Intervalo de frequência 3 kHz-30kHz

Neste intervalo de frequências é possível perceber, pela escala do gráfico 15, que não há uma variação grande entre as densidades de fluxo magnético. Os intervalos entre uma cor e outra são de 0,0001 μ T, com valores inferiores a 0,0003 μ T e superiores a 0,0004 μ T. Consequentemente, desconsidera-se a análise de forma pontual para esse intervalo.

Gráfico 15 - Ambiente 2/ Faixa de 3kHz-30kHz



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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 Bródio (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 à 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 à região mais próxima de uma janela que comunica um ambiente lateral à 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

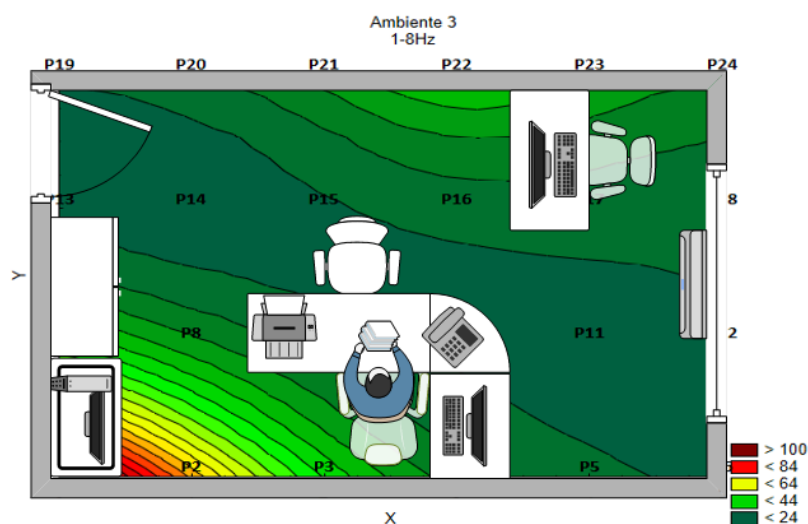
reforçado pelos estudos de Bellieni *et al.* (2012) que realizaram medições das intensidades dos campos magnéticos emitidos por notebooks e analisaram seguindo os padrões da ICNIRP então concluíram que todas as medidas estavam dentro do padrão estabelecido. Outros estudos utilizando diretrizes e normatizações 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).

5.2.3 Ambiente 3

5.2.3.1 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 16.

Gráfico 16 - Ambiente 3/ Faixa 1-8Hz



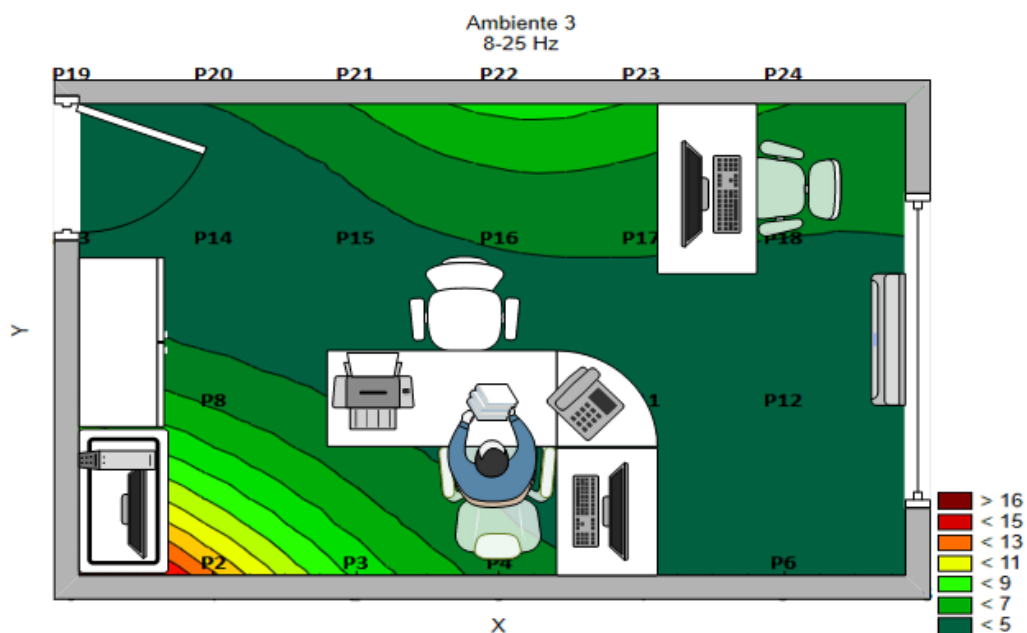
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.3.2 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 17.

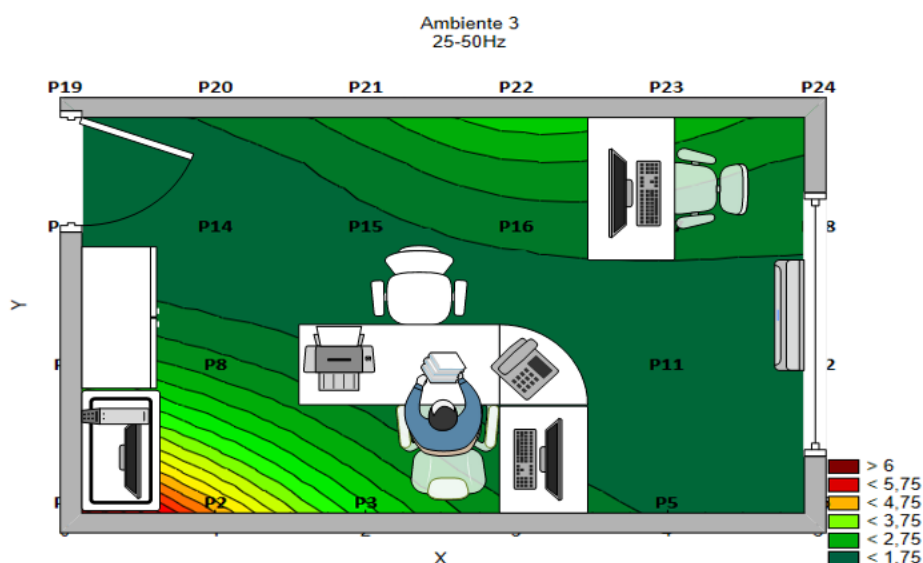
Gráfico 17 - Ambiente 3/ Faixa 8-25Hz



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.3.3 Intervalo de frequência 25-50 Hz

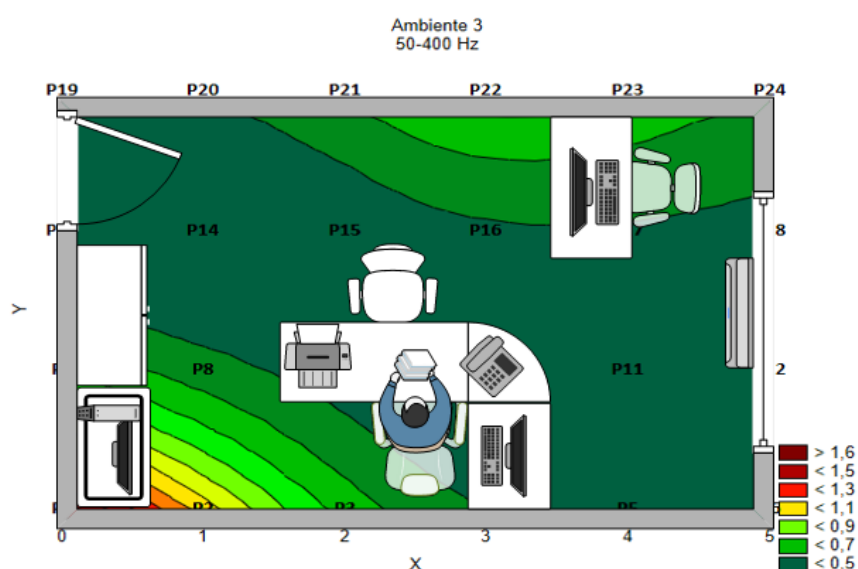
Percebe-se neste intervalo de faixas de frequências que a variação da densidade de fluxo magnético apresenta níveis inferiores a $1,75 \mu T$ e superiores a $6 \mu T$. Como apresentado no gráfico 18, os pontos P1-2 representam os maiores níveis de densidade de fluxo magnético e os pontos P10-15 retratam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

Gráfico 18 - Ambiente 3/ Faixa 25-50Hz

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.3.4 Intervalo de frequência 50-400 Hz

Constata-se pelo gráfico 19 que esse intervalo das faixas de frequências para o Ambiente 3 apresenta uma variação da densidade de fluxo magnético de 0,5 μT e 1,6 μT . 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 μT . Os demais pontos apresentam menores níveis de densidade de fluxo magnético.

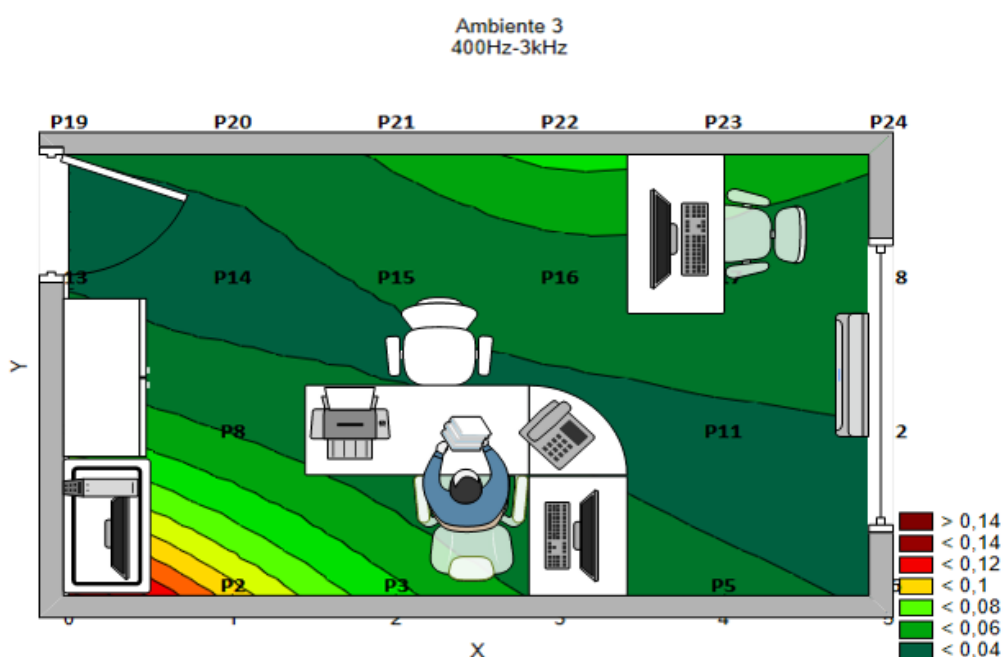
Gráfico 19 - Ambiente 3/ Faixa 50-400Hz

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.3.5 Intervalo de frequência 400 Hz- 3 kHz

A variação dos níveis de densidade de fluxo magnético para esse intervalo consta de 0,04 μT e 0,14 μT . 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 20.

Gráfico 20 - Ambiente 3/ Faixa 400Hz-3kHz

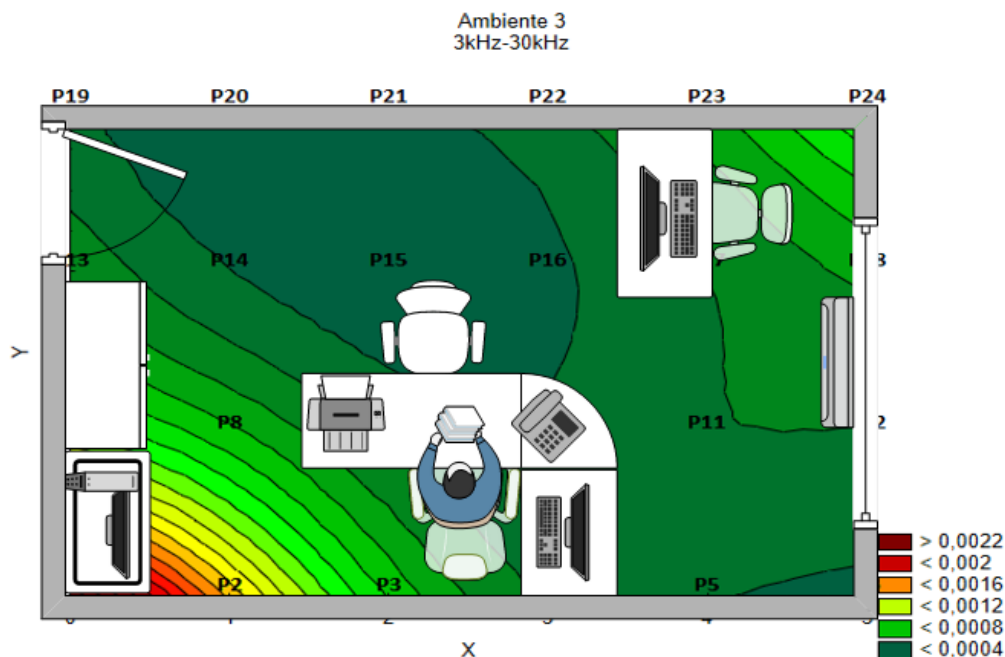


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.3.6 Intervalo de frequência 3 kHz-30 kHz

Esse intervalo de faixas de frequências tem variação de níveis de densidade de fluxo entre 0,0004 μT e 0,0022 μT . 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 21.

Gráfico 21 - Ambiente 3/ Faixa 3kHz-30kHz



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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 Kanapekas *et al.* (2007) realizado em 42 salas, adotou 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 à medida que a distância em relação à fonte de campo magnético aumenta, o campo magnético medido diminui.

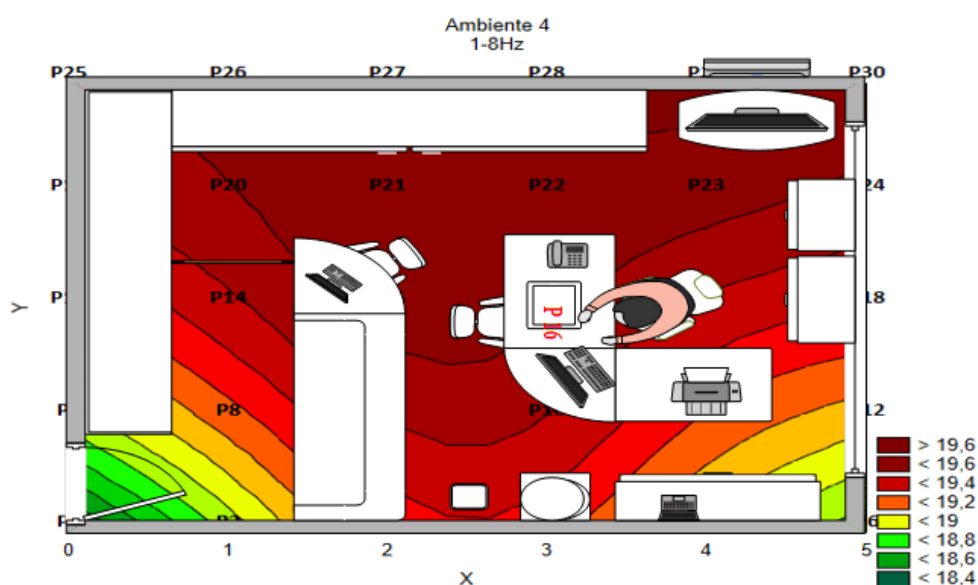
Quanto aos limites de exposição estabelecidos pela ICNIRP (2010), as medições não apresentaram densidades de fluxo magnético superiores ao acatado como valores de densidade seguros para a exposição do público geral e ocupacional. Confirmando os estudos de Kanapecas *et al.* (2007), eles adotaram como 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.

5.2.4 Ambiente 4

5.2.4.1 Intervalo de frequência 1-8 Hz

O ambiente 4 representa o último local analisado com variação de níveis de densidade de fluxo magnético entre $18,4\mu\text{T}$ e $19,6\mu\text{T}$. Dessa maneira, apresenta uma variação pequena, entre os maiores e menores níveis de densidade de fluxo magnético. Pelo gráfico 22, 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 22 - Ambiente 4/ Faixa 1-8Hz

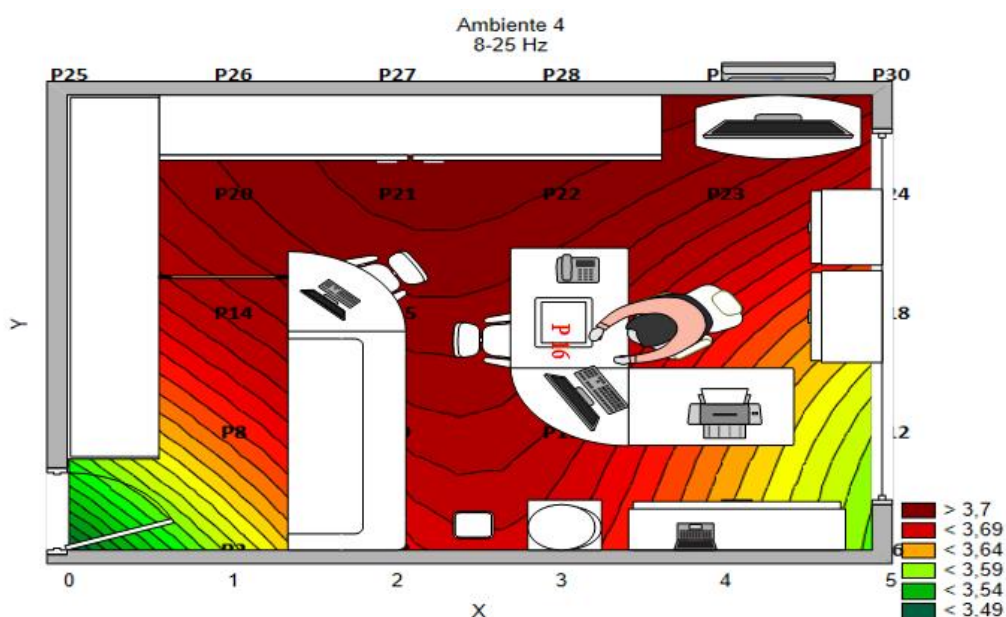


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.4.2 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 23, a maioria dos pontos continua 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 23 - Ambiente 4/ Faixa 8-25Hz

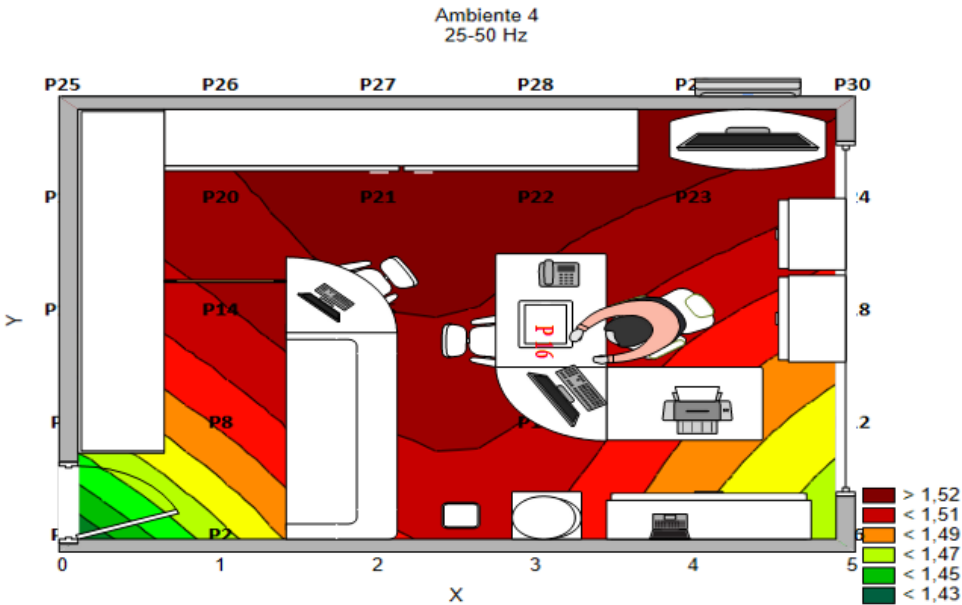


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.4.3 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 $1,43 \mu\text{T}$ e $1,52 \mu\text{T}$. 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 24.

Gráfico 24 - Ambiente 4/ Faixa 25-50Hz

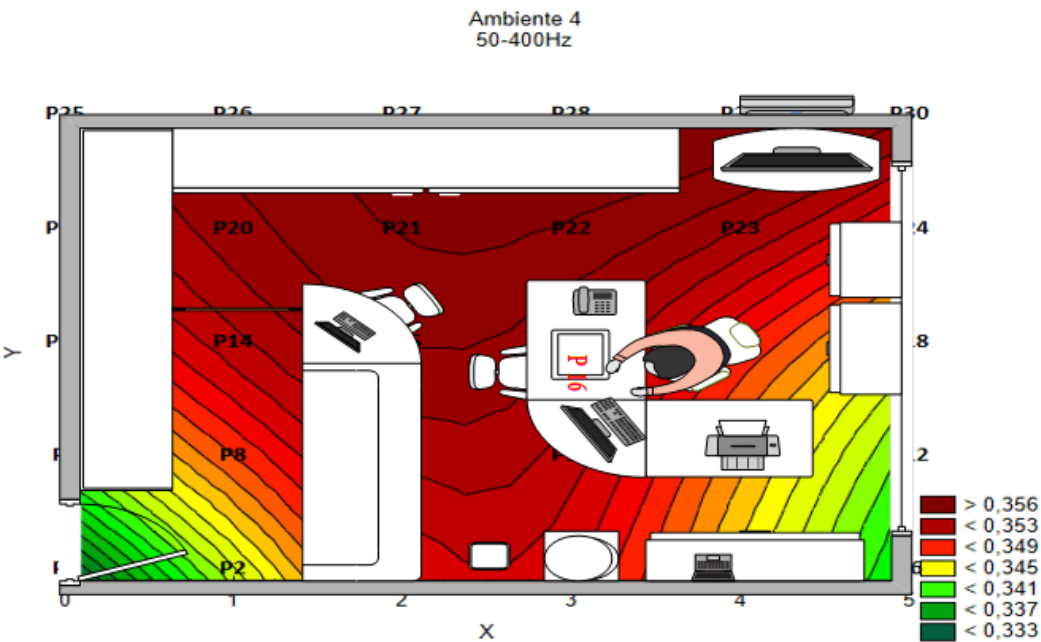


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.4.4 Intervalo de frequência 50-400 Hz

Da mesma maneira que foi observada 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 μ T e 0,35 μ T, de acordo com o gráfico 25.

Gráfico 25 - Ambiente 4/ Faixa de 50-400Hz

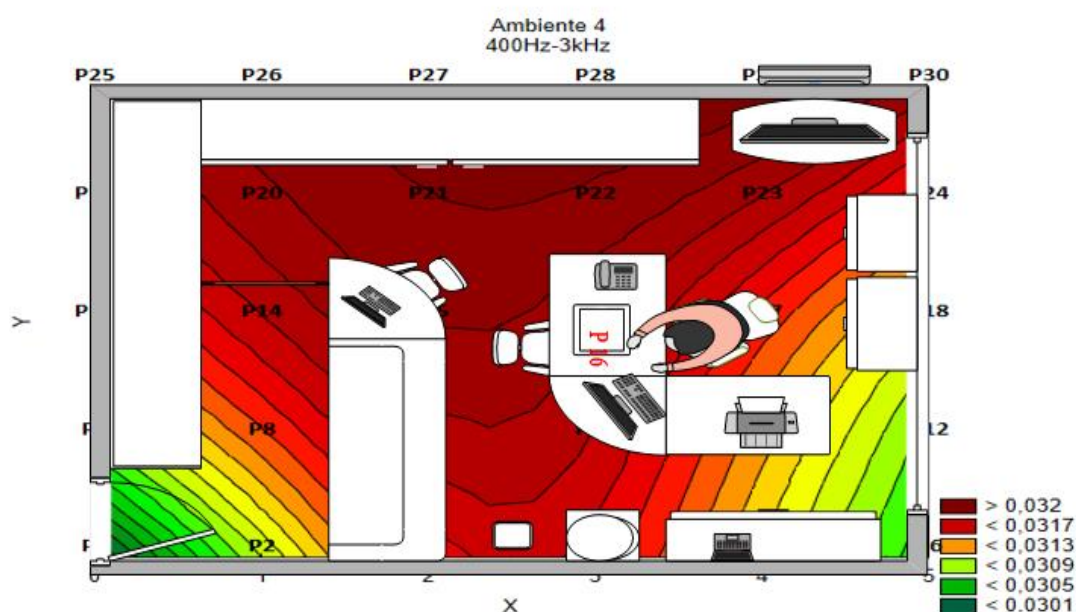


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.4.5 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 26, os níveis de densidade de fluxo magnético variam entre 0,030 μ T e 0,032 μ T. Mantendo os pontos P1-2, P5-7, P11-12 e P18 como a localização dos menores níveis de densidade de fluxo magnético.

Gráfico 26 - Ambiente 4/ Faixa 400Hz-3kHz

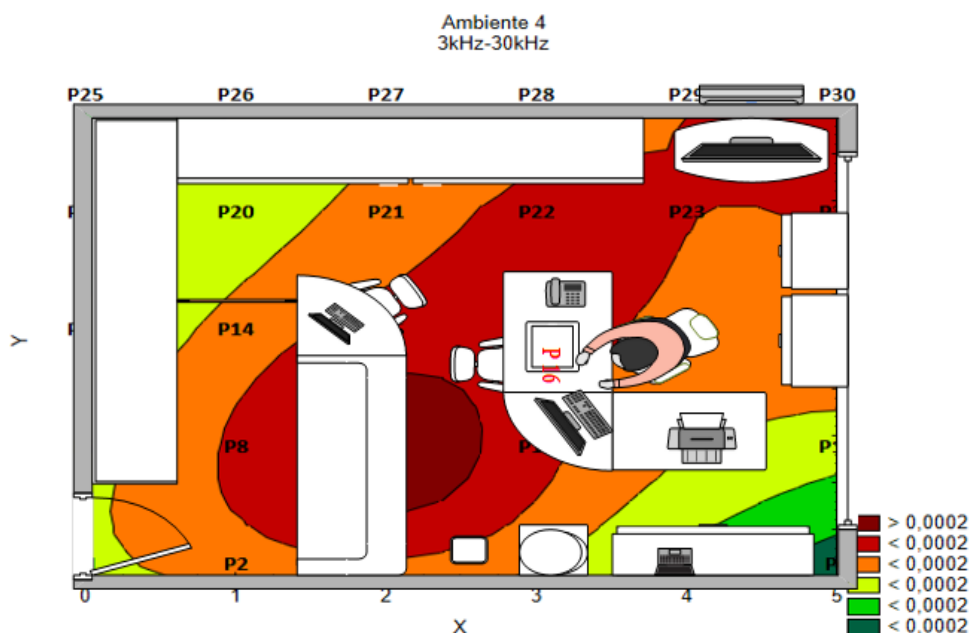


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.2.4.6 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 μ T e 0,00036 μ T para o ambiente 4, conforme apresentado no gráfico 27. Dessa maneira, foi observado um desvio padrão de 0,000032 μ T entre os pontos de medição, o que explica a variação apresentada na visualização gráfica.

Gráfico 27- Ambiente 4/ Faixas de 3kHz-30kHz



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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.

5.3 ANÁLISE DA OSCILAÇÃO DOS NÍVEIS DE RNI ENTRE OS AMBIENTES

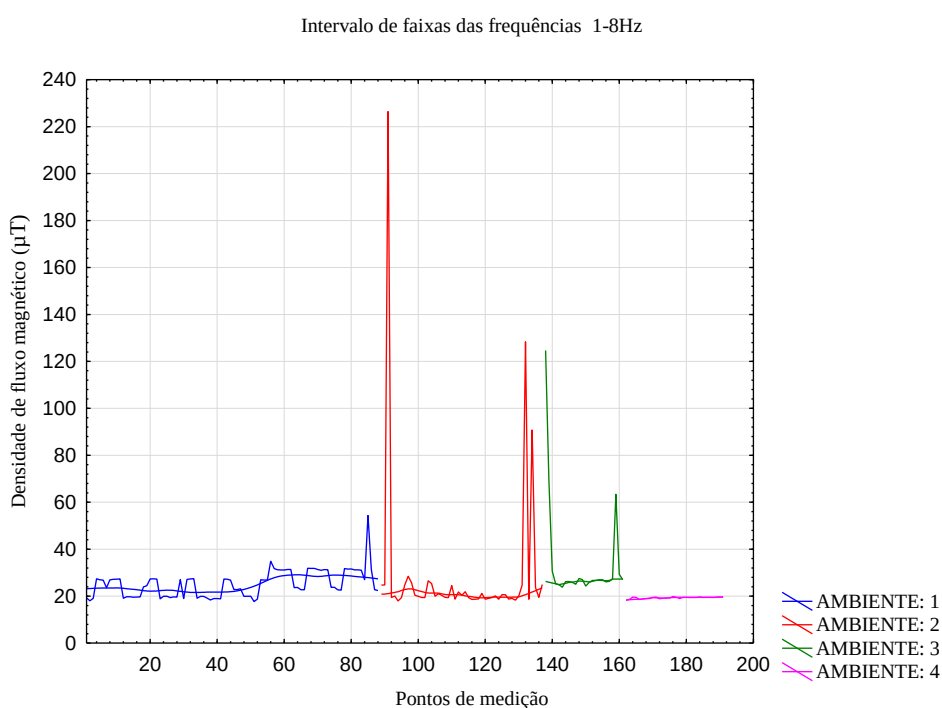
Em atenção às características de cada ambiente, como o *layout*, tamanho de área, concentração de equipamentos, se faz necessária uma análise comparativa entre os ambientes a fim de verificar qual deles apresenta maior oscilação dos níveis de RNI nos ambientes de acordo com os intervalos das faixas de 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 à 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.

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

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

Gráfico 28 - Oscilação dos níveis de RNI/ 1-8Hz

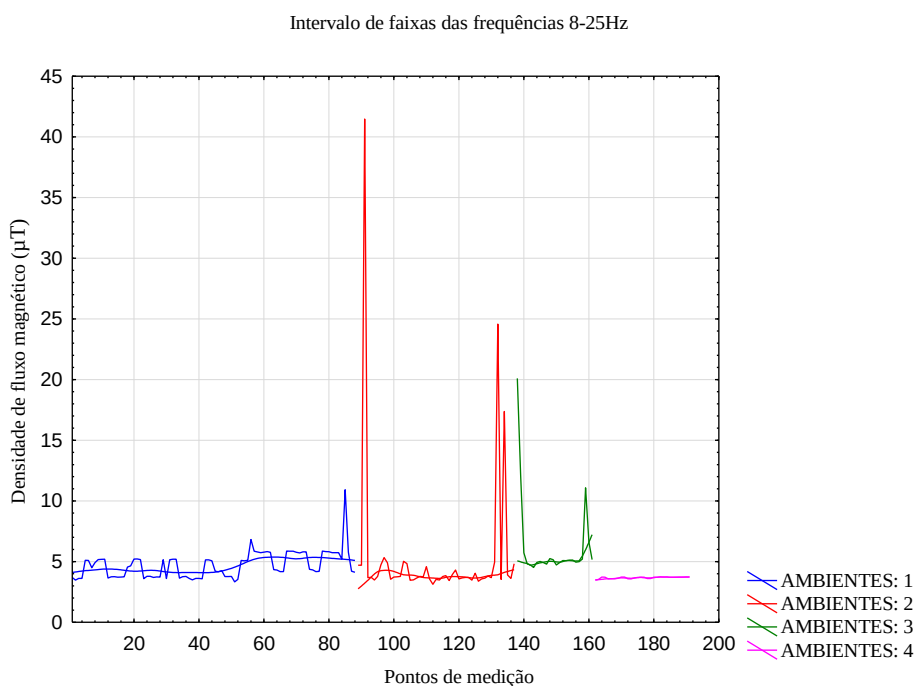


Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.3.2 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 μT e 11 μT . Constata-se uma oscilação entre 4 μT e 42 μT para o ambiente 2. No ambiente 3, tem-se uma oscilação entre 5 μT e 21 μT . E o ambiente 4 concentra-se em 4 μT sem oscilação aparente para a escala gráfica que representa a densidade de fluxo magnético. Portanto, o ambiente 2 apresenta as maiores oscilações.

Gráfico 29 - Oscilação dos níveis de RNI / 8-25Hz



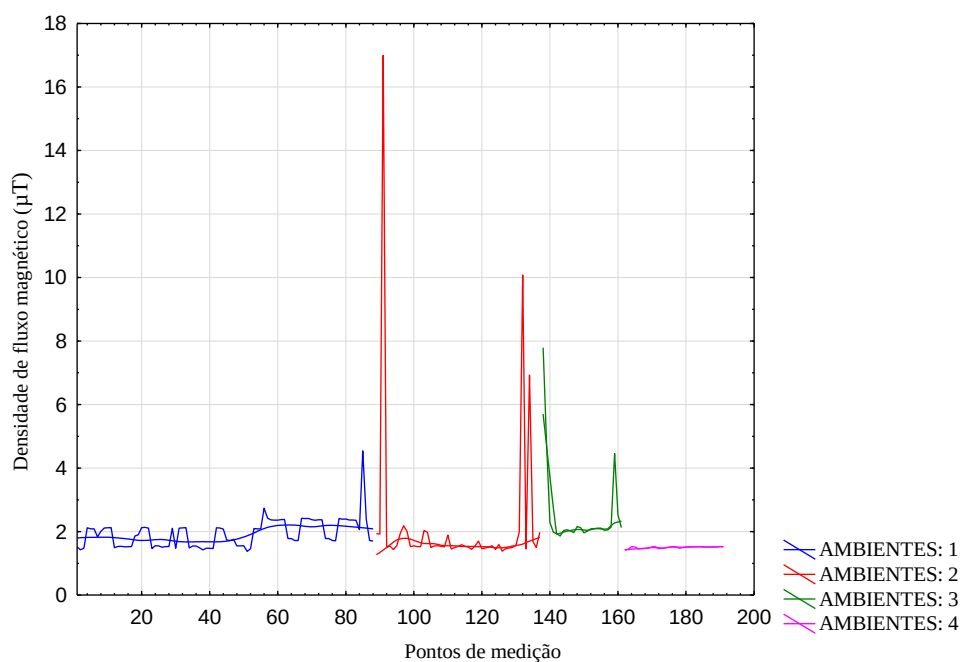
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.3.3 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 μT e 5 μT . Observa-se uma oscilação entre 1,5 μT e 17 μT para o ambiente 2. Ao mesmo tempo que, para o ambiente 3, tem-se uma oscilação entre 2 μT e 8 μT . E para o ambiente 4 não é observada oscilação para essa escala gráfica utilizada, representando densidade de fluxo magnético em 2 μT . Por conseguinte, tem-se que o ambiente 2 demonstra as maiores oscilações entre os pontos de medição.

Gráfico 30 - Oscilação dos níveis de RNI/25-50Hz

Intervalo de faixas das frequências 25-50Hz



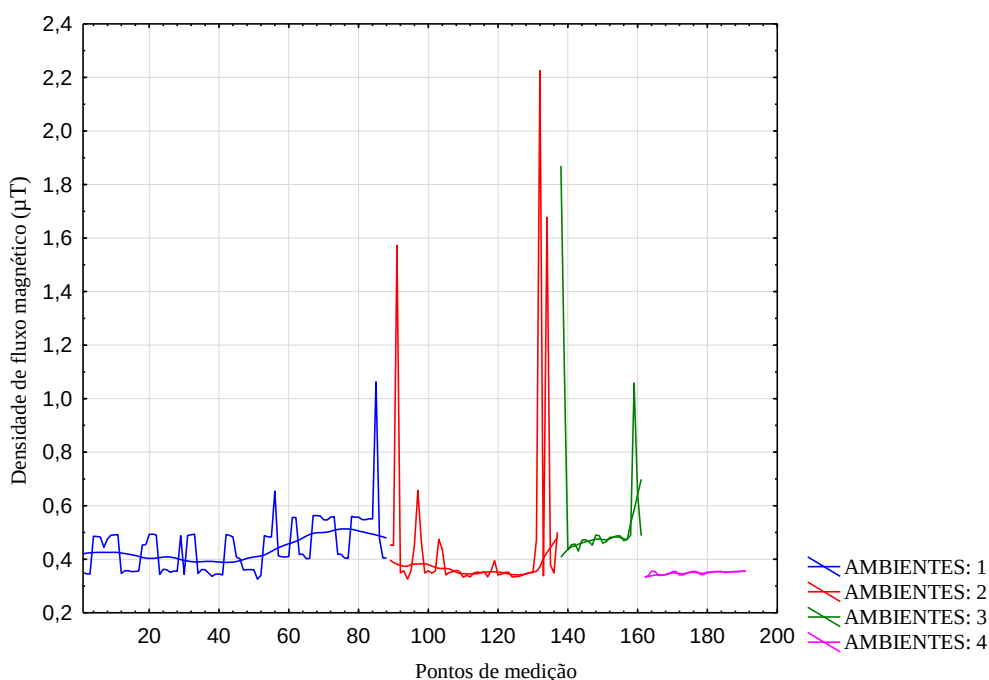
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.3.4 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 31 - Oscilação dos níveis de RNI/ 50-400Hz

Intervalo de faixas das frequências 50-400Hz



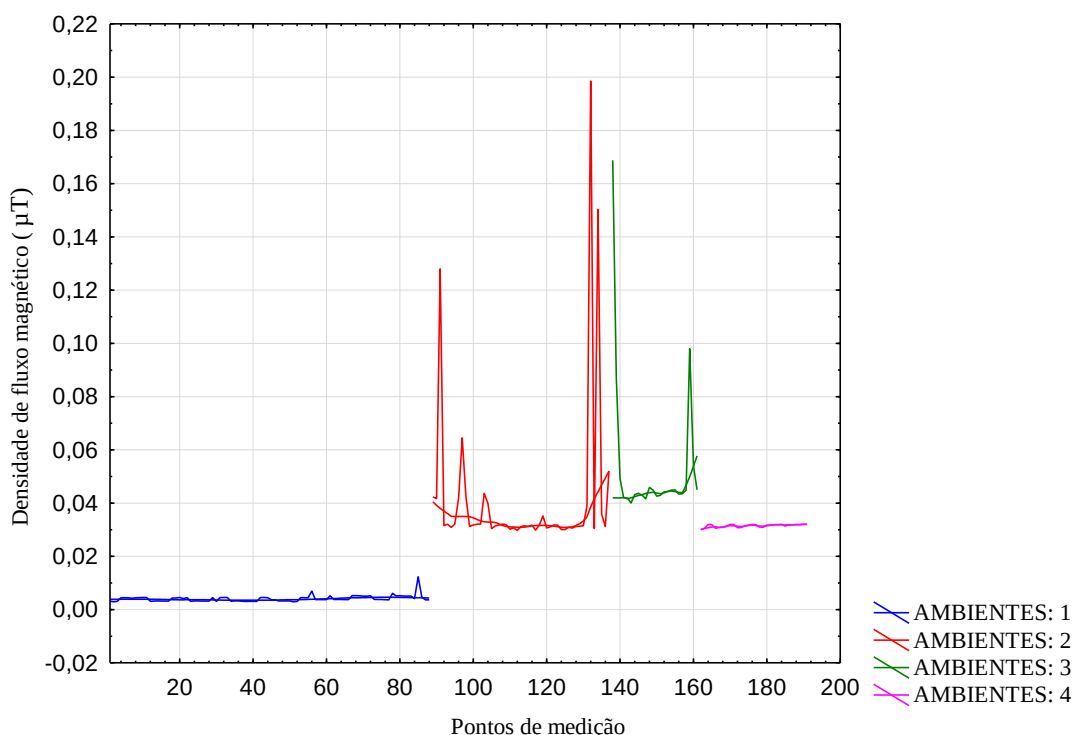
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.3.5 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 μT e 0,01 μT . O ambiente 2 apresentou oscilação entre 0,03 μT e 0,20 μT . Para o ambiente 3 foram observadas oscilações acima de 0,04 μT e inferiores a 0,17. E o ambiente 4 manteve valores da densidade de fluxo magnético de 0,03 μT . Então, o ambiente 2 apresentou as maiores oscilações entre os pontos de medição.

Gráfico 32 - Oscilação dos níveis de RNI/ 400Hz-3kHz

Intervalo de faixas das frequências 400Hz-3kHz



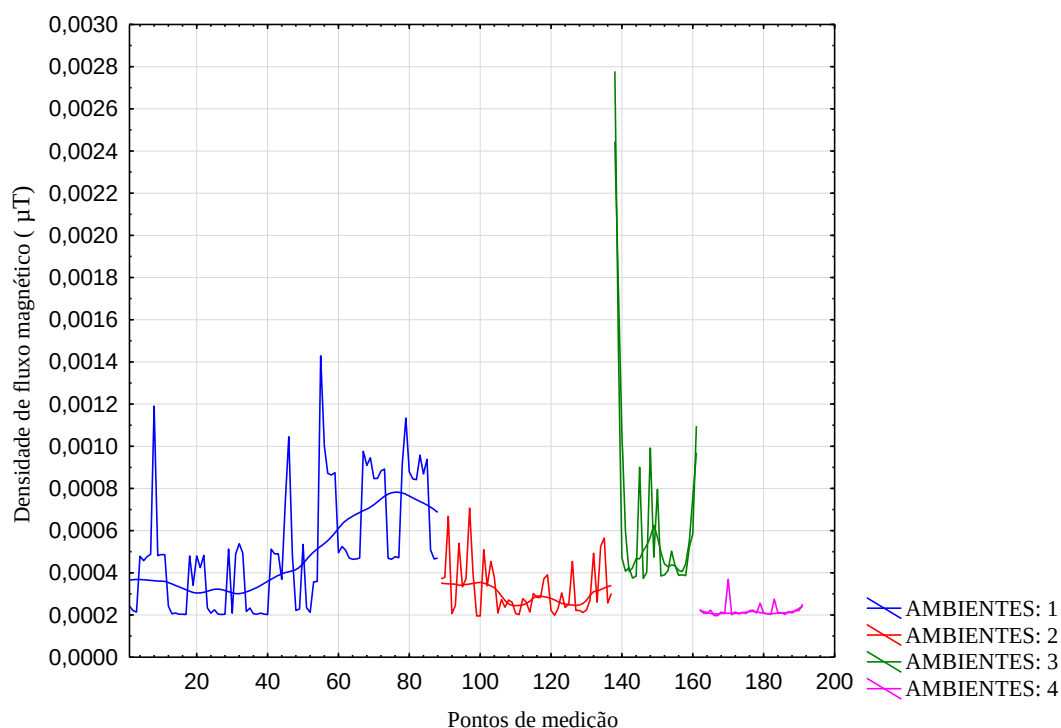
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.3.6 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 33 - Oscilação dos níveis de RNI/ 3kHz-30kHz

Intervalo de faixas das frequências 3kHz-30kHz



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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 ocorrem com relação à 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 Kanapecas *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).

5.4 DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA DOS NÍVEIS DE RNI

Devido às particularidades de cada ambiente, como área, *layout*, concentração de equipamentos e variações da densidade de fluxo magnético mensuradas, se faz necessário uma análise mais específica 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 13 correspondentes a localização do funcionário de acordo com o ambiente de trabalho.

Quadro 13 - Pontos de localização dos funcionários por ambiente

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

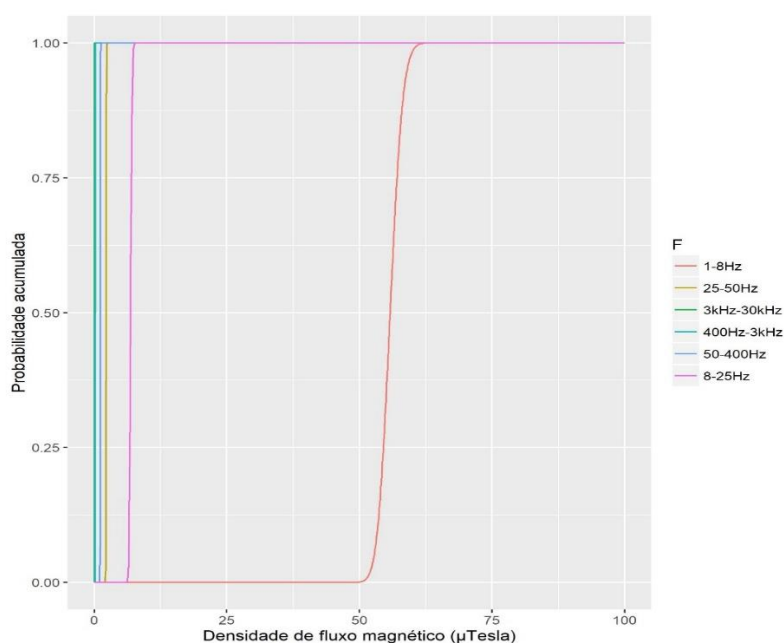
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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

5.4.1 Distribuição acumulada P35

Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 1 e verifica-se, no gráfico 34, 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 μ T- 59 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 5 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 3 μ T.

Gráfico 34 - Distribuição acumulada P35



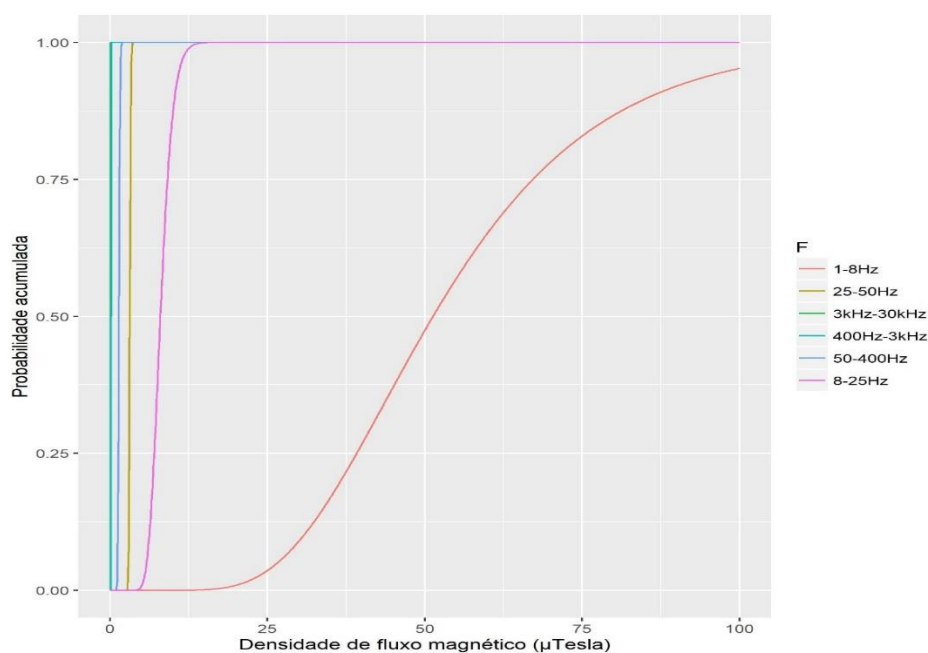
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.4.2 Distribuição acumulada P11

Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 2, é possível observar no gráfico 35, 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 μT .

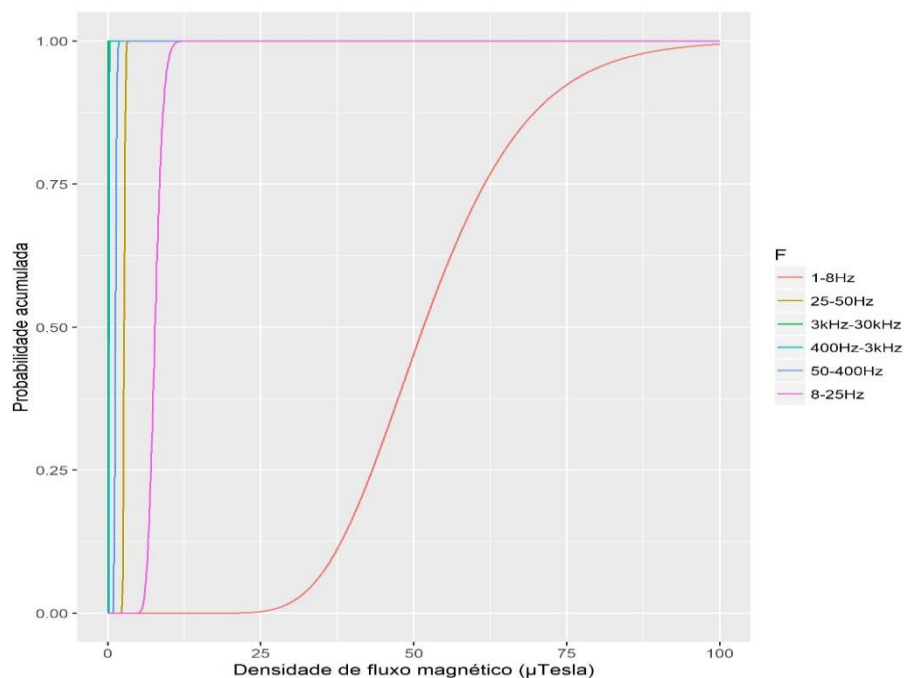
Gráfico 35 - Distribuição acumulada P11



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.4.3 Distribuição acumulada P13

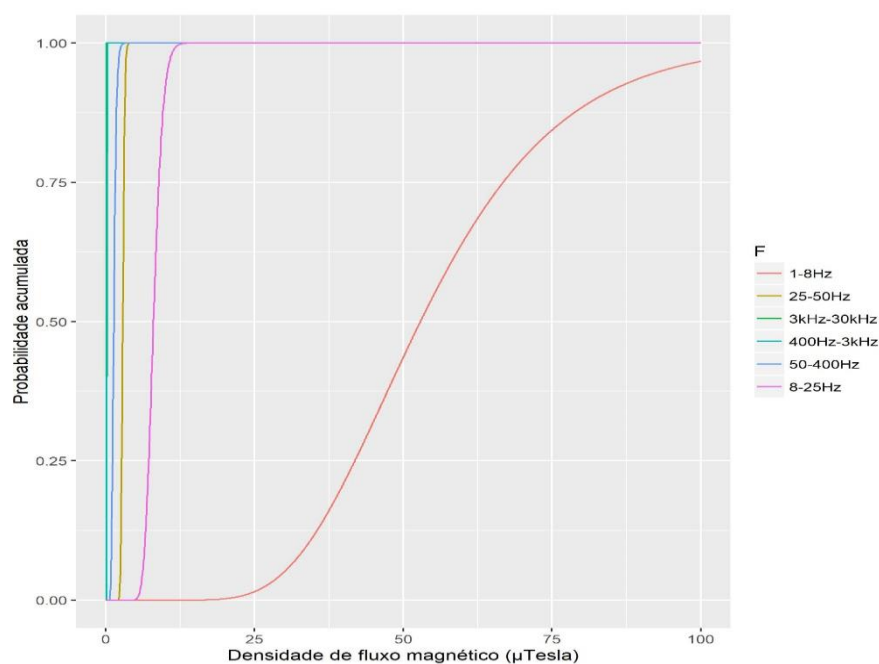
Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 2, pode-se observar no gráfico 36, que as faixas de frequência de 1-8Hz apresentam uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 27 μT - 100 μT . Para a faixa de 8-25Hz, pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de cerca de 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 3 μT - 6 μT . 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 μT .

Gráfico 36 - Distribuição acumulada P13

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.4.4 Distribuição acumulada P20

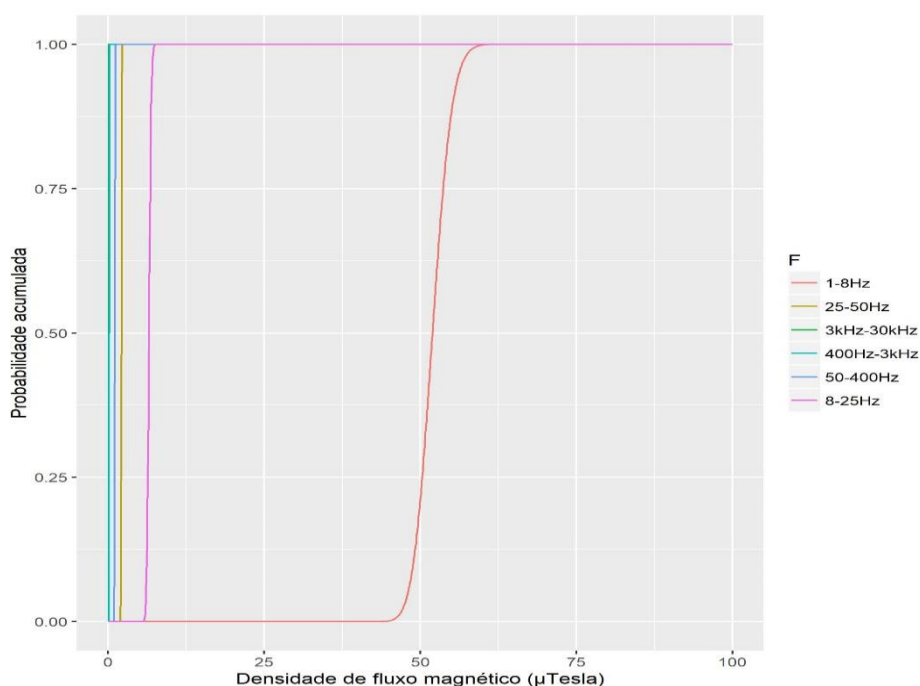
Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 2, pelo gráfico 37, pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 97% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 15μT- 100 μT, para a faixa de 1-8Hz. Para a faixa de 8-25Hz, pode-se observar uma probabilidade de ocorrência 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 37 - Distribuição acumulada P20

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.4.5 Distribuição acumulada P32

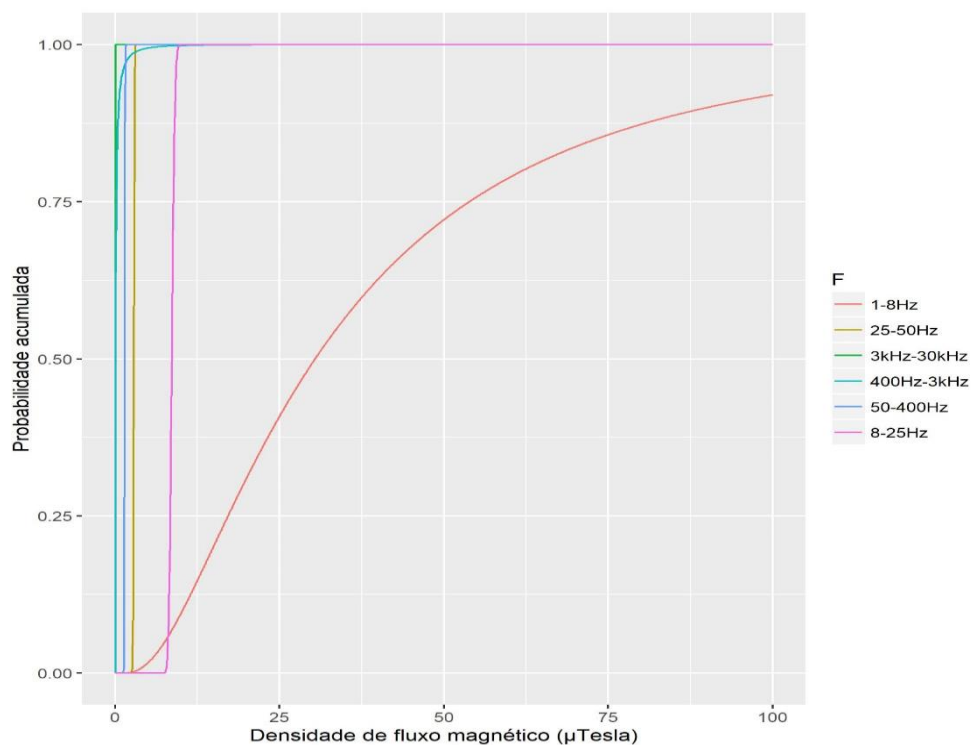
Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 2, para o intervalo das faixas de frequências de 1-8Hz pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 47μT- 54μT. Para a faixa de 8-25Hz, pode-se observar uma probabilidade 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 38.

Gráfico 38 - Distribuição acumulada P32

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

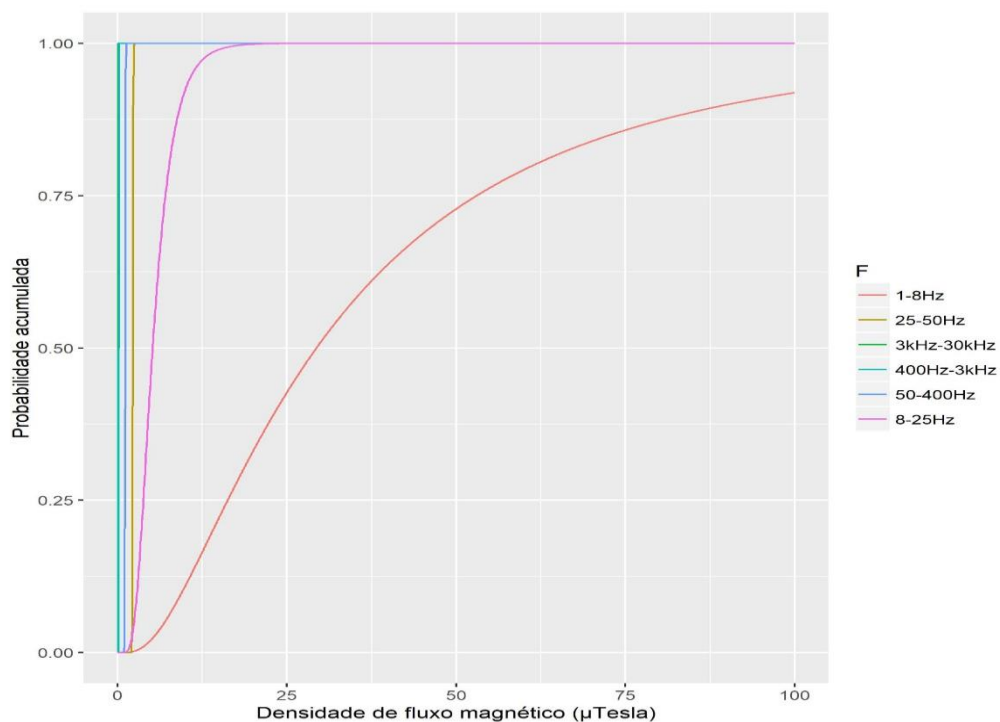
5.4.6 Distribuição acumulada P10

Esse ponto analisado encontra-se no ambiente 3, como pode ser observado no gráfico 39, 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 $2\mu\text{T}$.

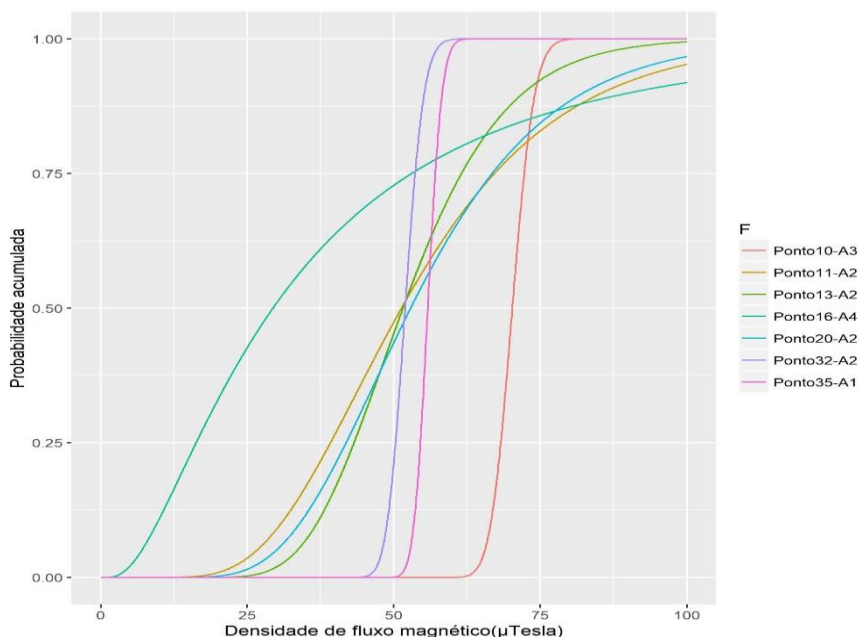
Gráfico 39 - Distribuição acumulada P10

5.4.7 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 μ T- 100 μ T. Pode-se observar uma probabilidade de ocorrência de cerca de 100% de níveis de densidade de fluxo magnético no intervalo de 3 μ T- 18 μ 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 μ T, conforme apresentado no gráfico 40.

Gráfico 40 - Distribuição acumulada P16

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 41.

Gráfico 41- Distribuição acumulada 1-8Hz

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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 μ T-78 μ T. O ponto 11 representa uma probabilidade de aproximadamente 95% para ocorrência de níveis de fluxo magnético no intervalo de 15 μ T-100 μ 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 μ T-100 μ 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 μ T -100 μ 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 μ T-100 μ 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 à exposição, o trabalhador alocado no ambiente 3 pode ser considerado mais exposto, devido à probabilidade de ocorrência de níveis mais altos de densidade de fluxo magnético.

Além disso, considerando os estudos encontrados através do levantamento bibliográfico, têm-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.

5.5 PERFIL DOS TÉCNICOS

5.5.1 Dados pessoais

Os trabalhadores que responderam ao questionário são funcionários concursados da Universidade Federal da Paraíba-UFPB 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 14 - Dados pessoais dos funcionários

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

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

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.5.2 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. Está há pelo menos quatro 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 15 é possível observar todos os resultados aqui descritos e associar o funcionário ao seu respectivo ambiente de trabalho.

Quadro 15 - Histórico profissional dos funcionários

ITEM	F1/ A1	F2/A2	F3/A2	F4/A2	F5/A2	F6/A4	F7/A3
Função atual	Téc. de laboratório	Assist. de tec. da informação	Analista de sistemas	Analista de sistemas	Analista de sistemas	Secretária de pós-graduação	Secretário de graduação
Formação	Pós-graduado	Pós-graduando	Pós-graduado	Pós-graduado	Pós-graduando	Pós-graduando	Graduado
Quantos anos 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 outro local	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. F= Funcionário; A= ambiente

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.5.3 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 faz uso de medicamentos, conforme apresentado no quadro 16.

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 16 - Hábitos de vida

ITEM	F1/ A1	F2/ A2	F3/A2	F4/A2	F5/A2	F6/A4	F7/A3
Prática 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
Possui pressão alta?	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não

Nota: F= Funcionário; A= Ambiente.

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5.5.4 Sintomatologia relatada

Foi elaborado um levantamento de sintomatologias relatadas pelos funcionários, apresentado no quadro 17. Para construção do questionário foram incorporados todos os sintomas analisados na literatura que apresentavam correlação com a exposição a campos eletromagnéticos de extrema baixa frequência e baixa frequência.

Então, ao serem questionados quanto às 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 à 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 às 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.

Quadro 17- Sintomatologia relatada

ITEM	F1/ A1	F2/ A2	F3/ A2	F4/ A2	F5/ A2	F6/A4	F7/ A3	Porcentagem de respostas afirmativas
Cansado/desmotivado?	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	14%
Dores de cabeça?	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	14%
Ardência nos olhos?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	-
Olhos cansados?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	-
Olhos lacrimejam?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	-
Olhos vermelhos?	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	14%
Insônia?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	-
Dificuldade de levantar da cama?	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	43%
Sonolência ao longo do dia?	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	57%
Sente-se estressado?	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	14%
Coceira na pele?	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	14%
Ardência na pele?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	-
Náuseas?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	-
Sente-se mal de saúde?	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	14%
Sente-se esgotado?	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	28%
Momentos de falta de memória?	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	14%

Nota: F= Funcionário; A= ambiente.

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Da construção do perfil do funcionário incluído na presente 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.

Demais, com relação à sintomatologia relatada, como se pode observar acima, alguns relatos corroboram com a literatura estudada.

5.6 ANÁLISE DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS

É possível observar que, ao longo dos anos, foram estudados e descritos vários efeitos sobre a saúde associados à exposição à radiação não ionizante. Da mesma forma, verificam-se na maioria dos estudos voltados ao ambiente 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, houve 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 Absortion 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 à 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).

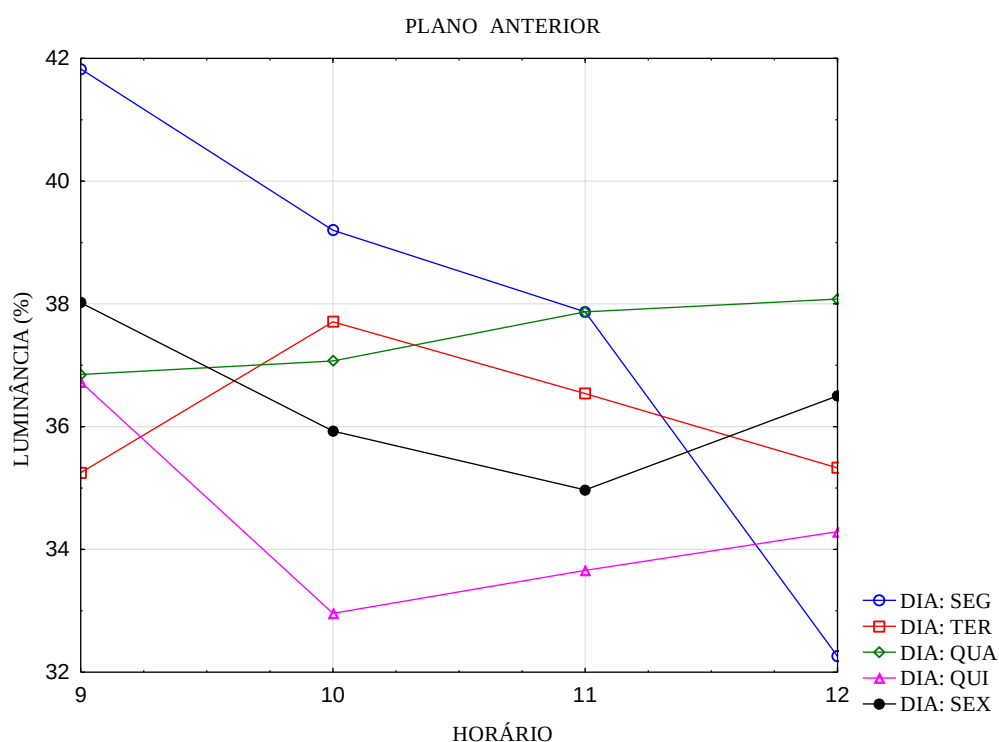
Esse tipo de estudo térmico tem sido amplamente utilizado para caracterizar padrões de temperatura da superfície do corpo no diagnóstico de diversas doenças, e pode representar um instrumento valioso para a análise de fatores biológicos, tecidos e pesquisas fisiológicas referentes ao estudo de produção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

Por último, seguiram-se todos os padrões normativos para obtenção dos termogramas e a coleta foi conduzida de forma que apenas um funcionário foi considerado apto para o estudo. Foram realizadas medições de campo magnético próximo ao funcionário juntamente a obtenção dos termogramas para possibilitar o estabelecimento ou refutação de uma correlação. 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. E, no Apêndice D, é possível observar todos os termogramas e as análises da luminância de forma individual.

O gráfico 42 representa a variação da luminância de acordo com o plano de delimitação corporal anterior.

Gráfico 42 - Variação da luminância no plano anterior



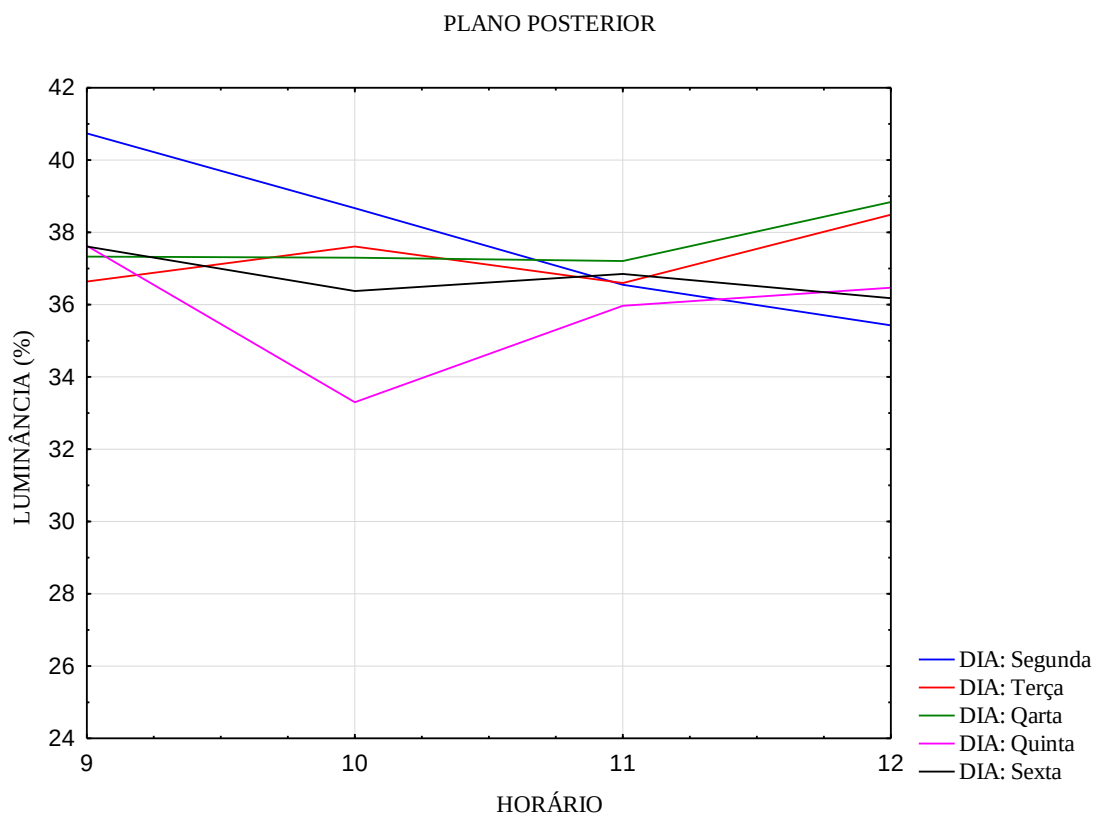
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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 decrescimo 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 43, tem-se a variação da luminância de acordo com o plano de delimitação corporal posterior.

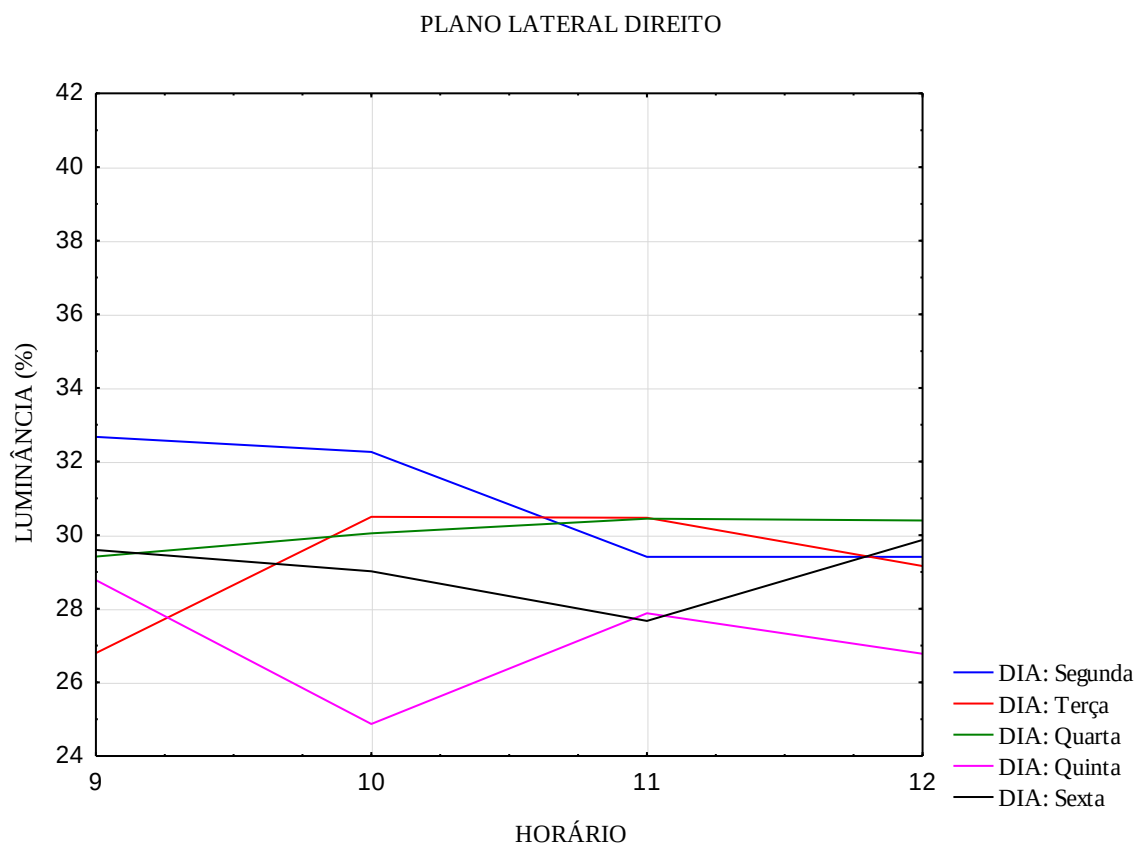
Gráfico 43 - Variação da luminância no plano posterior



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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 observam-se variações com aumentos e diminuições ao longo dos horários de captura das imagens.

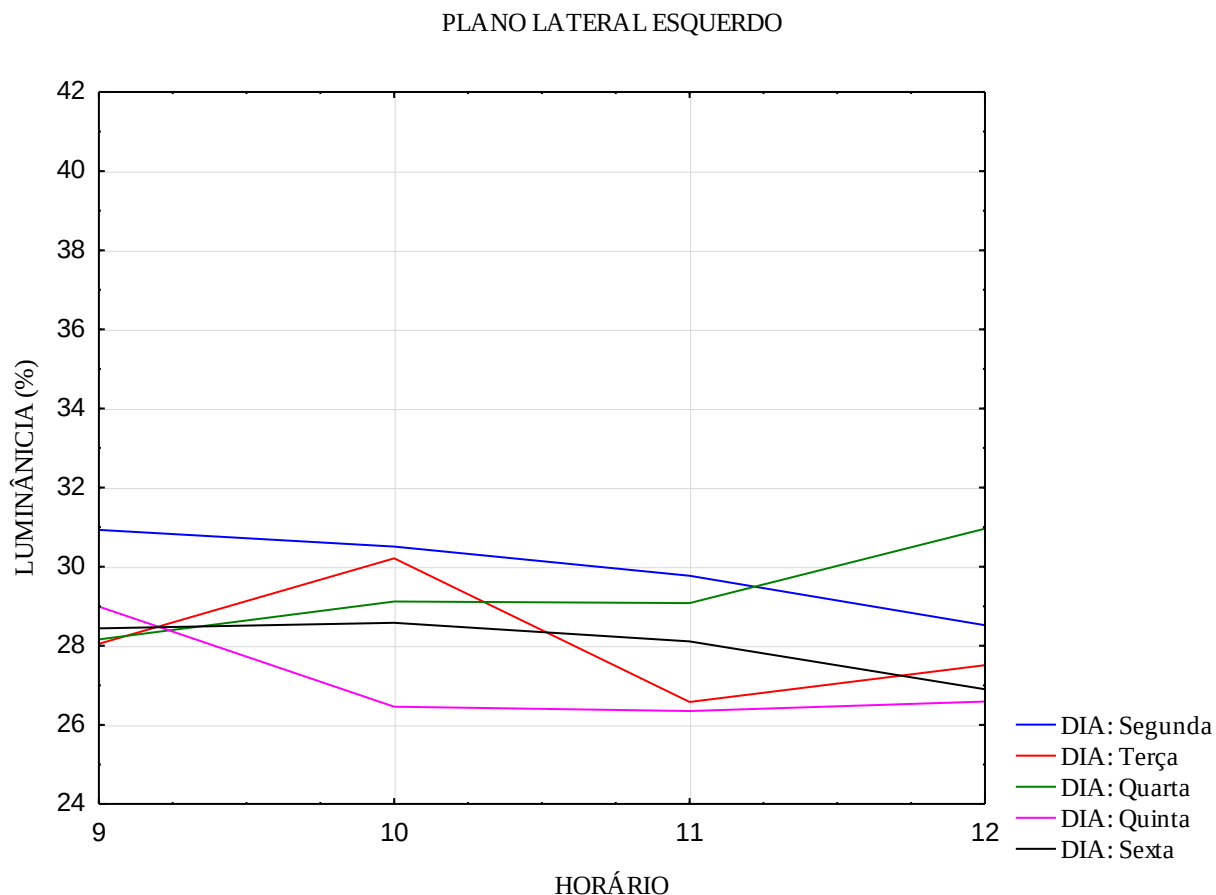
Seguindo com a análise gráfica, percebe-se no gráfico 44 a variação da luminância de acordo com o plano de delimitação corporal lateral direito.

Gráfico 44 - Variação da luminância no plano lateral direito

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Verificam-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 ultimo tem-se a análise gráfica da variação da luminância de acordo com o plano lateral esquerdo de delimitação corporal, podendo ser observada no gráfico 45.

Gráfico 45 - Variação da luminância no plano lateral esquerdo

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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, principalmente 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 18.

Verificou-se que todas as correlações foram fracas com $p\text{-value} < 0,05$. 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 188 - Teste de correlação para as variáveis temperatura e densidade de fluxo magnético

Plano de delimitação corporal	Faixas de frequência					
	1-8Hz	8-25Hz	25-50Hz	50-400Hz	400Hz-3kHz	3kHz-30kHz
Anterior	0,111382	0,055963	0,016551	0,051804	0,073935	-0,189610
Posterior	0,095899	0,050908	0,058202	0,037962	0,049932	-0,074037
Lateral direita	0,262442	0,118567	0,206170	0,230832	0,245567	-0,285206
Lateral esquerda	0,311176	0,159331	0,218323	0,259502	0,269453	-0,106172

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

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 aclimação 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 6- CONCLUSÕES

6.1 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 a 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 podem 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 à 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 nesta dissertação que, em sua maioria, os funcionários enumeram queixas quanto à 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.

6.2 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 alto 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. Principios 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&infoid=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.; KARIPIDIS, Ken. Non-ionizing – Radiation protection. USA: Wiley, cap. 20, p.313-321, 2017.

ESCOBAR-CORDOBA, F.; CHICA-URZOLA, H. L.; CUEVAS-CENDALES, 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: Diagnosis 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.

HOCHANADEL, 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 exposure 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.
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.; CLEMENS, 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.; JANSSEN, 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.; KATULANDA, 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.
- TSAL, 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.

APÊNDICE

do mesmo, não sofrerá nenhum dano. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Assinatura do (a) pesquisador (a) responsável

Considerando, que fui informado (a) dos objetivos e da relevância do estudo proposto, de como será minha participação, dos procedimentos e riscos decorrentes deste estudo, declaro o meu consentimento em participar da pesquisa, como também concordo que os dados obtidos na investigação sejam utilizados para fins científicos (divulgação em eventos e publicações). Estou ciente que receberei uma via desse documento.

João Pessoa, ____ de ____ de ____.

Assinatura do participante ou responsável legal



Impressão dactiloscópica

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

Pesquisador Responsável: Sonaly de Lima Silva

Endereço: Laboratório de Análise do Trabalho – LAT. Departamento de Engenharia de Produção - CT – UFPB. Campus I - Bloco K, 2º andar, Sala 199. João Pessoa – Paraíba.

CEP: 58051-900

Fone: (83) 99621-8035

E-mail: sonalydelima@gmail.com

Ou

Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba Campus I - Cidade Universitária - 1º Andar – CEP 58051-900 – João Pessoa/PB

☎ (83) 3216-7791 – E-mail: eticaccsufpb@hotmail.com

Obs.: O sujeito da pesquisa ou seu representante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL**QUESTIONÁRIO****I-DADOS PESSOAIS:**

1. Gênero: F ☐ M ☐
2. Idade:
3. Estado Civil: Solteiro ☐ Casado ☐ União Estável ☐ Separado/Divorciado ☐ Viúvo ☐

II- HISTÓRICO PROFISSIONAL:

1. Função no atual vínculo empregatício?
2. Quantidade em anos que atua na mesma função?
3. Já trabalhou em outro local com computador como principal ferramenta de trabalho? ☐ Sim ☐ Não
4. Trabalha em outro local? S ☐ N ☐.
5. Carga horária de trabalho:
a) Diária: Até 6h ☐ Até 8h ☐ Até 12h ☐ Mais de 12 ☐
6. Após a jornada de trabalho, quantas horas você utiliza o computador em casa?
7. Formação: Alfabetizado ☐ Ensino fundamental incompleto ☐ Ensino fundamental completo ☐ Ensino Médio incompleto ☐ Ensino médio completo ☐ Graduação incompleta ☐ Graduada ☐ Pós-graduando ☐ Pós-graduado ☐

III- PERFIL DE SAÚDE

1. Pratica esporte ou faz atividade física? Sim ☐ Não ☐
2. É fumante? Sim ☐ Não ☐
3. Faz uso de bebidas alcoólicas? Sim ☐ Não ☐
4. Possui pressão alta? Sim ☐ Não ☐

IV- SINTOMATOLOGIA RELATADA

1. Você está se sentindo cansado/desmotivado? Sim () Não ()
2. Você vem sentindo dores de cabeça? Sim () Não ()
3. Seus olhos ardem durante o trabalho? Sim () Não ()
4. Tem a sensação de olhos cansados, durante o trabalho? Sim () Não ()
5. Seus olhos lacrimejam durante o trabalho? Sim () Não ()
6. Seus olhos ficam vermelhos durante o trabalho? Sim () Não ()
7. Você costuma ter insônia? Sim () Não ()
8. Sente dificuldade de levantar ao acordar? Sim () Não ()
9. Fica sonolento ao longo do dia? Sim () Não ()
10. Ultimamente você tem se sentido nervoso/estressado? Sim () Não ()
11. Possui doença de pele? (Alergia, alteração cutânea, coceira) Sim () Não ()
12. Sua pele apresenta ardência durante o trabalho? Sim () Não ()
13. Você sente náuseas durante o trabalho? Sim () Não ()
14. Às vezes você se sente tão mal a ponto de não conseguir realizar suas atividades? Sim () Não ()
15. Tem a sensação de esgotado? Sim () Não ()
16. Você tem momentos de falta de memória? Sim () Não ()

APÊNDICE C - ANÁLISE DE DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS

ANÁLISE DE DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS DA DENSIDADE DE FLUXO MAGNÉTICO

Foram aplicados testes estatísticos de *Kruskal- Wallis* e de “*comparações múltiplas das médias dos postos*” para análise das diferenças significativas entre as densidades de fluxo magnético dos ambientes. Percebe-se pelos quadros 20 e 21 que há diferença significativa entre as densidades de fluxo magnético de cada ambiente.

Quadro 1 - Resultado do teste de Kruskal-Wallis

Intervalos de faixas de frequências	Valores para o teste Kruskal-Wallis
1-8Hz	H=57,18168; p=0,0000
8-25Hz	H=58,19816; p=0,0000
25-50Hz	H=61,27880; p=0,0000
50-400Hz	H=60,39485; p= 0,0000
400Hz-3kHz	H=153,7374; p=0,0000
3kHz-30kHz	H=54,64921; p=0,0000

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

O quadro 12 apresenta o resultado do teste de “comparações múltiplas das médias dos postos”

Quadro 2 - Teste de "comparações múltiplas das médias dos pontos

AMBIENTES		INTERVALOS DE FAIXAS DE FREQUÊNCIAS					
		1-8Hz	8-25Hz	25-50Hz	50-400Hz	400Hz-3kHz	3kHz-30kHz
1	2	0,00107	0,000166	0,001444	0,000035	0,000000	0,006491
1	3	0,156821	0,103851	0,073892	0,146218	0,000000	0,746437
1	4	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	3	0,000013	0,000001	0,000005	0,000001	0,015181	0,001026
2	4	0,076888	0,370862	0,042234	0,580468	1,000000	0,006279
3	4	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,007853	0,000000

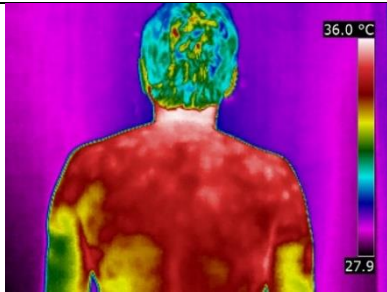
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

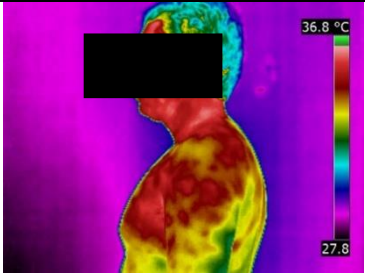
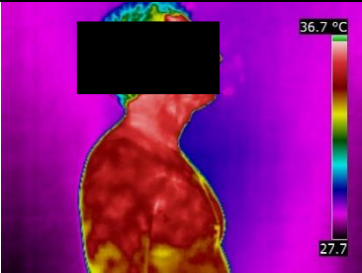
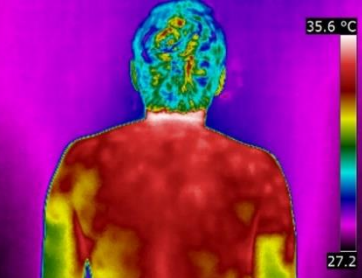
O teste de “comparações múltiplas das médias dos pontos” permite a visualização dos ambientes que apresentam diferenças significativas entre eles. Pelo quadro 2, observa-se que o ambiente 1 apresenta diferença significativa, para todos os intervalos de faixas de

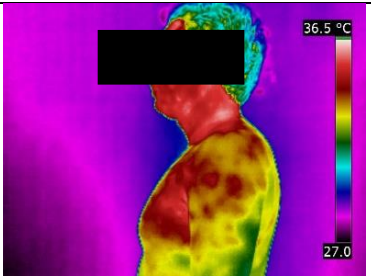
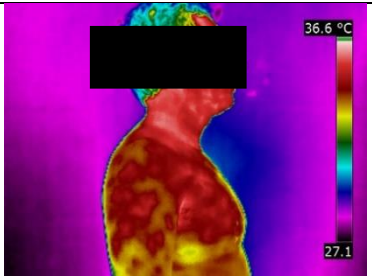
frequências, entre o ambiente 2 e 4. E com o ambiente 3 apresenta diferença significativa para a faixa de frequência de 400Hz-3kHz. Com relação ao ambiente 2 tem-se que apresenta diferença significativa com o ambiente 3 para todos os intervalos de faixas de frequências. E com o ambiente 4 apresenta diferença significativa para os intervalos de faixas de frequência de 50-400Hz e 3kHz-30kHz. Por fim, o ambiente 3 apresenta diferença significativa, para todos os intervalos de faixas de frequências, quando comparado ao ambiente 4.

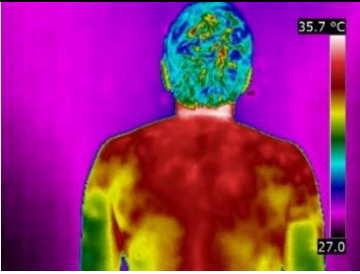
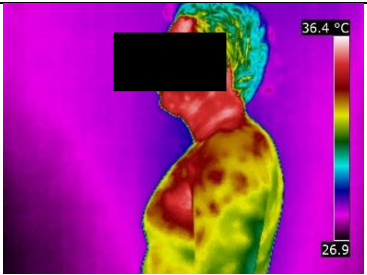
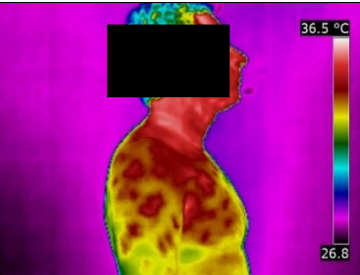
APÊNDICE D - RESULTADO TERMOGRAMAS

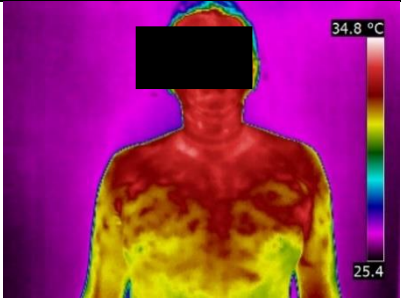
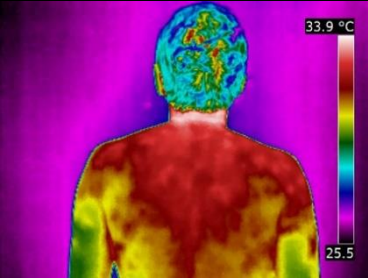
TERMOGRAMAS E SUAS ANÁLISES

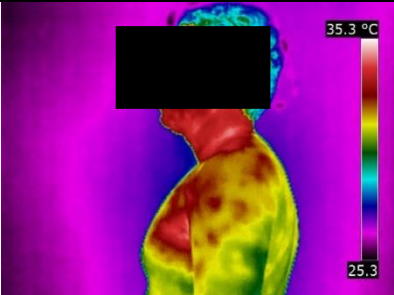
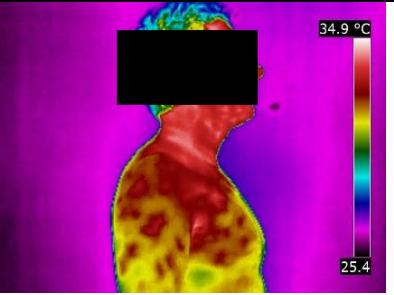
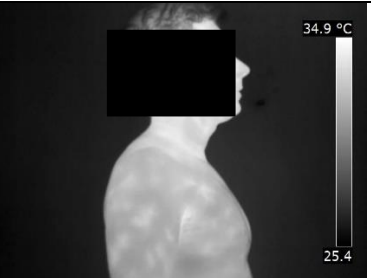
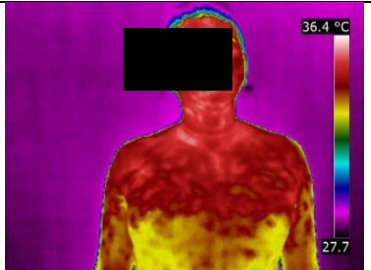
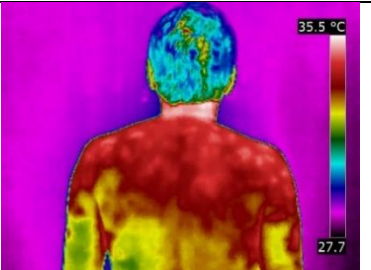
ANÁLISE TERMOGRAMAS				
HORÁRIO	FOTOS E CALCULO ENERGIA		DIÁRIO AMBIENTE	CÁLCULO CAMPO
SEGUNDA FEIRA /9h				
9h	41,83	40,74	6 computadores notebook funcionando normalmente	1-8 Hz: 2,66. 10 ⁻⁵ T 8-25hz: 5,28. 10 ⁻⁶ T 25-50hz: 2,14. 10 ⁻⁶ T 50-400Hz: 4,96. 10 ⁻⁷ T 400-3kHz: 4,59. 10 ⁻⁸ T 3k-30kHz: 3,75. 10 ⁻¹⁰ T
				
				
	30,93	32,67		

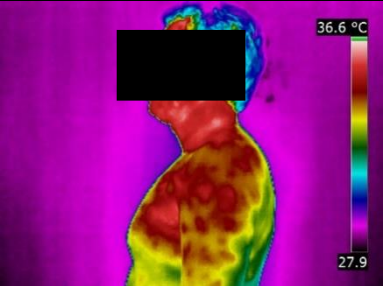
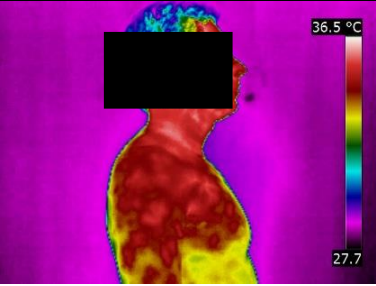
				
				
SEGUNDA FEIRA /10h				
10h	39,20	38,67	6 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,73 \cdot 10^{-5}$ T 8-25Hz: $5,56 \cdot 10^{-6}$ T 25-50Hz: $2,23 \cdot 10^{-6}$ T 50-400Hz: $5,15 \cdot 10^{-7}$ T 400-3kHz: $4,74 \cdot 10^{-8}$ T 3k-30kHz: $3,63 \cdot 10^{-10}$ T
				

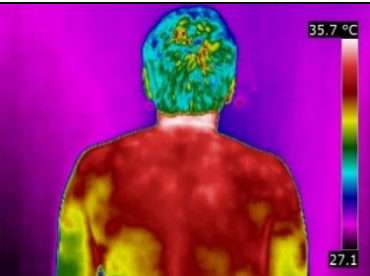
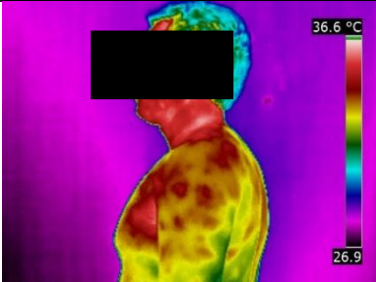
				
	30,51	32,26		
				
				
SEGUNDA-FEIRA/11h				
11h	37,87	36,55	4	1-8Hz: 2,71. 10 ⁻⁵ T

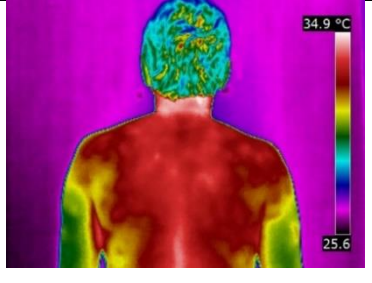
			computadores notebook funcionando normalmente	8-25Hz: $5,51 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 25-50Hz: $2,21 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 50-400Hz: $5,11 \cdot 10^{-7} \text{ T}$ 400-3kHz: $4,70 \cdot 10^{-8} \text{ T}$ 3k-30kHz: $3,72 \cdot 10^{-10} \text{ T}$
				
	29,77	29,41		
				

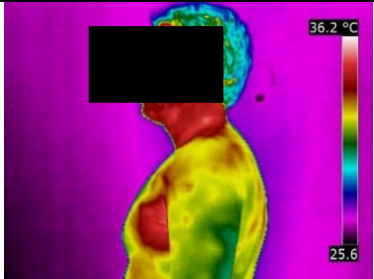
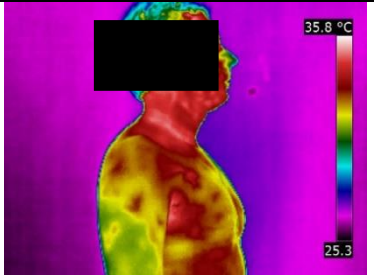
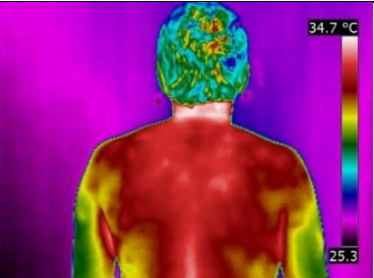
				
SEGUNDA-FEIRA/12h				
12h	36,26	35,43	4 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,70 \cdot 10^{-5}$ T 8-25Hz: $5,48 \cdot 10^{-6}$ T 25-50Hz: $2,20 \cdot 10^{-6}$ T 50-400Hz: $5,08 \cdot 10^{-7}$ T 400-3kHz: $4,67 \cdot 10^{-8}$ T 3k-30kHz: $3,61 \cdot 10^{-10}$ T
				
				
	28,52	29,41		

				
				
TERÇA FEIRA/ 9h				
9h	35,25	36,64	6 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,15 \cdot 10^{-6}$ T 8-25Hz: $5,37 \cdot 10^{-6}$ T 25-50Hz: $2,15 \cdot 10^{-6}$ T 50-400Hz: $4,97 \cdot 10^{-7}$ T 400-3kHz: $4,59 \cdot 10^{-8}$ T
				

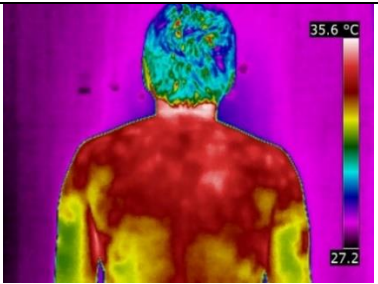
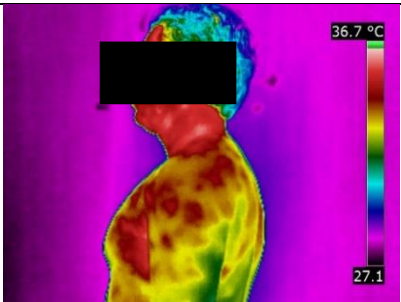
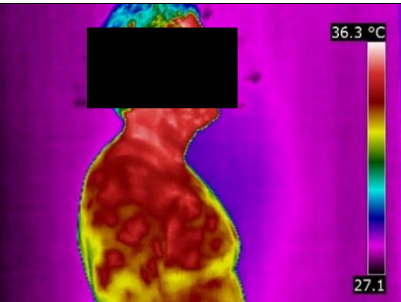
				3k-30kHz: $3,79 \cdot 10^{-10}$ T
	26,80	28,05		
				
				
TERÇA FEIRA/10h				
10h	37,71	37,61	6	1-8Hz: $2,19 \cdot 10^{-6}$ T

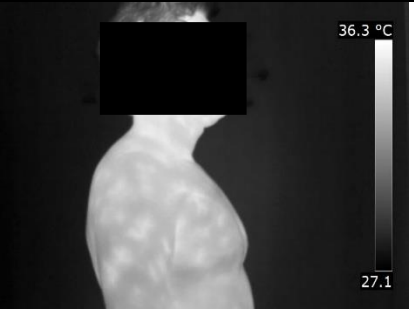
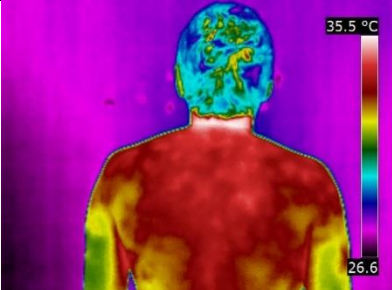
			computadores notebook funcionando normalmente	8-25Hz: $5,45 \cdot 10^{-6}$ T 25-50Hz: $2,19 \cdot 10^{-6}$ T 50-400Hz: $5,05 \cdot 10^{-7}$ T 400-3kHz: $4,66 \cdot 10^{-8}$ T 3k-30kHz: $3,75 \cdot 10^{-10}$ T
				
30,21	30,50			
				

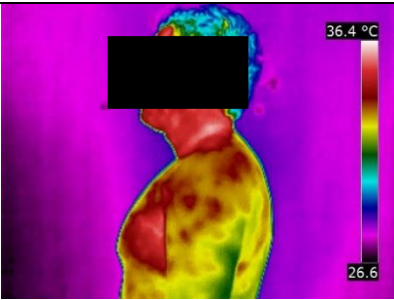
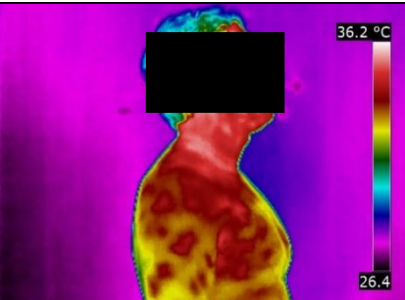
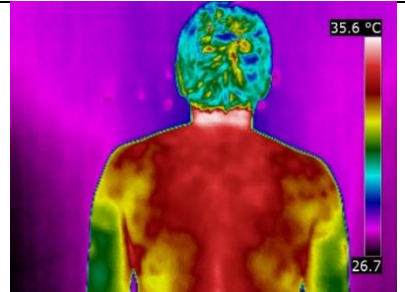
				
TERÇA FEIRA/11h				
11h	36,54	36,60	6 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ 8-25Hz: $5,36 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 25-50Hz: $2,15 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 50-400Hz: $4,99 \cdot 10^{-7} \text{ T}$ 400-3kHz: $4,60 \cdot 10^{-8} \text{ T}$ 3k-30kHz: $3,78 \cdot 10^{-10} \text{ T}$
				
				
	26,58	30,47		

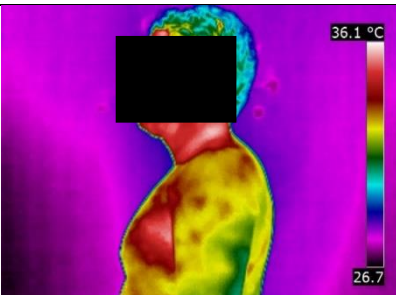
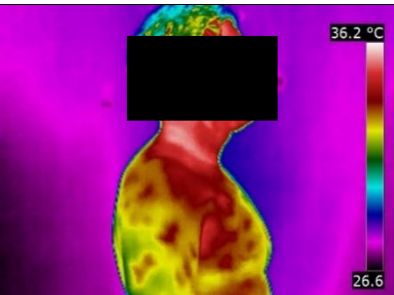
				
				
TERÇA FEIRA/12h				
12h	35,33	38,49	6 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,65 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ 8-25Hz: $5,38 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 25-50Hz: $2,22 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 50-400Hz: $4,97 \cdot 10^{-7} \text{ T}$ 400-3kHz: $4,59 \cdot 10^{-8} \text{ T}$
				

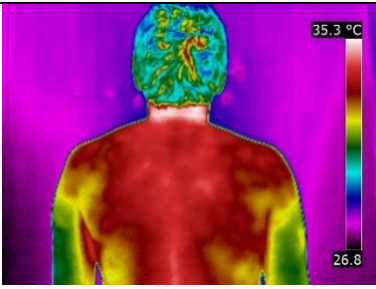
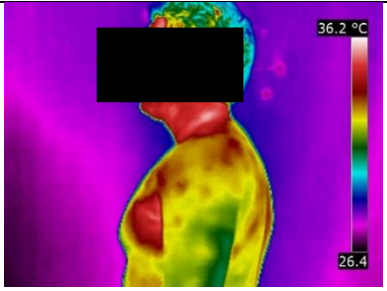
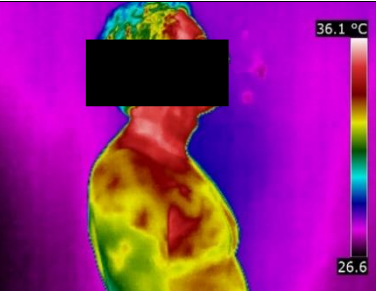
				3k-30kHz: $3,91 \cdot 10^{-10}$ T
	27,51	29,16		
				
				
QUARTA FEIRA/ 9h				
9h	36,85	37,33	6	1-8Hz: $2,54 \cdot 10^{-5}$ T

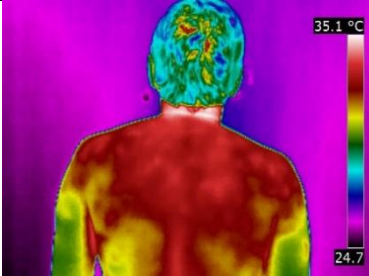
			computadores notebooks e 1 all in one	8-25Hz: $4,84 \cdot 10^{-6}$ T 25-50Hz: $1,98 \cdot 10^{-6}$ T 50-400Hz: $4,62 \cdot 10^{-7}$ T 400-3kHz: $4,31 \cdot 10^{-8}$ T 3k-30kHz: $4,47 \cdot 10^{-10}$ T
				
28,16	29,42			
				

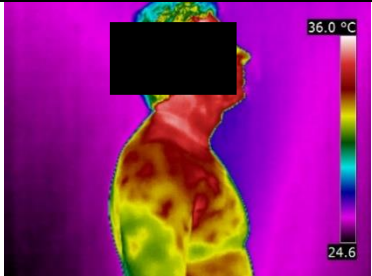
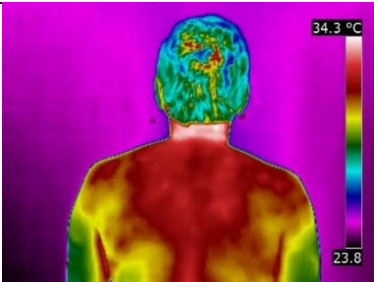
				
QUARTA FEIRA/ 10h				
10h	37,07	37,30	6 computadores notebooks e 1 all in one	1-8Hz: $2,85 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ 8-25Hz: $5,43 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 25-50Hz: $2,22 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 50-400Hz: $5,14 \cdot 10^{-7} \text{ T}$ 400-3kHz: $4,74 \cdot 10^{-8} \text{ T}$ 3k-30kHz: $4,47 \cdot 10^{-10} \text{ T}$
				
				
	29,12	30,05		

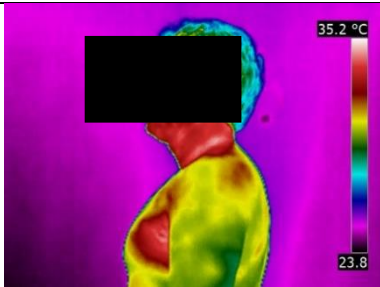
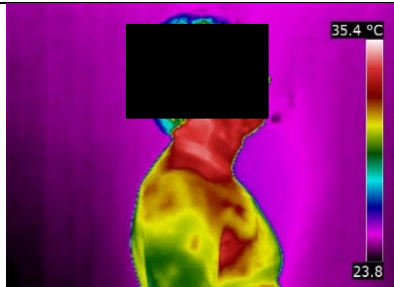
				
				
QUARTA FEIRA/ 11h				
11h	37,87	37,21	10 computadores notebooks	1-8Hz: $2,81. 10^{-5} \text{ T}$ 8-25Hz: $5,37. 10^{-6} \text{ T}$ 25-50Hz: $2,19. 10^{-6} \text{ T}$ 50-400Hz: $5,08. 10^{-7} \text{ T}$ 400-3kHz: $4,68. 10^{-8} \text{ T}$ 3k-30kHz: $4,37. 10^{-10} \text{ T}$
				

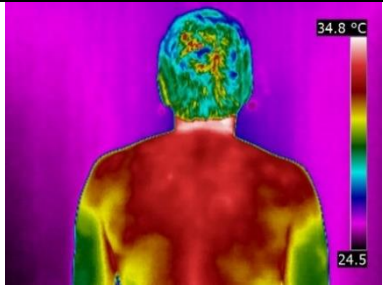
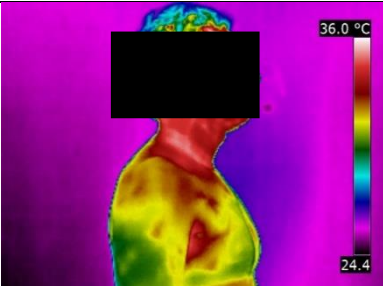
				
	29,08	30,45		
				
				
QUARTA FEIRA/ 12h				
12h	38,08	38,84	6	1-8Hz: 2,80. 10 ⁻⁵ T

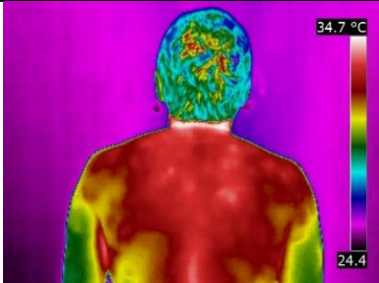
			computadores notebooks	8-25Hz: $5,33 \cdot 10^{-6}$ T 25-50Hz: $2,18 \cdot 10^{-6}$ T 50-400Hz: $5,04 \cdot 10^{-7}$ T 400-3kHz: $4,66 \cdot 10^{-8}$ T 3k-30kHz: $4,58 \cdot 10^{-10}$ T
				
	30,96	30,40		
				

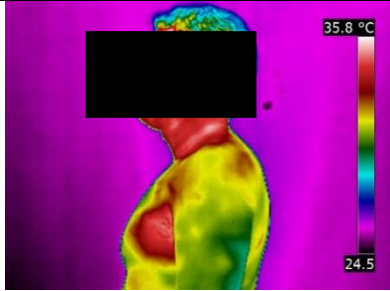
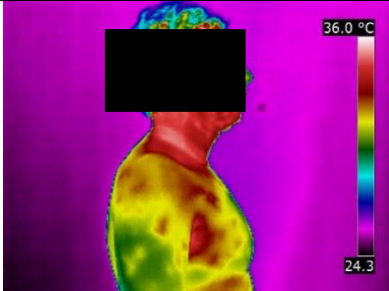
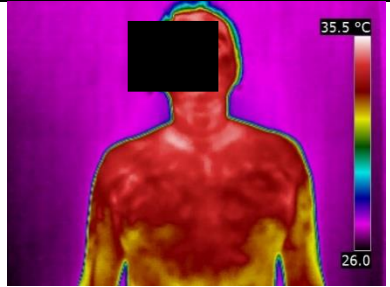
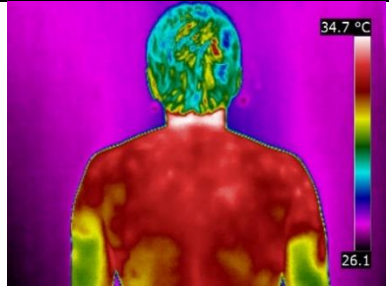
				
QUINTA FEIRA/ 9h				
9h	36,73	37,63	7 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,26 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ 8-25Hz: $4,66 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 25-50Hz: $1,89 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 50-400Hz: $4,42 \cdot 10^{-7} \text{ T}$ 400-3kHz: $4,13 \cdot 10^{-8} \text{ T}$ 3k-30kHz: $4,39 \cdot 10^{-10} \text{ T}$
				
				
	28,99	28,78		

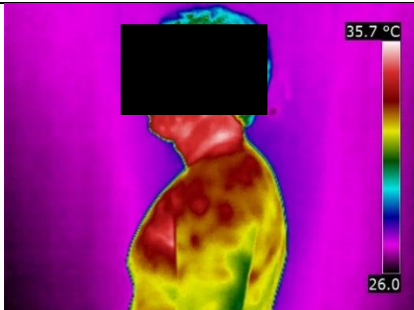
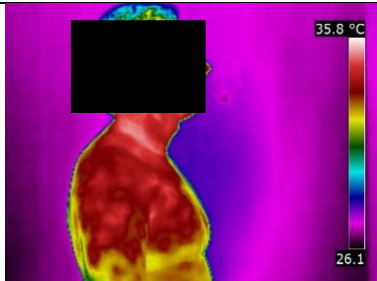
				
				
QUINTA FEIRA/ 10h				
10h	32,96	33,30	7 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,63. 10^{-5}$ T 8-25Hz: $5,35. 10^{-6}$ T 25-50Hz: $2,14. 10^{-6}$ T 50-400Hz: $4,94. 10^{-7}$ T 400-3kHz: $4,57. 10^{-8}$ T
				

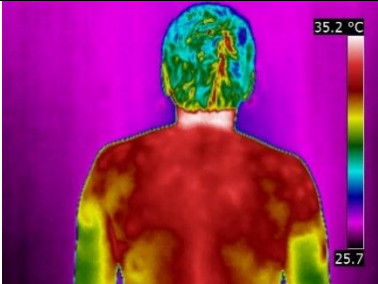
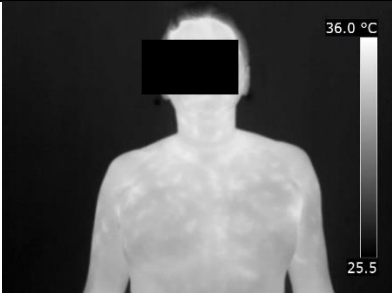
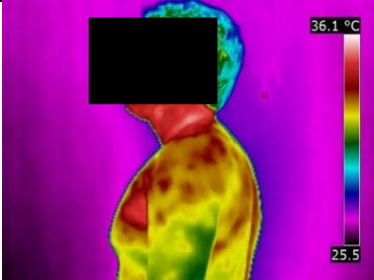
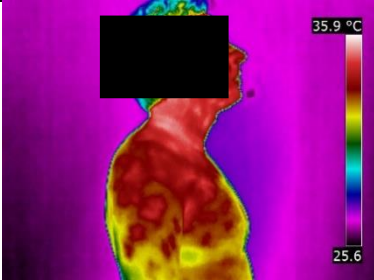
				3k-30kHz: $4,33. 10^{-10}$ T
	26,46	24,87		
				
				
QUINTA FEIRA/ 11h				
11h	33,66	35,97	7	1-8Hz: $2,64. 10^{-5}$ T

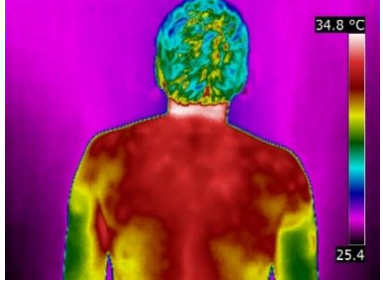
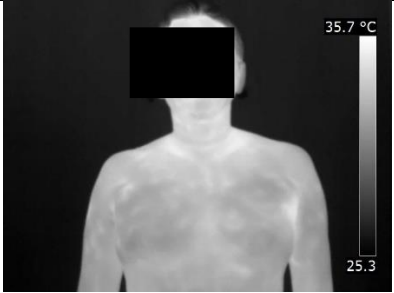
			computadores notebook funcionando normalmente	8-25Hz: $5,34 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 25-50Hz: $2,14 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ 50-400Hz: $4,95 \cdot 10^{-7} \text{ T}$ 400-3kHz: $4,56 \cdot 10^{-8} \text{ T}$ 3k-30kHz: $4,43 \cdot 10^{-10} \text{ T}$
				
	26,35	27,88		
				

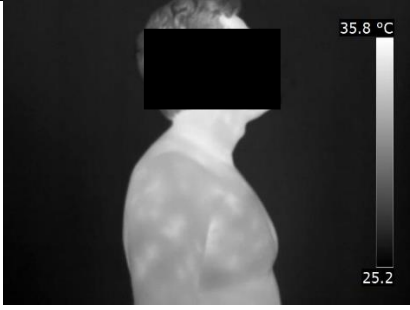
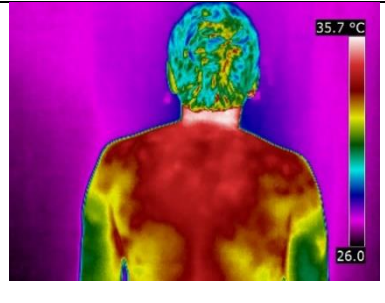
				
QUINTA FEIRA/12h				
12h	34,29	36,47	6 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,62 \cdot 10^{-5}$ T 8-25Hz: $5,36 \cdot 10^{-6}$ T 25-50Hz: $2,13 \cdot 10^{-6}$ T 50-400Hz: $4,93 \cdot 10^{-7}$ T 400-3kHz: $4,54 \cdot 10^{-8}$ T 3k-30kHz: $4,33 \cdot 10^{-10}$ T
				
				
	26,59	26,78		

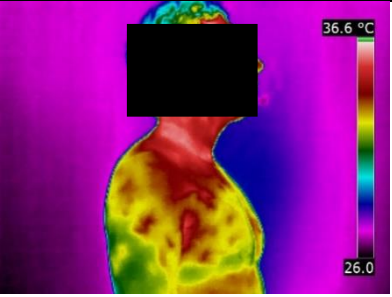
				
				
SEXTA FEIRA/ 9h				
9h	38,02	37,61	5 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,34 \cdot 10^{-5}$ T 8-25Hz: $4,79 \cdot 10^{-6}$ T 25-50Hz: $1,93 \cdot 10^{-6}$ T 50-400Hz: $4,48 \cdot 10^{-7}$ T 400-3kHz: $4,15 \cdot 10^{-8}$ T 3k-30kHz: $4,23 \cdot 10^{-10}$ T
				

				
	28,44	29,60		
				
				
SEXTA FEIRA /10h				
10h	35,93	36,38	6	1-8Hz: 2,53. 10 ⁻⁵ T

			computadores notebook funcionando normalmente	8-25Hz: $5,15 \cdot 10^{-6}$ T 25-50Hz: $2,06 \cdot 10^{-6}$ T 50-400Hz: $4,77 \cdot 10^{-7}$ T 400-3kHz: $4,39 \cdot 10^{-8}$ T 3k-30kHz: $4,46 \cdot 10^{-10}$ T
				
	28,58	29,02		
				

				
SEXTA FEIRA/ 11h				
11h	34,97	36,85	6 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,41. 10^{-5} \text{ T}$ 8-25Hz: $4,97. 10^{-6} \text{ T}$ 25-50Hz: $1,99. 10^{-6} \text{ T}$ 50-400Hz: $4,58. 10^{-7} \text{ T}$ 400-3kHz: $4,20. 10^{-8} \text{ T}$ 3k-30kHz: $9,80. 10^{-10} \text{ T}$
				
				
	28,11	27,67		

				
				
SEXTA FEIRA/ 12h				
12h	36,50	36,18	5 computadores notebook funcionando normalmente	1-8Hz: $2,44. 10^{-5} \text{ T}$ 8-25Hz: $4,98. 10^{-6} \text{ T}$ 25-50Hz: $2,01. 10^{-6} \text{ T}$ 50-400Hz: $4,66. 10^{-7} \text{ T}$ 400-3kHz: $4,33. 10^{-8} \text{ T}$ 3k-30kHz: $3,93. 10^{-10} \text{ T}$
				

				
	26,90	29,87		
				
				

ANEXO

ANEXO A – REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR 1



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512018001509-3**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 22/08/2018, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: Método de análise dos níveis máximos da densidade de fluxo magnético baseado no ICNIRP 2010

Data de publicação: 22/08/2018

Data de criação: 18/12/2017

Titular(es): LUIZ BUENO DA SILVA

Autor(es): JOEL ADELAIDE MEDEIROS; SONALY DE LIMA SILVA; THEREZA RAKEL DE ALCANTARA LIRA ARAUJO DA CUNHA

Linguagem: MATLAB

Campo de aplicação: FQ-03; FQ-09; TB-04

Tipo de programa: FA-01; GI-05; IT-02

Algoritmo hash: SHA-256

Resumo digital hash: 845B3D97BF9061FDE7D731374FB9F8D720CC09C077F31B1C1C46118EF8E14523

Expedido em: 25/09/2018

Aprovado por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos

ANEXO B – REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR 2



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512018001227-2**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 18/07/2018, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: ANÁLISE QUANTITATIVA DE IMAGEM TERMOGRÁFICA INFRAVERMELHA

Data de publicação: 18/07/2018

Data de criação: 01/01/2018

Titular(es): LUIZ BUENO DA SILVA

Autor(es): JOEL ADELAIDE MEDEIROS; SONALY DE LIMA SILVA; LUIZ BUENO DA SILVA

Linguagem: MATLAB

Campo de aplicação: EN-04; FQ-02; FQ-03; FQ-07; FQ-08; FQ-12

Tipo de programa: AP-01; FA-01; FA-04; IT-02; TC-03; TC-04

Algoritmo hash: SHA-256

Resumo digital hash: 3394CBF661C7F2AB11AE04E6BF759809E66C62B241B8BAB554592340EAC61BDF

Expedido em: 24/07/2018



Aprovado por:
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos