

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

DIEGO BAPTISTELLA VIEIRA

**ANÁLISE DAS RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES EM ANTENAS DE
PROVEDOR DE SERVIÇOS DE INTERNET**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PATO BRANCO- PR
2015

DIEGO BAPTISTELLA VIEIRA

**ANÁLISE DAS RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES EM ANTENAS DE PROVEDOR
DE SERVIÇOS DE INTERNET**

Monografia de Especialização apresentada ao V Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança, como requisito parcial para a obtenção de Título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, realizado pela UTFPR - Câmpus Pato Branco.

Orientador: Prof. Msc. Santo Tiveroli Filho

PATO BRANCO- PR
2015

TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DAS RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES EM ANTENAS DE PROVEDOR DE SERVIÇOS DE INTERNET

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus de Pato Branco - pela comissão formada pelos professores:

Prof. Dr. Neuri Lunelli

(UTFPR)

Orientador

Prof. MSc. Fábio Brignol

(UTFPR)

Visto da Coordenação

Prof. Dr. Santo Tiverolli Filho

(UTFPR)

Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho

Coordenador do Curso de
Especialização em Engenharia de
Segurança do Trabalho

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus de Pato Branco
Av. do Conhecimento, Km 1 Pato Branco – PR.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pelo eterno apoio, compreensão e privação que precisaram para que eu chegasse até aqui. À minha namorada Adrila, pelo indelével incentivo, amor e carinho que sempre esteve disposta a me conceder.

Aos meus professores e colegas, pelos momentos de ajuda mútua que passamos, durante mais essa jornada.

Ao meu orientador, Santo Tiveroli Filho, pela orientação, e paciência para a conclusão desse trabalho.

RESUMO

VIEIRA, Diego, B. Análise das Radiações Não Ionizantes em Antenas de Provedor de Serviço de Internet. 2014. 48 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Este trabalho apresenta uma abordagem das radiações não ionizantes, que entraram em nosso cotidiano com o avanço acelerado das telecomunicações, pois, por meio delas que são feitos os transportes de informações de dados, imagens, áudio, vídeo, entre outros. Este estudo procura tornar mais acessível os perigos relativos a essas radiações, principalmente ao trabalhador de provedor de internet, sujeito a exposição durante a execução de sua atividade. Para isso, o presente trabalho primeiramente aborda os níveis de exposições das radiações por radiofrequência; os seus efeitos na saúde humana, como efeitos térmicos e não térmicos; o princípio de funcionamento dos equipamentos de telecomunicações; e um estudo de caso que teve por objetivo mostrar as distâncias mínimas do trabalhador, cálculos do campo eletromagnéticos baseados na norma vigente no país e propor medidas preventivas visando minimizar os efeitos das radiações e aumentar o cuidado ao se trabalhar próximo a ondas eletromagnéticas.

Palavras Chaves: Radiação não-ionizante, antenas, telecomunicações, níveis de exposição, efeitos biológicos.

ABSTRACT

This work presents an approach to the non-ionizing radiation, which have been introduced to our daily lives due to the hasty improvement of the telecommunications because the transportation of information like data, images, audio, video and others are done through them. This study seeks to make the dangers related to these radiations more accessible, mainly to the employees of internet providers, who may be exposed to them during the execution of their activities. For that, this work firstly addresses the levels of expositions of the radiations through radiofrequency; their effects in human health, such as thermal and non-thermal effects; the principle of operation of the telecommunications equipment's; and a case study which had the objective of presenting the minimum distances of the worker, calculations of electromagnetic fields based on the current regulations in the country as well as propositions of preventive measures aiming to minimize the effects of the radiations and to increase the attention when working near electromagnetic waves.

Keywords: Non – Ionizing Radiation, antennas, telecommunication, exposure levels, biological effects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro Eletromagnético	16
Figura 2 – Símbolo para radiação não ionizante	19
Figura 3 - Processo de Interação dos Campos Eletromagnéticos	20
Figura 4 – Membros de um sistema irradiante	24
Figura 5- Equipamento de Radiofrequência	34
Figura 6 – Trabalhadores e Equipamentos em funcionamento	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Frequências e seus principais efeitos biológicos	23
Quadro 2 - Limites para exposição ocupacional a CEMRF na faixa de radiofrequências entre 9kHz e 300 GHz.....	28
Quadro 3- Limites para a exposição da população em geral a CEMRF na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz.....	29
Quadro 4-Expressões para cálculo de distâncias mínimas a antenas de estações transmissoras para atendimento aos limites de exposição para a população em geral e exposição ocupacional	31
Quadro 5 – Parâmetros da Estação Transmissora nº 1	37
Quadro 6 – Parâmetros da Estação Transmissora nº 2	38
Quadro 7 – Medidas da Estação Transmissora nº 3	39
Quadro 8 – Medidas da Estação Transmissora nº 4	40
Quadro 9 – Verificação da condição em relação ao art.19 resolução 303/02 (2/3 do limite).....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ampére
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
art.	Artigo
CEMRF	Campo eletromagnético
D	Diretividade de uma antena
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EIRP	Potência equivalente isotropicamente radiada (do inglês <i>Effective Isotropic Radiation Power</i>)
EPI	Equipamento de proteção individual
ERB	Estação rádio-base
ERP	Potência efetiva radiada (do Inglês <i>Effective Radiation Power</i>)
dB	Decibel
dBi	Decibel em relação a antena isotrópica
E	Intensidade do campo elétrico
f	Frequência
FM	Frequência modulada
gr	Grama
G	Ganho de uma Antena
H	Intensidade do campo magnético
Hz	Hertz

ICNIRP	Comissão Internacional de Proteção à Radiação Não Ionizante (do Inglês <i>International Commission on Non Ionizing Radiation Protection</i>)
L	Comprimento da antena
m	Metro
NR	Norma Regulamentadora
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Potência
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PR	Paraná
RF	Radiofrequência
RFC	Relação frente-costas
RI	Radiação Ionizante
RMS	Valor eficaz (do Inglês <i>Root Medium Square</i>)
RNI	Radiação não ionizante
Rx	Receptor
SA	Absorção Específica (do Inglês <i>Specific Absorption</i>)
S	Densidade de potência
Seq	Densidade de potência equivalente
T	Tesla
Tx	Transmissor
W	Watt

LISTA DE SÍMBOLOS

λ	Comprimento de Onda
η	Eficiência da antena
r	Raio (distância da antena)
f	Valor da frequência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.3 METODOLOGIA	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 HISTÓRICO DAS TELECOMUNICAÇÕES	15
2.2 RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS	16
2.3 RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES	18
2.4 EXPOSIÇÃO ÀS RADIAÇÕES POR RADIOFREQUÊNCIA	19
2.4.1 Efeitos Biológicos das Radiações Não - Ionizantes	20
2.5 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA IRRADIANTE	23
2.5.1 Linhas de Transmissão	24
2.5.2 Transceptor.....	24
2.5.3 Antena	25
2.5.3.1 Antena Parábola	25
2.5.3.2 – Diagrama de Radiação.....	26
2.5.3.3 – Ganho e Diretividade.....	26
2.5.3.4 – Relação Frente-Costas.....	26
2.5.3.5 – ERP e EIRP	27
2.6 LIMITES DE EXPOSIÇÃO.....	27
2.6.1– Cálculo da Distância Para Atendimento Aos Limites De Exposição	30
3 ESTUDO DE CASO	33
3.1 DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE DO TRABALHADOR.....	33
3.2 DADOS DAS ESTAÇÕES	35
3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS E PROPOSTAS DE PREVENÇÃO.....	42
3.3.1 Medidas Preventivas	42

4-CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Os campos eletromagnéticos ou radiação eletromagnética são termos que descrevem as exposições criadas pela vasta gama de tecnologias sem fio que alteram o cenário de nossas vidas de inúmeras maneiras.

Essas tecnologias foram designadas para maximizar a eficiência energética, deixando os efeitos biológicos sobre as pessoas em segundo plano. Vários estudos e evidências crescentes entre os cientistas alertam sobre possíveis riscos à saúde associados a essas tecnologias.

Nos dias de hoje, estamos expostos a dois tipos de campo eletromagnético, os de frequências muito baixa oriundas de aparelhos elétricos e eletrônicos e linhas de transmissão de energia e de Radiofrequência, que são as radiações de dispositivos sem fio, como telefones celulares, telefones sem fio, antenas e torres de celulares, e torres de transmissão de TVs, rádios e internet.

Este trabalho terá foco especial no que diz respeito às radiações não ionizantes providas de serviços de comunicação multimídia, principalmente na faixa de frequência de 1 a 10 GHz.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho propõe analisar as fontes geradoras de radiações eletromagnéticas e fazer um estudo em relação à poluição ambiental e exposição de trabalhadores em relação às radiações oriundas de sistema de telecomunicações.

O que motivou esse projeto foi a escassa bibliografia no assunto, e a percepção da necessidade de um estudo mais aprofundado em relação a aparelho de telecomunicações, principalmente na faixa de frequência abordada no presente trabalho.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho se propõe analisar as fontes de radiações não-ionizantes ativas no meio corporativo de provedores de internet, quantificar seus efeitos na saúde humana, bem como relatar o que está sendo proposto para diminuir o risco ambiental.

Objetivos Específicos:

- a) Esclarecer o termo radiação não – ionizante e seus efeitos na saúde humana e as principais fontes dessa radiação;
- b) Avaliar exposições cotidianas de radiações não ionizantes, dos equipamentos de propagação na faixa de frequência de ocupação de serviço de comunicação multimídia (1 GHz á 10 GHz);
- c) Esclarecer as recomendações dos órgãos regulamentadores vigentes;
- d) Sugerir ações que resultem em uma gestão de riscos ambientais mais abrangentes na questão de exposição ocupacional.

1.3 METODOLOGIA

O trabalho desenvolvido consistiu de estudo de caso em antenas que fazem parte do sistema de uma empresa de serviços de internet atuante no sudoeste do Paraná. Sua abordagem é quantitativa, pois traduz os riscos das radiações não – ionizantes através de cálculos e medidas.

Trata – se de uma pesquisa exploratória, empregando técnicas de pesquisa bibliográfica em artigos, teses, publicações, normas, livros, resoluções entre outros; e o estudo de caso em que é feita uma análise dos dados recolhidos e calculados, procurando verificar as conformidades do ambiente em relação ao trabalhador e da população em exposição.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O vertiginoso avanço da tecnologia sem fio e o grande aumento de suas aplicações, tornou – se alvo de estudo de diversos cientistas e pesquisadores no que diz respeito aos seus efeitos na saúde humana.

2.1 HISTÓRICO DAS TELECOMUNICAÇÕES

Em (CARVALHO ; BADINHAN, 2011) telecomunicações é definida como a transmissão de informações entre pontos distantes, por meio de sistemas eletrônicos e meios físicos, ocorrendo seu desenvolvimento de maneira gradativa através de invenções como o telegráfo em 1844, por Samuel Morse, o telefone, em 1876, por Alexander Graham Bell. Em termos de transmissão sem fio, Guglielmo Marconi foi o inventor, em 1895, do aparelho que transmite sinais telegráficos sem fios condutores. Já o telefone celular surgiu em 1956, através da empresa *Ericsson*, pelo modelo conhecido como *MTA (Mobile Telephony A)*. E outra grande invenção ocorrida em 1969, chamada originalmente de Arpanet e posteriormente vir a ser conhecida por internet, a qual foi desenvolvida pelo governo dos Estados Unidos para a comunicação entre instituições de pesquisas.

A partir destas descobertas a utilização das ondas de rádio como meio de comunicação cresceu de forma acelerada dando origem às estações de Rádio AM e FM, televisão e sistemas de comunicações (PAULINO, 2001).

Hoje em dia os aparelhos sem fio além de úteis passaram a ser imprescindíveis no cotidiano da população e das corporações do mundo inteiro.

2.2 RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS

A teoria da radiação eletromagnética desenvolvida por James C. Maxwell e publicada em 1865, comprova, por meio de equações matemáticas, que um dado fluxo de cargas elétricas se movimentaria pelo espaço na forma de ondas de energia elétrica e magnética, com velocidade igual ao da luz. Então concluiu-se que radiação eletromagnética é o resultado da aceleração de partículas carregadas, a propagação dessa energia se dá através de meio físico ou do espaço, a partir de uma fonte emissora, denominada irradiador. (HALLIDAY, et al.,2004)

O espectro eletromagnético, que reúne todas as faixas de frequências, tanto ionizante como não ionizante, é dividido conforme a Figura 1.

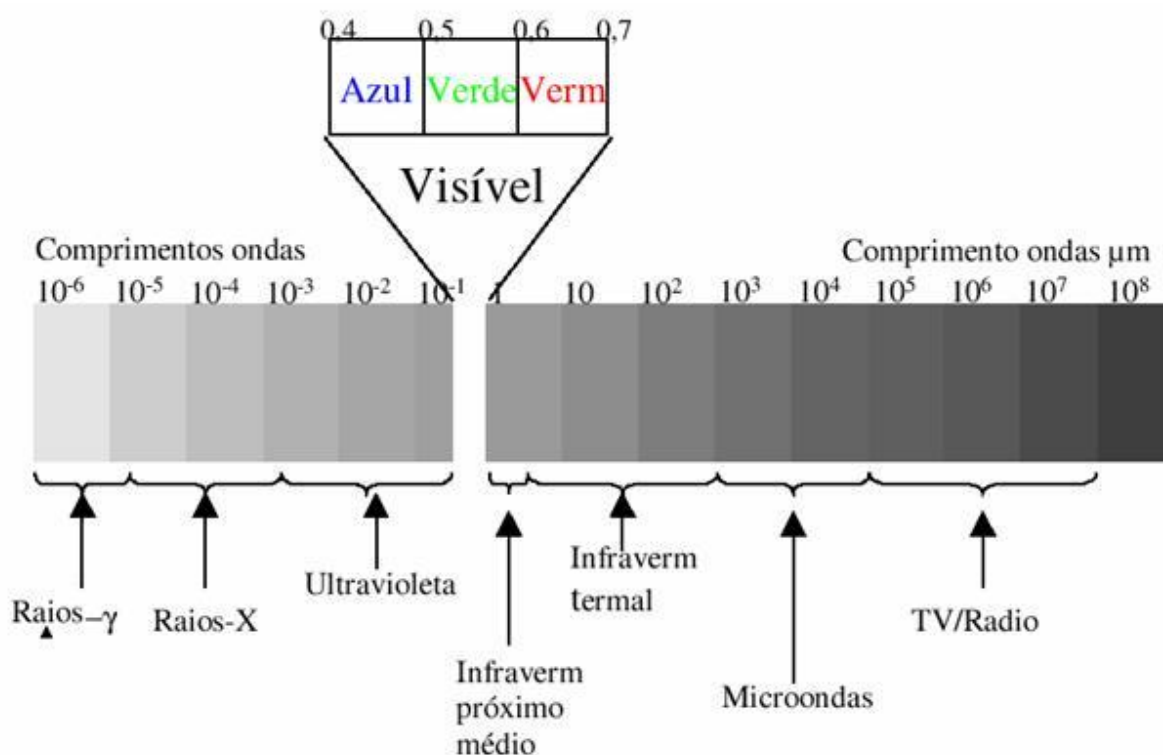


Figura 1 - Espectro Eletromagnético
 Fonte: FIGUEIREDO (2005).

A ionização é um processo pelo qual os elétrons são liberados dos átomos e das moléculas. Este processo pode gerar alterações moleculares que lesionam os tecidos biológicos, incluindo efeitos no material genético (DNA). Para que isso ocorra

é preciso à interação com fótons de alta energia, como raio x e gama. Estes raios são então radiações ionizantes, e a absorção de um fóton desta radiação pode originar a ionização e o conseqüente dano biológico.

As radiações não ionizantes são a parte do espectro eletromagnético, cuja energia não é capaz de quebrar essas uniões atômicas, mesmo em altas intensidades. Entretanto, estas radiações podem liberar energia suficiente para produzir efeitos térmicos ao incidir em organismos vivos.

Os campos elétricos surgem através das diferenças de tensão, quanto maior for esta diferença, maior será o campo elétrico, e sua intensidade diminui rapidamente com a distância da fonte. O movimento da corrente elétrica origina os campos magnéticos, sua intensidade é diretamente relacionada à intensidade da corrente que diminui com a distância da fonte (HABERMANN, 2008).

Quando os campos eletromagnéticos estão a uma distância de alguns poucos comprimentos de onda, tem – se a chamada região de campo distante, nessa região a análise é mais simples, pois a onda eletromagnética consiste do campo elétrico (E) e do campo magnético (H) oscilando na mesma fase, ou seja, sem atrasos de um em relação ao outro na direção em que a potência da onda esta se propagando (SILVA JÚNIOR, 2004).

Ambas as magnitudes destes campos estão relacionadas com a densidade de potência da onda eletromagnética (S), pelas expressões contidas na equação 1 e equação 2.

$$E = \sqrt{S \times 377} \quad (\text{equação 1})$$

$$H = \sqrt{\frac{S}{377}} \quad (\text{equação 2})$$

Já quando os campos elétrico e magnético não possuem características de onda plana, variando significativamente em cada ponto, é chamado de região de campo próximo. Geralmente ocorrem nas proximidades de uma antena ou estrutura radiante (ANATEL, 2002).

As aplicações das radiações são inúmeras, podemos citar que as radiações ionizantes são muito utilizadas em tratamentos de saúde, como raios x e raios gama. Já as radiações não ionizantes, objetivo de estudo do presente trabalho, são

utilizadas em lasers, inspeção para controle de qualidade, lâmpadas ultravioletas para eliminar germes, aquecimento, secagem e desidratação em indústria alimentícia além de ampla utilização nas telecomunicações (ASTETE, 2006).

2.3 RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES

Radiação não-ionizante é um fenômeno natural de suma importância para o surgimento e manutenção dos sistemas de vida na terra, que entre outros, conduz a energia luminosa e calorífica emitida pelo sol. Entretanto a tecnologia envolvida nas telecomunicações necessita de equipamentos que emitem radiação não ionizante, como telefonia sem fio, enlaces de microondas, radiodifusão entre outros, (JAMMET, 2006), para esses casos a fonte de radiação é dita artificial.

Segundo Nogarolli (2010) nos dias de hoje, estamos expostos a dois tipos de radiações não ionizantes oriundos de fontes artificiais:

- 1) Campos eletromagnéticos de muito baixa frequência provindos de equipamentos elétricos e eletrônicos e linhas de transmissão;
- 2) Radiação por radiofrequência de dispositivos sem fio como celular, pontos de acesso de internet, torres de transmissão de tv e rádio, entre outros.

Campos eletromagnéticos de alta frequência são quantificados em termos de intensidade de campo elétrico E , cuja unidade é volts por metro (V/m), intensidade de campo magnético H , expressa em amperes por metro (A/m) e densidade de potência S , expressa em watts por metro quadrado (W/m^2) (PAULINO, 2001).

A quantificação dos campos eletromagnéticos de alta frequência em função da intensidade de Campo elétrico (E), campo magnético (H), e densidade de potência (S), cujas unidades são, respectivamente volts por metro (V/m), amperes por metro (A/m) e Watts por metro quadrado (W/m^2) (PAULINO, 2001).

As frequências de ondas eletromagnéticas, abaixo de 3000 GHz, que se propagam no espaço sem guia artificial é dita radiofrequências (ANATEL, 2002). Para fins de telecomunicações a faixa de frequência fica entre 3kHz e 300GHz.

A densidade de potência (S) expressa em Watt por metro quadrado (W/m^2), é a potência que atravessa uma unidade de área normal na direção de sua propagação (ANATEL, 2002).

É possível ver a simbologia da radiação não ionizante na figura 2:

Figura 2 – Símbolo para radiação não ionizante



Extraído de VIAPIANA(2009)

2.4 EXPOSIÇÃO ÀS RADIAÇÕES POR RADIOFREQUÊNCIA

A exposição a RF é usualmente especificada em termos de características físicas como modulação, campo elétrico e campo magnético incidente, densidade de potência incidente e duração da exposição.

O acoplamento de energia eletromagnética com o sistema biológico pode ser quantificado através dos campos elétricos e magnéticos induzidos, o depósito e absorção de energia e da penetração e distribuição em tecidos biológicos. Estas quantidades são todas em funções do seu relacionamento com a configuração física e dimensão do corpo biológico (ICNIRP, 2009).

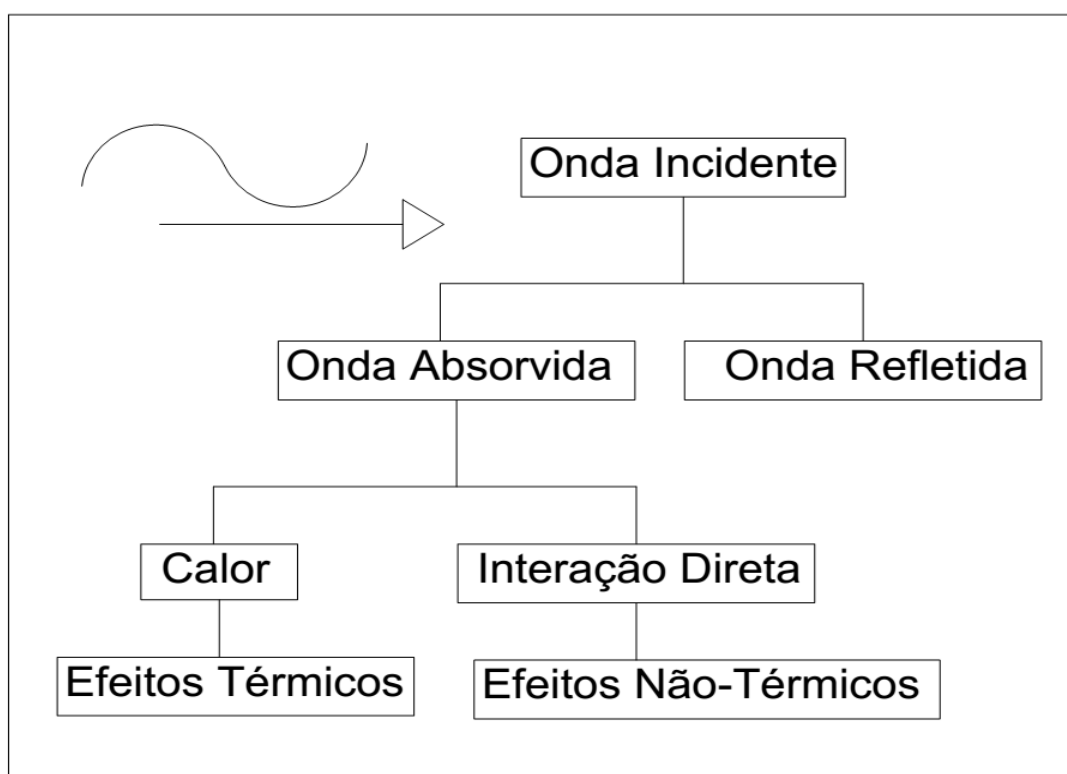
Os mecanismos de relação entre radiação não-ionizante e sistemas biológicos podem ser em dois tipos, efeitos térmicos caso sejam atribuíveis à

deposição de calor ou então não –térmicos se a interação direta do campo com substância do tecido não possuir componente de aquecimento significativa.

Para ser possível determinar os limites de exposição, é necessário estabelecer valores máximos de intensidade de campo e densidade de potência tais que o efeito térmico não introduza um risco para a saúde (DIAS, 2002).

O processo de interação dos campos eletromagnéticos é possível ser exemplificada através da Figura 2:

Figura 3 - Processo de Interação dos Campos Eletromagnéticos



Fonte: Adaptado de DIAS (2002).

2.4.1 Efeitos Biológicos das Radiações Não - Ionizantes

Efeito biológico é uma resposta mensurável a um estímulo ou qualquer alteração do meio ambiente, por um organismo. Este, pode ser prejudicial à saúde quando um efeito provoca alguma alteração detectável em relação ao bem-estar ou integridade de indivíduos expostos, neste caso, às radiações não – ionizantes (FIGUEIREDO et al., 2011).

Para haver uma concepção dos efeitos biológicos das radiações eletromagnéticas é necessário caracterizar a intensidade dessa radiação no corpo humano. Para uma mesma intensidade de radiação eletromagnética incidente em uma pessoa, diferentes partes do seu corpo irão absorver quantidades de energia diferentes (PAULINO, 2001).

A quantificação da energia de radiação absorvida pelo organismo é feita através de uma Taxa de Absorção Específica, chamada de SAR , em inglês *Specific Absorption Rate*. É a medida amplamente utilizada em radiofrequências com o fim de delimitar níveis seguros de exposição aos campos elétricos e magnéticos. A SAR é medida em watt por quilograma (W/kg).

O valor da SAR depende da densidade de potência da radiação, sua frequência, polarização, distância fonte-objeto, características do corpo exposto e suas propriedades dielétricas (ANATEL, 1999).

As consequências dos mecanismos de interação de ondas de radiofrequência com o sistema biológico são classificadas em efeitos térmicos e efeitos não térmicos.

Quando a radiação eletromagnética passa de um meio para outro, ela pode ser refletida, refratada, transmitida ou absorvida, de acordo com a frequência de trabalho da radiação e o sistema biológico atingido, parte da energia absorvida é convertida em calor, interferindo no sistema vivo (GOMIDE, 2008).

Os efeitos térmicos geralmente são de fácil percepção como por exemplo queimaduras resultantes da exposição solar. No entanto radiações de comprimento de onda menor como as radiofrequências não são absorvida pelas camadas mais superficiais podendo ocorrer alterações em tecidos mais profundos, sem que sejam notados (VIEGAS et al.,2005).

O olho é um dos órgãos mais suscetíveis ao efeito térmico da radiação por radiofrequência, pois quantidades relativamente pequenas de energia eletromagnética podem elevar a temperatura das lentes oculares, pelo fato destas terem uma posição superficial em relação ao corpo e sua reduzida capacidade de dissipar o calor. A catarata poder ser produzida por repetidas exposições a níveis inferiores ao limite estabelecido. Para que o dano ocorra é necessário que seguidas exposições ocorram sem que haja tempo de reparo entre uma exposição e outra (LAMPARELLI *et al.*1998, *apud* ANGUERA, 2012).

Os testículos também constituem um dos órgãos críticos aos efeitos térmicos dessas radiações, devido ao fato de serem muito sensíveis a elevações de temperatura que pode levar a destruição das células intersticiais, levando à esterilidade e afetando a espermatogênese (VIEGAS, *et al.*,2005).

Diversos estudos indicam que em níveis de intensidade capazes de elevar a temperatura corporal, ocorrem alterações neuroendócrinas e comportamentais, nas funções neurais e neuromusculares, aumento de permeabilidade na barreira hematoencefálica, alterações nos sistemas imunológicos e hematopoiético, efeitos genéticos e teratogênicos, mudanças na morfologia e funções das células (WHO,1981 *apud* GOMIDE, 2008).

Os efeitos não térmicos são causados devido a interação direta da radiofrequência com o corpo biológico. As partículas tentarão se estabelecer com o campo elétrico minimizando a sua energia potencial (DIAS,2002).

Foram percebidas alterações no sistema imune de ratos quando a taxa de absorção específica (SAR) atingiu valores maiores que 0,4 mW/g. Além de importantes alterações na química sanguínea e no sistema endócrino terem sido detectados quando os valores de SAR ultrapassaram 1 mW/g (VIEGAS, *et al.*,2005).

Um dos mais conhecidos processos não térmicos é o chamado efeito “cadeia de pérolas”, observado quando partículas são submetidas a um campo de radiofrequência entre 1 e 100 MHz, resultando em formação de cadeias dessas partículas, alinhadas ao campo devido a polarização induzida sobre elas. A saturação dielétrica é outro processo não térmico conhecido, que consiste na polarização das cadeias de macromoléculas biológicas levando à quebra de ligações

de hidrogênio e alterações na zona de hidratação, levando como efeito biológico a desnaturação ou a coagulação dessas moléculas (TSQC, 2006).

A tabela 1 relaciona as frequências e qual o campo de sua utilização com o local da maior penetração das radiações por radiofrequência.

Quadro 1: Frequências e seus principais efeitos biológicos

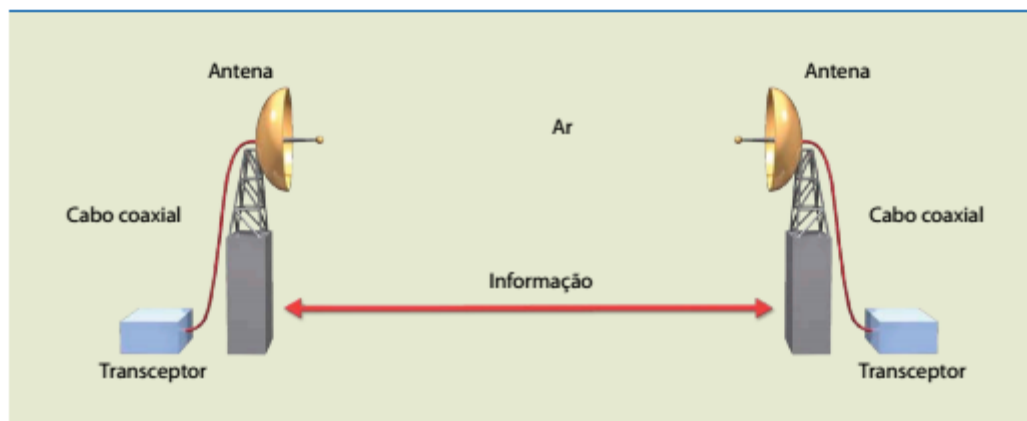
Frequência (Mhz)	Utilização	Local de Maior Efeito	Principais efeitos Biológicos
<150	Rádio Navegação por Satélite; Retransmissão de Televisão		O corpo é transparente
150 – 1.000	Radiodifusão; Radio navegação por satélite	Órgãos Internos	Prejuízo aos órgãos internos por sobre aquecimento
1.000 – 10.000	Serviço de Comunicação Multimídia	Olhos	Formação de Cataratas e Danos aos testículos
>10.000	Pesquisa Espacial	Pele	A superfície da pele age como refletor ou absorvente, com efeito de aquecimento.

Fonte: Adaptado de McRee (1974).

2.5 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA IRRADIANTE

A irradiação é o conjunto de radiações emitidas por um corpo, na radiofrequência, e irradia-se através de um sistema irradiante, o qual é composto por um transmissor, uma linha de transmissão e uma antena.

Figura 4 – Membros de um sistema irradiante



Extraído de CARVALHO ; BADINHAN (2011)

2.5.1 Linhas de Transmissão

É uma linha com dois ou mais condutores isolados por um dielétrico que tem por finalidade fazer com que uma onda eletromagnética se propague de modo guiado com a menor perda possível (FRANZ, 2004). Normalmente é utilizado cabo coaxial, guia de onda ou fios trançados ou paralelos.

2.5.2 Transceptor

Em sistemas de telecomunicações transceptor é o conjunto de transmissão e recepção em um circuito.

No caso do transmissor (Tx), ele fornece a potência necessária para amplificar o sinal elétrico, com o objetivo de percorrer longas distâncias até o receptor. É também responsável pela modulação e codificação dos sinais gerados.

Já o receptor (Rx) recebe os sinais da informação, faz a demodulação e decodificação e envia para o equipamento que converte os sinais em imagem, som, texto, informações, etc (CARVALHO ; BADINHAN, 2011).

2.5.3 Antena

É um dispositivo que transforma a corrente elétrica de radiofrequência originada no transmissor em energia eletromagnética irradiada. Na recepção, ela transforma a energia eletromagnética irradiada em corrente de radiofrequência para ser entregue ao receptor.

O seu funcionamento parte do transmissor que produz o sinal da informação na forma de corrente alternada, e ao circular a antena de transmissão, essa corrente produz uma onda eletromagnética a seu redor, que se irradia pelo ar. Assim que atinge uma antena receptora, a onda eletromagnética induz nela uma pequena corrente elétrica, cujas oscilações acompanham o movimento da onda. Essa corrente, por ser muito mais fraca que a originária no transmissor, é amplificada no receptor (CARVALHO ; BADINHAN, 2011).

Uma antena ideal, sem perdas, capaz de irradiar campos eletromagnéticos em todas as direções de forma igualitária é chamada de antena isotrópica. Os diversos tipos de antenas são divididos de acordo com o seu formato e seu diagrama de radiação. Elas podem ser Yagi, Painel Setorial, Omnidirecional (que mais se aproxima de uma antena isotrópica), Parábolas, Antenas Patch, Log-Periódicas ou Helicoidal. Para o presente trabalho será abordado as antenas do tipo Parábola.

2.5.3.1 Antena Parábola

Consiste em uma antena que ilumina um refletor parabólico que reirradia essa energia na direção de máximo ganho, seu ganho é elevado apresentando um pequeno ângulo de abertura, comumente utilizado em enlaces de grandes distâncias (FRANZ, 2004).

Para o correto posicionamento de uma antena parabólica, é preciso levar em consideração o ângulo de elevação (plano vertical) e o azimute (plano horizontal). Como ela é uma antena que possui uma diretividade alta, qualquer um desses

parâmetros fora de posição podem causar a perda de transmissão/recepção de um sinal (CARVALHO ; BADINHAN, 2011).

2.5.3.2 – Diagrama de Radiação

As antenas não necessitam ter o mesmo desempenho de irradiação em todas as direções. A performance irá variar de acordo com o tipo de antena. Para visualizar esse desempenho de irradiação, utiliza – se uma representação de coordenadas polares da intensidade de campo irradiada por uma antena em todas as direções, para esta representação é dado o nome de Diagrama de Radiação (SILVA JÚNIOR, 2004).

2.5.3.3 – Ganho e Diretividade

Diretividade é a relação entre o campo irradiado pela antena em uma certa direção e o campo que seria irradiado por uma antena isotrópica em iguais condições de potência (VIAPIANA, 2009).

A diretividade é definida pelo ângulo de abertura de uma antena, isto é, quanto maior a diretividade, menor será esse ângulo e conseqüentemente maior será o lóbulo na direção de maior radiação.

Já o ganho, segundo (FRANZ, 2004), é o resultado da diretividade menos as perdas, matematicamente é o resultado do produto da eficiência pela diretividade, onde a eficiência é a relação entre a potência irradiada pela potência recebida. A unidade de Ganho é definida como dBi.

2.5.3.4 – Relação Frente-Costas

É o parâmetro que define a relação entre a potência irradiada na direção de maior ganho e a potência irradiada no sentido contrário a esta direção. Esta unidade é utilizada para identificar quanto da potência entregue a antena é irradiado na sua parte posterior. Devido a isto, esse parâmetro pode definir o campo em que o trabalhador fica exposto, principalmente na montagem de novos equipamentos em estações com outros equipamentos em funcionamento (SILVA JÚNIOR, 2004), a relação frente-costa (RFC) é expressa em dB.

2.5.3.5 – ERP e EIRP

A EIRP (*effective isotropic radiation power*) é a potência da transmissão aplicada em uma antena isotrópica que proporciona o mesmo resultado da antena direcional em uso (CARVALHO ; BADINHAN, 2011). Isto é, é a energia que seria transmitida caso fosse irradiada em todas as direções. Já a ERP (*effective radiation power*) é a potência que efetivamente esta sendo transmitida, em uma determinada direção.

2.6 LIMITES DE EXPOSIÇÃO

A nocividade da radiação não ionizante é dependente da distância do ponto de emissão e das características do comprimento da onda.

Certas restrições básicas para campos elétricos e magnéticos são estabelecidas de acordo com a frequência de radiação. A Comissão Internacional de Proteção às Radiações Não Ionizantes (ICNIRP) determina que nenhuma antena deve emitir radiação superior a 435 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Esta é a potência máxima que 1 cm^2 de pele humana pode ficar exposta, acima deste nível pode ocasionar queimaduras, aquecimento de órgãos internos e outros danos a saúde (MARTINS *et al*).

A Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL regulamentou a limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 KHz e 300 GHz, através da sua resolução de julho de 2002.

A resolução 303 prevê a exposição em dois ambientes, que é o âmbito ocupacional e no âmbito para a população em geral. Os limites são mais rígidos para a exposição pela população em geral, pois parte do princípio que os profissionais que trabalham com equipamentos de rádio transmissão, são pessoas saudáveis e cientes dos riscos aos quais estão expostos, podendo assim efetuar controle de sua exposição.

Pode-se observar os valores limites para campo elétrico E , campo magnético, H , e densidade de potência equivalente e onda plana nas quadros 2 e 3 , tanto para a exposição ocupacional como da população em geral.

Quadro 2 - Limites para exposição ocupacional a CEMRF na faixa de radiofrequências entre 9kHz e 300 GHz

(valores eficazes não perturbados)

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

Fonte: Resolução 303/02 da ANATEL

Quadro 3- Limites para a exposição da população em geral a CEMRF na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz

(valores eficazes não perturbados)

Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo, E (V/m)	Intensidade de Campo, H (A/m)	Densidade de potência da onda plana equivalente, Seq (W/m ²)
9 KHz a 65 KHz	87	5	-
0,065 MHz a 1 MHz	87	$0,73/f$	-
1 MHz a 10 MHz	$87/f$	$0,73/f$	-
10 MHz a 400 MHz	28	$0,073/f$	2
400 MHz a 2000 MHz	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz a 300 GHz	61	0,16	10

Fonte: Resolução 303/02 da ANATEL

Na aplicação dos valores dos quadros 2 e 3 devem ser considerados os seguintes aspectos :

I – f é o valor da radiofrequência, cuja unidade deve ser a mesma indicada na coluna da faixa de radiofrequências.

II – Os limites de exposição estabelecidos se referem às medidas espacial e temporal das grandezas indicadas.

III – Para radiofrequências entre 100 kHz e 10 GHz, o período de tempo a ser utilizado para cálculo da média temporal é de 6(seis) minutos.

IV – Para radiofrequências abaixo de 100 kHz, o conceito de média temporal não se aplica uma vez que para estas radiofrequências , os principais efeitos da exposição CEMRF são os estímulos neurológicos instantâneos.

V – Para frequências superiores a 10 MHz a média dos picos da densidade de potência da onda plana equivalente calculada no intervalo de duração do pulso não deve exceder a 1000 (mil) vezes as restrições de Seq ou a intensidade de campo não deve exceder a 32 (trinta e duas) vezes os níveis de exposição indicados para intensidade de campo.

VI – Valores não perturbados são aqueles medidos na ausência de indivíduos potencialmente expostos e sem a introdução de objetos absorvedores ou refletores de campos eletromagnéticos durante o processo de medição (ANATEL,2002, p. 06).

Em termos de Normas Regulamentadoras, somente a NR-15, que regulamenta as Atividades e operações insalubres, em seu anexo 7, trata das radiações não-ionizantes. A referida norma estabelece que são radiações não-ionizantes as microondas, ultravioletas e laser; as operações ou atividades que exponham trabalhadores às radiações não – ionizantes, sem a proteção adequada serão consideradas insalubres, em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho.

As radiações eletromagnéticas estão classificadas em riscos ambientais como risco físico, que representa – se por fatores ou agentes existentes no ambiente de trabalho que possuem a capacidade de afetar a saúde do trabalhador. Esta exposição pode promover o dano a saúde e segurança do trabalhador dependendo dos parâmetros como intensidade e frequência de operação e também o tempo de exposição, podendo provocar lesões, doenças e até mesmo a morte (SCHÄFFER, 2007 *apud* VIAPIANA, 2009).

Em relação as microondas (300 MHz a 300 GHz) , segundo Astete, 2006, para fontes pulsáteis repetitivas de microondas exposições de 8 horas de trabalho não devem exceder a densidade de potência de 10 mW/cm^2 , que é calculado em média para qualquer período de 0,1 hora, e em casos de valores de densidade de potência superior a 25 mW/cm^2 , campo elétrico a 300 V/m ou campo magnético a 0,75 A/m, não é permitida a exposição em nenhuma hipótese.

2.6.1– Cálculo da Distância Para Atendimento Aos Limites De Exposição

De acordo com a resolução 303/02, para o cálculo teórico de uma estação em relação ao campo eletromagnético deverão ser utilizados os valores máximos autorizados dos parâmetros de transmissão para a estação em questão.

O quadro 4 mostra de forma resumida, as expressões para o cálculo de distâncias mínimas das antenas tanto em relação a exposição a CEMRF da população em geral e ocupacional para radiofrequências superiores a 1 MHz.

Quadro 4-Expressões para cálculo de distâncias mínimas a antenas de estações transmissoras para atendimento aos limites de exposição para a população em geral e exposição ocupacional

Faixa de Radiofrequências	Exposição da população em geral	
1 MHz a 10 MHz	$r = 0,10\sqrt{eirp * f}$	$r = 0,129\sqrt{erpxf}$
10 MHz a 400 MHz	$r = 0,319\sqrt{eirp}$	$r = 0,409\sqrt{erp}$
400 MHz a 2000 MHz	$r = 6,38\sqrt{eirp + f}$	$r = 8,16\sqrt{erp + f}$
2000 MHz a 300000 MHz	$r = 0,143\sqrt{eirp}$	$r = 0,184\sqrt{erp}$
Faixa de Radiofrequências	Exposição Ocupacional	
1 MHz a 10 MHz	$r = 0,0144xfx\sqrt{eirp}$	$r = 0,0184xfx\sqrt{erp}$
10 MHz a 400 MHz	$r = 0,143\sqrt{eirp}$	$r = 0,184\sqrt{erp}$
400 MHz a 2000 MHz	$r = 2,92\sqrt{eirp/f}$	$r = 3,74\sqrt{erp/f}$
2000 MHz a 300000 MHz	$r = 0,0638\sqrt{eirp}$	$r = 0,0819\sqrt{erp}$

Fonte: Resolução 303/02 da ANATEL

Onde:

r é a distância mínima da antena, em metros;

f é a frequência, em MHz;

$e.r.p.$ é a potência efetiva radiada na direção de maior ganho da antena, em watt;

$e.i.r.p.$ é a potência equivalente isotropicamente radiada na direção de maior ganho da antena, em watt.

As expressões contidas no quadro 4 foram derivadas do modelo de propagação mostrado nas Equações 1 e 2, utilizado para a região de campo distante:

$$S = \frac{erp \times 1,64 \times 2,56}{4 \times \pi \times r^2} \quad (\text{equação 1})$$

$$S = \frac{eirp \times 2,56}{4 \times \pi \times r^2} \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

S é a densidade de potência em W/m²

erp é a potência efetiva irradiada em W

eirp é a potência equivalente isotropicamente irradiada, em W

r é a distância da antena, em m

2,56 é o valor do fator de reflexão, que leva em conta a possibilidade de que campos refletidos possam se adicionar em fase ao campo incidente direto.

3 ESTUDO DE CASO

A análise de exposição do trabalhador em relação à radiação não ionizante foi em uma torre de transmissão de dados, chamado de ponto de acesso, em que se acumulam vários equipamentos trabalhando em diversas frequências distintas. O ponto em questão situa-se na cidade de Realeza – PR e é utilizado pela empresa para o fornecimento de acesso dos clientes à internet.

3.1 DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE DO TRABALHADOR

O trabalhador atua desempenhando instalações de novos equipamentos de telecomunicações nas torres, executando reparos em componentes, interligando cabos e ajustando a direção das antenas. A frequência de trabalho é esporádica, sendo executada de uma à quatro vezes por mês, com uma duração de 15 minutos até 3 horas por assistência. Durante o serviço o trabalhador se encontra, na maioria dos casos, na parte traseira da antena, isto é, local de menor potência incidente, oriunda das antenas.

Através da figura 5, é possível verificar o equipamento antes da montagem na torre, juntamente com a sinalização que sempre deve permanecer em locais onde há emissão de radiações não ionizantes (RNI). E a figura 6 mostra os trabalhadores no local de risco, com todos os equipamentos emissores de radiação em pleno funcionamento.

Figura 5- Equipamento de Radiofrequência



Fonte: (AUTOR, 2014)

Figura 6 – Trabalhadores e Equipamentos em funcionamento



Fonte: (AUTOR, 2014)

Os EPI's – Equipamento de Proteção Individual utilizados nessas intervenções são cinto de segurança, talabartes, luvas, capacetes e botas.

3.2 DADOS DAS ESTAÇÕES

O desenvolvimento do trabalho foi baseado em um estudo de caso de estações que fazem parte do sistema de uma empresa que fornece acesso à

internet na cidade de Realeza/PR. Foram coletados dados de 4 equipamentos divididos em 2 estações diferentes.

Para a amostragem dos resultados, foi elaborada um quadro com os dados pertinentes à situação de conformidade dos equipamentos irradiantes.

O quadro foi dividido em três seções: parâmetros técnicos em que constam os dados recolhidos do manual do equipamento e de medidas de distâncias no local; Limites de avaliação de acordo com a resolução 303/02 em que se fundamenta na resolução da Anatel, principalmente nos quadros 2, 3 e 4 deste trabalho; e finalmente as medidas calculadas através das equações 1, 2, 3 e 4,

Para o cálculo das distâncias mínimas das antenas, foram considerados os equipamentos trabalhando na sua potência máxima, pois é onde ocorre o maior risco para o trabalhador.

Os cálculos realizados do campo elétrico e magnético e densidade de potência foram utilizados as distâncias em que o trabalhador se encontra no momento em que esta laborando no local em questão na sua pior situação.

Segundo a resolução 303/02 da Anatel, em seu artigo 19 em que diz:

Em locais onde é permitido o acesso de pessoas, quando os valores de CEMRF obtidos por meio de cálculos teóricos forem iguais ou superiores a 2/3 (dois terços) dos limites de exposição estabelecidos para os campos elétricos ou magnéticos, será obrigatória à realização de medições para comprovação do atendimento.

Para a verificação e atendimento do artigo 19, foi elaborado um último quadro contendo os limites e a condição, dizendo se são necessárias ou dispensadas as medições.

Quadro 5 – Parâmetros da Estação Transmissora nº 1

ESTAÇÃO TRANSMISSORA Nº1		
PARÂMETROS TÉCNICOS		
Frequência de operação (MHz)	5745,00	
Potência ERP máxima (W)	22,92	
Comprimento da antena (m)	0,5	
Altura da Torre Suporte (m)	3,00	
Distância da antena ao ocupacional (m)	0,60	
Distância da antena a população em geral (m)	5,40	
LIMITES DE AVALIAÇÃO DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO 303/02		
2 GHz – 300 GHz	Exposição Ocupacional	Exposição da População
Campo Elétrico (V/m)	137	61
Campo Magnético (A/m)	0,36	0,16
Densidade de Potência (W/m ²)	50	10
Distância Mínima Permitida (m)	0,39	0,88
MEDIDAS REALIZADAS		
2 GHz – 300 GHz	Exposição Ocupacional	Exposição da População
Campo Elétrico (V/m)	89,55	9,95
Campo Magnético (A/m)	0,24	0,026
Densidade de Potência Equivalente (W/m ²)	4,61	0,51
Distância no local (m)	0,60	5,40
Viabilidade	VIÁVEL	VIÁVEL

Quadro 6 – Parâmetros da Estação Transmissora nº 2

ESTAÇÃO TRANSMISSORA Nº2		
PARÂMETROS TÉCNICOS		
Frequência de operação (MHz)	5840,00	
Potência ERP máxima (W)	2,57	
Comprimento da antena (m)	0,5	
Altura da Torre Suporte (m)	3,00	
Distância da antena ao ocupacional (m)	0,60	
Distância da antena a população em geral (m)	5,40	
LIMITES DE AVALIAÇÃO DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO 303/02		
2 GHz – 300 GHz	Exposição Ocupacional	Exposição da População
Campo Elétrico (V/m)	137	61
Campo Magnético (A/m)	0,36	0,16
Densidade de Potência (W/m ²)	50	10
Distância Mínima Permitida (m)	0,13	0,29
MEDIDAS REALIZADAS		
2 GHz – 300 GHz	Exposição Ocupacional	Exposição da População
Campo Elétrico (V/m)	29,98	3,33
Campo Magnético (A/m)	0,079	0,0088
Densidade de Potência Equivalente (W/m ²)	1,54	0,17
Distância no local (m)	0,60	5,40
Viabilidade	VIÁVEL	VIÁVEL

Quadro 7 – Medidas da Estação Transmissora nº 3

ESTAÇÃO TRANSMISSORA Nº1		
PARÂMETROS TÉCNICOS		
Frequência de operação (MHz)	5700,00	
Potência ERP máxima (W)	18,56	
Comprimento da antena (m)	0,5	
Altura da Torre Suporte (m)	3,00	
Distância da antena ao ocupacional (m)	0,60	
Distância da antena a população em geral (m)	5,40	
LIMITES DE AVALIAÇÃO DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO 303/02		
2 GHz – 300 GHz	Exposição Ocupacional	Exposição da População
Campo Elétrico (V/m)	137	61
Campo Magnético (A/m)	0,36	0,16
Densidade de Potência (W/m ²)	50	10
Distância Mínima Permitida (m)	0,35	0,79
MEDIDAS REALIZADAS		
2 GHz – 300 GHz	Exposição Ocupacional	Exposição da População
Campo Elétrico (V/m)	80,58	8,95
Campo Magnético (A/m)	0,21	0,023
Densidade de Potência Equivalente (W/m ²)	4,15	0,46
Distância no local (m)	0,60	5,40
Viabilidade	VIÁVEL	VIÁVEL

Quadro 8 – Medidas da Estação Transmissora nº 4

ESTAÇÃO TRANSMISSORA Nº4		
PARÂMETROS TÉCNICOS		
Frequência de operação (MHz)	6840,00	
Potência ERP máxima (W)	172,90	
Comprimento da antena (m)	0,5	
Altura da Torre Suporte (m)	18,0	
Distância da antena ao ocupacional (m)	1,20	
Distância da antena a população em geral (m)	18,0	
LIMITES DE AVALIAÇÃO DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO 303/02		
2 GHz – 300 GHz	Exposição Ocupacional	Exposição da População
Campo Elétrico (V/m)	137	61
Campo Magnético (A/m)	0,36	0,16
Densidade de Potência (W/m ²)	50	10
Distância Mínima Permitida (m)	1,08	2,42
MEDIDAS REALIZADAS		
2 GHz – 300 GHz	Exposição Ocupacional	Exposição da População
Campo Elétrico (V/m)	122,98	8,20
Campo Magnético (A/m)	0,33	0,022
Densidade de Potência Equivalente (W/m ²)	6,34	0,422
Distância no local (m)	1,20	18,0
Viabilidade	VIÁVEL	VIÁVEL

Para a execução do quadro número 9, foram necessários comparar os resultados dos quadros anteriores juntamente com as medidas de 2/3 (dois terços) dos limites estipulados pela resolução 303/02. E também foi definida a condição da estação, isto é, se é necessário medições para a verificação dos limites.

Quadro 9 – Verificação da condição em relação ao art.19 resolução 303/02 (2/3 do limite)

	Campo Elétrico – Ocupacional (V/m)	Campo Elétrico – População (V/m)	Campo Magnético – Ocupacional (A/m)	Campo Magnético – População (A/m)	Condição
Limites (2/3)	91,33	40,67	0,24	0,11	
Estação 1	89,55	9,95	0,24	0,026	Dispensado
Estação 2	29,99	3,33	0,079	0,0083	Dispensado
Estação 3	80,58	8,95	0,21	0,024	Dispensado
Estação 4	122,98	8,20	0,33	0,022	NECESSÁRIA

3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS E PROPOSTAS DE PREVENÇÃO

A análise dos resultados dos dados deste estudo mostra que as distâncias mínimas para o trabalho ideal são bons de conseguirem. Para a população em geral o limite da distância normalmente se encontra na própria torre em que as antenas estão montadas.

No tocante aos campos elétricos e magnéticos, todas as estações estão em conformidade com a resolução da Anatel, entretanto, os cálculos teóricos da estação nº 4 se mostrou acima de 2/3 dos limites, portanto é necessário que sejam feitas medidas com equipamento certificado pela Anatel e devidamente calibrado. Vale ressaltar que esse limite extrapolado é em relação ao meio corporativo, com isso, pode haver uma conscientização tanto da empresa como dos colaboradores.

Estes resultados são preliminares, e necessitam de medidas mais específicas para definir restrições de acesso às antenas, entretanto esses cálculos foram de suma importância para expor os pontos mais críticos, quais locais devem ter atenção prioritária e as distâncias mínimas a serem alcançadas.

3.3.1 Medidas Preveniristas

Há algumas formas de prevenção que podem ser eficientes na prevenção de radiações não ionizantes, além de políticas de prevenção de segurança do trabalho que devem ser desempenhadas pelos profissionais desta área.

Uma medida inicial para trabalhos em áreas críticas seria a diminuição da potência de operação do transmissor, assim que se fizer necessário trabalhar próximo as antenas também diminuir o tempo de exposição, para isso é necessário uma organização e planejamento de modo a não esquecer de levar ferramentas e acessórios antes de praticar o serviço.

Sempre que possível manter –se na parte posterior do transmissor, isto é, na direção oposta da propagação, diminuindo a incidência sobre o corpo humano.

Em locais de risco como hospitais e escolas, é possível implantar a Gaiola de Faraday, que é uma malha devidamente projetada entre as paredes e tem a função de impedir a passagem de determinadas faixas de frequência no ambiente.

Por fim, é necessário ficar atento as normas e resoluções pertinentes, e se houver alguma desconformidade efetuar as denúncias cabíveis para que a situação seja solucionada.

4-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Relação aos objetivos do presente trabalho, é possível considerar que:

- As pesquisas científicas ainda não comprovaram de forma conclusiva os danos à saúde provocados pela radiação não ionizante, entretanto mostra - se que os danos são diretamente dependentes do tempo de exposição, frequência do sinal, distância da fonte geradora, intensidade da potência de transmissão da radiação não ionizante.

- As exposições cotidianas dos trabalhadores de provedor de serviços de internet , estão presentes senão obedecidas algumas restrições, como a distância mínima e tempo de exposição. Este estudo comprova que não é difícil manter essas distâncias mínimas das antenas, tanto para população em geral como dos trabalhadores, mas a empresa precisa conscientizar seus trabalhadores do seu risco além de cumprir as normas das legislações vigentes no território em que atua.

- A resolução 303/02 da Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel é bem clara em definir os parâmetros para cálculos dos campos eletromagnéticos e das distâncias mínimas enfatizando a diferença entre a exposição da população em geral e exposição ocupacional, essa última sendo mais crítica, pois a resolução leva em consideração que o trabalhador conheça os níveis de radiação, o risco que se encontra exposto e o próprio possa controlar sua exposição ao risco. Em pesquisas informais entre os trabalhadores foi constatado que poucos têm esse conhecimento, portanto, não possuem a condição para fazer esse controle.

É de suma importância considerar a exposição ocupacional a campos eletromagnéticos, tão importantes quanto outra exposição tais como químicas, biológicas, ergonômicas, mecânicas, etc., pois há vários indícios que esses campos afetam a saúde humana de alguma forma.

Em relação à Estação nº 4, presente no estudo de caso deste trabalho, requer atenção especial uma vez que está acima do limite de 2/3 da intensidade de CEMRF estabelecidos pelo art.19 da resolução 303/02. Exige – se medições com equipamentos aprovados pela Anatel, como medidor de intensidade de campo e analisador de espectro, para atestar que os campos eletromagnéticos estão em conformidade com a norma.

A discussão sobre o assunto deve ser constante e intenso, para que novos estudos sejam realizados, para que haja a certificação dos riscos da exposição à radiação eletromagnética. Como sugestão de trabalhos futuros fica a comprovação dos campos eletromagnéticos para as distâncias estipuladas no estudo de caso desse trabalho, bem como a pesquisa de outras fontes em faixas de frequências mais elevadas.

Para o engenheiro atuante na área de telecomunicações, esse estudo ajuda a abrir os olhos ao risco que antes passavam despercebidos, auxiliando a adotar atitudes mais rígidas nas rotinas de trabalho, tanto pessoais como dos trabalhadores que atuam no mesmo ambiente.

REFERÊNCIAS

ANATEL - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. **Diretrizes para delimitação da exposição a campos elétricos, magnéticos, eletromagnéticos variáveis no tempo (até 300 GHz)**. Brasília. Dez. 1999.

ANATEL - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. **Resolução N.º 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. Publicada no DOU de 10/07/2002.

ANGUERA, M,G. **Exposição à radiação não-ionizante emitida por equipamentos terapêuticos de micro-ondas e morbidade referida em fisioterapeutas**. Tese (doutorado) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo. Nov.2012.

ASTETE, Martin W. **Radiações não ionizantes**. 2006. Disponível em: <<http://www.higieneocupacional.com.br/download/radiacao-astete.pdf>>. Acesso em 20 abr.2014

CARVALHO, A,G. BADINHAN, L,F,C. **Eletrônica: Telecomunicações**. Centro Paula Souza. Governo de São Paulo. Fundação Padre Anchieta. 2011.

DIAS, M,H,C. SIQUEIRA, G,L. **Considerações sobre os efeitos à saúde humana da irradiação emitida por antenas de estações rádio-base de sistemas de celulares**. Revista Científica Periódica – Telecomunicações. Volume 05. Numero 01. Jun.2002.

FIGUEIREDO, C,H,S. RAMOS,G,L. PEREIRA,P,T, JÚNIOR, M,S. QUEIROZ,C,S. **Comparação de níveis de radiações de radiofrequência emitidas por antenas de estações rádio-base.** Revista Telecomunicações.vol.13,nº.01, Maio de 2011.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto.** Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília - DF, 2005. DISPONIVEL EM < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf > Acesso em 21 abr. 2015.

FRANZ, L,V. **Antenas, cabos e rádio enlace.** 2004. Disponível em:<[www.feng.pucrs.br/~jmiguel/_antenas/Curso de Antenas - Completo.pdf](http://www.feng.pucrs.br/~jmiguel/_antenas/Curso%20de%20Antenas%20-%20Completo.pdf) > Acesso em 25 jun. 2014.

GOMIDE, M,R,J. **Radiações eletromagnéticas não ionizantes em unidades de conservação da natureza: diagnóstico, proposta para mapeamento, monitoramento, avaliação de riscos e licenciamento ambiental.** Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. Dez. 2008.

HABERMANN, Mateus. **Prevalência de exposição aos Campos Eletromagnéticos e Justiça Ambiental do Município de São Paulo.** Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2008

HALLIDAY,D.,RESNICK, R., KRANE, K. S., **Física;** tradução Pedro Manual Calas Lopes Pacheco, Leydervan de Souza Xavier, Paulo Pedro Kenedi. 5.ed., Rio de Janeiro (RJ): LTC, 2004.

ICNIRP – INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION. **Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz – 300GHz)**. 2009. Disponível em: <http://www.icnirp.de/documents/RFReview.pdf>. Acesso em 08 jun. 2014.

JAMMET,H.P. **Comparison between radiological protection against ionizing radiation and non-ionizing radiation**. 2006. Disponível em: <http://www.irpa.net>. Acesso em 08 jun. 2014

MARTINS, C, I. LAMBERT, J, A.MILLOMEN,W. NOGUEIRA, M, C, J, A. **Radiações não ionizantes, efeitos e prevenções**. Disponível em:<http://eest.phza.net/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=121&Itemid=16> . Acesso em 08 jun. 2014.

MCREE, D, I. **Biological effects of microwave radiation**. Journal of The Air Pollution Control Association, 24:2,122-127. 1974. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1080/00022470.1974.10469899> >. Acesso em 08 jun. 2014.

NOGAROLLI, Marcos A C. **Metodologia para verificação dos limites de exposição à radiações não ionizantes de Alta-Frequência em ambiente ocupacional**. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho)- Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 2010.

PAULINO, José, O,S. **Radiações eletromagnéticas não ionizantes emitidas pelas antenas fixas de telefonia celular**. 2001. Disponível em: <http://www.higieneocupacional.com.br/download/antenas_celular_paulino.pdf>. Acesso em 20 abr. 2014.

SANCHES, C, A. **Projetando Redes WLAN**. São Paulo. 2007

SILVA JÚNIOR, C.A. **Análise da segurança da radiação não ionizante de antenas celulares, para montadores de sistemas irradiantes no topo de torres ou postes, em estações compartilhadas**. Cuiabá – MT, 2004. 55p. Monografia (especialização) – Faculdade de Arquitetura e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso.

TSQC – Rede de Tecnologia e Serviços de Qualificação. **Infraestrutura para garantir a qualidade das medições das radiações não ionizantes (RNI) sobre seres humanos**. Rio de Janeiro. ANVISA.2006.

VIAPIANA, Mario. **Ondas eletromagnéticas e os cuidados ao trabalhar com antenas**. 103 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2009.

VIEGAS, M,F. MARTIN,I,M. FERREIRA, D,V. OTANI, C. **Medidas da radiação não-ionizante na cidade de São José dos Campos, SP**.2005 Disponível em: <www.bibl.ita.br/xiencita/Artigos/Fund12.pdf> Acesso em 08 jun.2014.