



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES**

ELDO ALMEIDA SILVA

**ESTUDO SOBRE A INTENSIDADE DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NÃO
IONIZANTE EMITIDA POR ANTENAS TRANSMISSORAS DE TELEFONIA
CELULAR, RÁDIO E TELEVISÃO NA CIDADE DE FORTALEZA.**

FORTALEZA

2017

ELDO ALMEIDA SILVA

**ESTUDO SOBRE A INTENSIDADE DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NÃO
IONIZANTE EMITIDA POR ANTENAS TRANSMISSORAS DE TELEFONIA
CELULAR, RÁDIO E TELEVISÃO NA CIDADE DE FORTALEZA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Telecomunicações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará como requisito parcial necessário para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Xavier Gouveia

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Sérgio B. Sombra

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

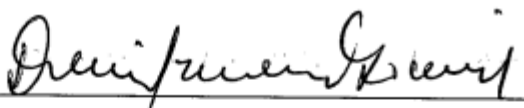
- S579e Silva, Eldo Almeida.
Estudo sobre a intensidade de radiação eletromagnética não ionizante emitida por antenas transmissoras de telefonia celular, rádio e televisão na cidade de Fortaleza / Eldo Almeida Silva. - 2017.
105 f.
- Dissertação (Mestrado) Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Engenharia de Telecomunicações, Campus Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Daniel Xavier Gouveia.
1. Campo Eletromagnético. 2. Radiação Não Ionizante. 3. Radiocomunicação. I. Título.
CDD 621.382
-

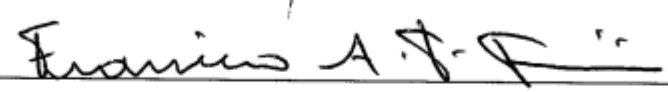
Aos 06 dias do mês de junho do ano de 2017, às 15h no auditório do LOCEM – Laboratório de Telecomunicações e Ciências e Engenharia de Materiais nas dependências da Universidade Federal do Ceará – UFC, realizou-se a 32ª (trigésima segunda) Defesa de Dissertação de Mestrado do PPGET, intitulada:

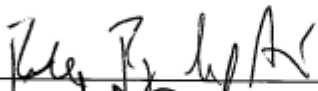
“ESTUDO SOBRE A INTENSIDADE DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NÃO IONIZANTE EMITIDA POR ANTENAS TRANSMISSORAS DE TELEFONIA CELULAR, RÁDIO E TELEVISÃO NA CIDADE DE FORTALEZA”

de autoria do candidato do **ELDO ALMEIDA SILVA** aluno do Programa/Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Telecomunicações (PPGET) em nível de Mestrado. A Banca Examinadora esteve constituída pelos professores doutores, sob a presidência do primeiro:

. Banca Examinadora

Orientador-Presidente 

1º Examinador 

2º Examinador 

3º Examinador 

Considerações da Banca: APROVADO

FORTALEZA

2017

AGRADECIMENTOS

À minha família, por todo afeto e apoio dado.

A minha esposa Ayris e aos meus filhos Eldo Filho e Pedro Vinicius, pelos incentivos, por compreenderem os momentos de ausência e por todo amor incondicional nessa vida.

Aos meus pais, Manoel e Ivanice, irmãos que me ensinaram a não temer desafios e a superar os obstáculos com humildade.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Daniel Xavier Gouveia e Profº Antonio Sérgio Bezerra Sombra, pela confiança, dedicação, consideração e acima de tudo estímulo certo na hora certa, atributos imprescindíveis para que este trabalho fosse realizado.

Ao Prof. Dr. José Wally Mendonça Menezes, pelos ensinamentos, também pelo coleguismo e amizade ao longo de tantos anos.

Aos amigos e colegas da Anatel, por ajudar na escolha do tema proposto na dissertação.

Aos professores do PPGET, pela efetiva contribuição para a vida, com ensinamentos tão dedicados, os quais constituíram para a base da motivação para este trabalho.

Aos amigos da Turma do PPGET, pelo companheirismo e solidariedade, atributos formadores da grande amizade construída durante o mestrado.

Ao Instituto Federal de Educação Tecnológica do Ceará - IFCE pela oportunidade oferecida através do mestrado.

Aos demais funcionários do PPGET.

A todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para o êxito deste trabalho.

RESUMO

Esta dissertação apresenta uma medição da intensidade dos níveis de exposição às fontes de radiações eletromagnéticas não ionizantes na faixa de radiofrequência provenientes das estações transmissoras de radiocomunicações (telefonia celular, rádio e televisão) e que estão instaladas em áreas densamente povoadas. Para atingir esses objetivos foram realizados os levantamentos bibliográficos sobre o assunto com base em estudos científicos, ressaltando seus aspectos regulatórios, técnico-científicos e práticos das medições desses campos eletromagnéticos. A metodologia está baseada em estudos de casos, com medições em campo e efetuadas no entorno das antenas em funcionamento, com utilização do medidor de campo de banda larga equipado com antena isotrópica na faixa de radiofrequência. Também são mostrados as normas nacionais e seus respectivos limites para a exposição. Finalmente são apresentados os dados coletados em pontos específicos, para então verificar se as emissões estão compatíveis com os limites estabelecidos na regulamentação vigente. O estudo detalhado sobre possíveis efeitos adversos à saúde está fora do escopo deste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Campo Eletromagnético. Radiação Não Ionizante. Radiocomunicação. Regulamentação.

ABSTRACT

This dissertation presents a measure in the intensity of the levels of exposure to sources of non-ionizing electromagnetic radiation in the radio frequency range from radio communications stations (cell phones, radio and television) and which are installed in densely populated areas. In order to reach these objectives, the bibliographical surveys on the subject were carried out based on scientific studies, emphasizing its regulatory, technical-scientific and practical aspects of the measurements of these electromagnetic fields. The methodology is based on case studies, with field measurements carried out around the antennas in operation, using the broadband field meter equipped with an isotropic antenna in the radiofrequency range. National standards and their exposure limits are also shown. Finally, the data collected in specific points are presented, to verify if the emissions are compatible with the limits established in the current regulation. The detailed study of possible adverse health effects is beyond the scope of this study.

Keywords: Electromagnetic Field. Non-Ionizing Radiation. Radio communication.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução dos Acessos de Celulares em Fortaleza	12
Figura 2 – Evolução das ERBs da Telefonia Celular em Fortaleza.....	12
Figura 3 – Propagação da Onda Eletromagnética	21
Figura 4 – Processo de Interação dos Campos Eletromagnéticos.....	23
Figura 5 – Espectro Eletromagnético	25
Figura 6 – Espectro de Radiofrequência	26
Figura 7 – Ambiente Eletromagnético	28
Figura 8 – Espectro com tipos de sinais via rádio	30
Figura 9 – Diagrama de Intensidade de Radiação	31
Figura 10 – Diagrama de Radiação de um dipolo	32
Figura 11 – Ângulo de meia potência de um diagrama de irradiação....	32
Figura 12 – Cobertura por uma antena omnidirecional	34
Figura 13 – Cobertura por três antenas direcionais.....	34
Figura 14 – Regiões de Campos da Antena.....	36
Figura 15 – Símbolos para radiação não ionizante	37
Figura 16 – Limites de referências de exposição da ICNIRP	40
Figura 17 – Níveis de referência para exposição a campos elétricos	44
Figura 18 – Determinar a média espacial da exposição a CEMRF	47
Figura 19 – Distribuição de ERBs em Fortaleza-CE	50
Figura 20 – Distribuição dos pontos de medições....	50
Figura 21 – Comportamento do sinal ao longo da direção de azimute	53
Figura 22 – Ponto estimado de máxima exposição ($X_{m\acute{a}x}$).....	54
Figura 23 – Cálculo da distância “r” a Antena	56
Figura 24 – Torre de ERB no topo de edifício	57
Figura 25 – Torre de ERB autoportante	57
Figura 26 – Fluxograma do método utilizado no estudo.....	59
Figura 27 – Exposição à RNI em função das características de irradiação	60
Figura 28 – Pessoa situada ao nível do solo.....	61
Figura 29 – Pessoa situada frontal a antena.....	61
Figura 30 – Pessoa sem visada direta a antena	61
Figura 31 – Croqui apresentando local com prováveis pontos de ensaio	62
Figura 32 – Gráfico dos valores teóricos das ERBs	69
Figura 33 – Gráfico dos valores medidos das ERBs.....	70
Figura 34 – Comparação dos valores teóricos e medidos das ERBs.....	71
Figura 35 – Comparação dos valores teóricos, medidos e limites das ERBs.....	71
Figura 36 – Pontos de medições frontal e sem visada com antena	72
Figura 37 – Gráfico com valores teóricos das Rádios.	76
Figura 38 – Gráfico com valores medidos das Rádios.	77
Figura 39 – Comparação dos valores teóricos, medidos das Rádios.....	78
Figura 40 – Comparação dos valores teóricos, medidos e limites das Rádios.....	78
Figura 41 – Gráfico com valores teóricos das Televisões	82
Figura 42 – Gráfico com valores medidos das Televisões	83
Figura 43 – Comparação dos valores teóricos, medidos das Televisões.....	84
Figura 44 – Comparação dos valores teóricos, medidos e limites das Televisões....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Grandezas, denominações e unidades dos CEM	20
Tabela 2 – Frequências e seus principais efeitos biológicos.....	24
Tabela 3 – Faixas e Aplicações do Espectro de Radiofrequência.....	27
Tabela 4 – Potências utilizadas nos sistemas via rádio	29
Tabela 5 – Critérios para definição de campo próximo e distante.....	36
Tabela 6 – Níveis de segurança do ICNIRP.....	37
Tabela 7 – Níveis de referência para exposição à RNI	39
Tabela 8 – Limites para exposição ocupacional a CEMRF	42
Tabela 9 – Limites para exposição populacional a CEMRF	42
Tabela 10 – Cálculo de distâncias mínimas de exposição para ocupacional	45
Tabela 11 – Cálculo de distâncias mínimas de exposição para populacional	45
Tabela 12 – Exemplo de parâmetros de estação típica	52
Tabela 13 – Relação das Estações Rádio Base (ERB) monitoradas	62
Tabela 14 – Especificações técnicas da ERB1	64
Tabela 15 – Cálculo da distância r para uma pessoa a 120m da ERB1	65
Tabela 16 – Cálculo de potência total irradiada ERB1	65
Tabela 17 – Resultados obtidos para ERB1.....	66
Tabela 18 – Especificações técnicas da ERB6	67
Tabela 19 – Cálculo da distância r para uma pessoa a 120m da ERB6	68
Tabela 20 – Cálculo de potência total irradiada ERB6	68
Tabela 21 – Resultados obtidos para ERB6.....	68
Tabela 22 – Valores teóricos de E(V/m) das ERBs	69
Tabela 23 – Valores medidos de E(V/m) das ERBs	69
Tabela 24 – Valores teóricos e medidos de E(V/m) das ERBs	72
Tabela 25 – Especificações técnicas da Rádio	74
Tabela 26 – Cálculo da distância d para um ponto a 120m da Rádio	74
Tabela 27 – Cálculo de potência total irradiada da Rádio	75
Tabela 28 – Resultados obtidos da Rádio.....	75
Tabela 29 – Valores teóricos de E(V/m) das Rádios	76
Tabela 30 – Valores medidos de E(V/m) das Rádios	77
Tabela 31 – Especificações técnicas da Televisão	80
Tabela 32 – Cálculo da distância d para um ponto a 120m da Televisão	80
Tabela 33 – Cálculo de potência total irradiada da Televisão	81
Tabela 34 – Resultados obtidos da Televisão.....	81
Tabela 35 – Valores teóricos de E(V/m) das Televisões	83
Tabela 36 – Valores medidos de E(V/m) das Televisões	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
CEM	Campos Elétricos e Magnéticos
CEMRF	Campos Elétricos e Magnéticos de Radiofrequências
E	Campo Elétrico
H	Campo Magnético
S	Densidade de Potência
ERP	Potência Radiada Efetiva
EIRP	Potência Efetiva Isotropicamente Radiada
ERB	Estação Rádio Base
FM	Frequência Modulada
2G	Telefonia Celular Segunda Geração
3G	Telefonia Celular Terceira Geração
4G	Telefonia Celular Quarta Geração
HF	Alta Frequência
ICNIRP	Comissão Internacional de Proteção contra Radiação Não ionizante
IEEE	Instituto de Engenharia Elétrica e Eletrônica
UIT	União Internacional de Telecomunicações
SI	Sistema Internacional
LF	Baixa Frequência
MF	Media Frequência
WIFI	Fidelidade sem fio
OMS	Organização Mundial de Saúde
RF	Radiofrequência
RNI	Radiação Não Ionizante
SAR	Taxa de Absorção Específica
SHF	Frequência Super Alta
SLF	Frequência Super Baixa
UHF	Frequência Ultra Alta
ULF	Frequência Ultra Baixa
TV	Televisão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Problema Estudado	14
1.2 Justificativa do Trabalho	15
1.3 Objetivo Geral	16
1.4 Objetivos Específicos	16
1.5 Organização da Dissertação	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1. Ondas Eletromagnéticas	18
2.2. Radiação Eletromagnética	22
2.2.1 Ionizante e Não Ionizante	22
2.2.2 Efeitos Térmicos e Não Térmicos	23
2.2.3 Espectro Eletromagnético	25
2.2.4 Espectro de Radiofrequência	26
2.2.5 Ambiente Eletromagnético	28
2.3. Parâmetros de Antenas	31
2.3.1 Intensidade de Radiação	31
2.3.2 Diagrama de Radiação	32
2.3.3 Ganho e Diretividade	32
2.3.4 Ângulo de Meia Potência	33
2.3.5 Regiões de Campo	35
2.4. Normas de Segurança de Exposição	37
2.4.1 Norma Internacional	38
2.4.2 Norma Nacional	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS	48
3.1 Área de Estudo	48
3.2 Coleta de Dados	51
3.2.1 Equipamentos Utilizados	52
3.2.2 Procedimento de Medição	53
3.2.2.1 Local de Máxima Exposição	53
3.2.2.2 Ponto de Medição Antena	56
3.3 Análise dos Dados	63
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
4.1 Estudo de Caso 1- Telefonia Celular	64
4.2 Estudo de Caso 2- Emissora de Rádio	74
4.3 Estudo de Caso 3- Emissora de Televisão	80
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
5.1 Conclusões	89
5.2 Contribuições e Críticas	91
5.3 Sugestões de Trabalhos Futuros	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	99

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Hoje, a população tem uma relação de dependência com as tecnologias que utiliza, dentre elas as que emitem campos eletromagnéticos. Podemos citar os setores de comunicações, energia elétrica, eletrônica, aparelhos residenciais etc. como fontes de radiação. De fato todos os dias a população é exposta a alguma forma de campo eletromagnético oriundo de torres de telecomunicações, que traz preocupação com esta exposição ao público em geral. Os supostos efeitos desta radiação são muito enfatizados na mídia.

O crescimento do número de aparelhos celulares impõe a necessidade de uma melhoria da cobertura por parte das operadoras que executam o serviço de telefonia móvel. Para obter as melhorias significativas no sistema, é necessário o aumento no número de equipamentos transceptores das estações, ou seja, uma maior quantidade de ERB instaladas.

A Organização Mundial da Saúde, OMS, órgão da ONU, definiu os valores limites para a exposição humana da população a radiações não ionizantes. No Brasil, a ANATEL, Agência Nacional de Telecomunicações, órgão regulador das telecomunicações ratificou estes limites estabelecendo a regulamentação no país.

Por ser um assunto complexo, tem gerado discussões, e polêmicas bem como estudos mais aprofundados feitos pela comunidade científica, devido à necessidade de informação técnica precisa e a realização contínua de medições de campo que comprovem a segurança dos níveis de radiação eletromagnética emitidas pelas antenas de radiocomunicação.

O crescimento da emissão de RNI (Radiação Não Ionizante) na área urbana de Fortaleza decorre naturalmente do processo de modernização que acontece, devido à intensificação da oferta da telefonia celular. Dados da ANATEL indicam que a quantidade de acessos celulares em Fortaleza evoluiu de 1,7 milhões em 2007 para 2,6 milhões em 2016, um aumento de 50%, conforme detalhado na figura 1.

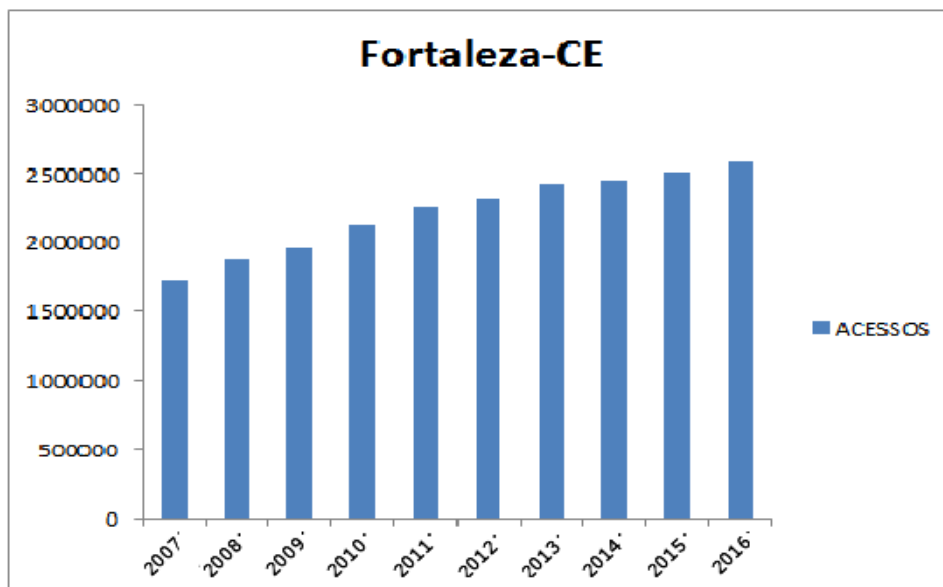


Figura 1 – Evolução dos Acessos da Telefonia Celular em Fortaleza [1].

A Figura 2 ilustra o crescimento das ERB ao longo dos anos, reflexo dos acessos móveis instaladas, onde o número de ERB teve um aumento de 100% no período de 2007 a 2016. Observa-se, que a partir de 2014, ocorre uma tendência clara de estabilização de crescimento mais lento para os próximos anos.

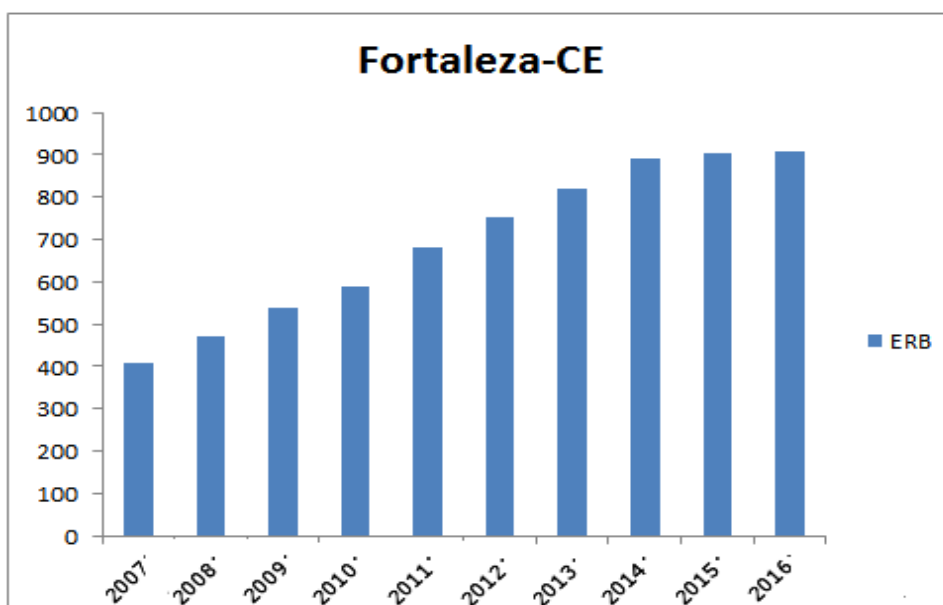


Figura 2 – Evolução das ERB da Telefonia Celular em Fortaleza [2].

Na abordagem da exposição humana aos campos eletromagnéticos na faixa de RF, existem dois pontos de vista: a) uma pelo aspecto dos efeitos adversos à saúde e b) outro no aspecto da caracterização do ambiente eletromagnético.

No primeiro ponto de vista, a OMS, a ICNIRP e o IEEE há muito realizam estudos para definir os limites de exposição e avaliação dos efeitos biológicos dessa exposição em tecidos humanos.

No segundo ponto de vista, o IEEE, a UIT e Anatel são os organismos internacional e nacional, respectivamente, que aplicam normas e recomendações para especificar o ambiente e a conformidade da exposição aos limites previstos.

O trabalho que deu origem a dissertação tem como enfoque a verificação dos níveis de intensidade das radiações eletromagnéticas não ionizantes na cidade de Fortaleza, no estado do Ceará. São realizadas medições dos campos elétricos, para verificação do atendimento aos limites da exposição humana, produzidos pelos emissores utilizados nos serviços de telecomunicações.

É interessante mencionar que, embora haja um ambiente de muitas dúvidas técnicas e científicas sobre o tema, ele é pouco estudado no Brasil. Alguns grupos de pesquisa se dedicam a seu estudo e não há um projeto nacional que congregue as pesquisas atuais [3].

No estudo sobre a emissão de radiações eletromagnéticas não ionizantes estamos nos referindo às emissões oriundas das estações transmissoras de radiocomunicação que abrangem as faixas de radiofrequência, compostas pelas seguintes aplicações de sistemas de transmissão: Telefonia Celular, Rádio e TV.

Neste trabalho, o campo elétrico E é a grandeza escolhida, para fazer a correlação entre os níveis estabelecidos na norma e os níveis mensurados em campo, utilizando o equipamento de medição.

1.1 Problema Estudado

Existe a preocupação da população sobre os possíveis impactos causados pela RNI lançadas pelas antenas transmissoras, principalmente as antenas de telefonia celular, com relação aos possíveis riscos que oferecem para a sua saúde.

Essa preocupação da opinião pública decorrentes da interação entre campos elétricos e magnéticos de alta frequência (na faixa de radiofrequência) resultam em muitos casos, em ações fiscalizatórias de gestão e monitoramento por parte do órgão regulador das telecomunicações.

Sabe-se que as maiores fontes geradoras de radiações eletromagnéticas não ionizantes são as operadoras de telefonia celular, e as permissionárias de radiodifusão de rádio e televisão. A expansão do setor de telecomunicações e o aumento da população torna este contexto mais preocupante especialmente no entorno de locais densamente povoados, como: bairros residenciais, hospitais, escolas, creches e asilos.

Neste trabalho são abordadas as questões de segurança que envolve as estações transmissoras e as radiações eletromagnéticas não ionizantes e de maneira geral através da análise dos valores dos campos eletromagnéticos.

1.2 Justificativa do trabalho

A principal motivação que levou a este estudo foi à controvérsia e a falta de informações das comunidades adjacentes as torres de transmissão de celular a respeito do assunto.

Nos últimos anos, a construção e instalação de novas estações de radiocomunicação, necessárias devido ao aumento da demanda, encontra algumas vezes resistência por parte da população.

Em vários casos, a preocupação da população tem levado a ações judiciais solicitando a paralisação da instalação de novas estações transmissoras de radiocomunicação ou o impedimento de torres de transmissão já construídas.

As concessionárias de telecomunicações têm contestado estas decisões judiciais, alegando que os riscos à população não possuem comprovação científica. Além disso, o impedimento da construção de novas estações de transmissão impossibilitaria o atendimento à crescente demanda por comunicações, causando prejuízos à população e à economia local.

Com a realização do presente estudo será esclarecido os possíveis riscos, que traz as informações consistentes e reconhecidas pela comunidade científica.

1.3 Objetivo Geral

O estudo tem como finalidade de verificar se os níveis de intensidade de RNI atendem aos limites de exposição produzidos por emissores artificiais utilizados por estações transmissoras dos serviços de radiocomunicações na cidade de Fortaleza,

1.4 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão sobre ondas eletromagnéticas, que permita o esclarecimento sobre o assunto pesquisado;
- Analisar as legislações, regulamentos vigentes referentes às RNI;
- Estudar os casos de radiações eletromagnéticas não ionizantes geradas por estações transmissoras na faixa de radiofrequências;
- Avaliação das medidas de intensidade de campo eletromagnético em pontos de medições e compara-los com os valores obtidos na legislação vigente;
- Fornecer subsídios aos agentes do setor de telecomunicações e de órgãos governamentais em eventuais demandas judiciais.

1.5 Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos:

Capítulo 1: compreende a introdução, que delimita o tema de estudo, apresenta o problema do estudo, identifica os objetivos de pesquisa, traz a justificativa desse estudo, e por fim, contém a estrutura do trabalho.

Capítulo 2: trata da fundamentação teórica, que é uma revisão da literatura do tema: ondas eletromagnéticas, radiações eletromagnéticas, espectro eletromagnético, mecanismos de interação, ambiente e parâmetros de antenas.

Capítulo 3: aborda a metodologia do trabalho, incluindo o método efetivamente utilizado, os locais específicos onde foram feitas tais medições, e os dados e informações obtidos na pesquisa.

Capítulo 4: análise dos resultados obtidos tanto nas medições da exposição aos campos eletromagnéticos, como das avaliações dos dados coletados das medidas.

Capítulo 5: apresentamos a conclusão da dissertação.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, é feita uma revisão de maneira a apresentar sucintamente a formulação clássica das ondas eletromagnéticas. São abordados alguns conceitos relevantes da teoria eletromagnética (ondas, radiações, ambientes eletromagnéticos, antenas, normas de segurança).

2.1 Ondas Eletromagnéticas

Embora a teoria eletromagnética seja muito complexa, o seu formalismo matemático é sintético.

Os fenômenos fundamentais do eletromagnetismo são descritos pelas Equações de Maxwell. Maxwell forneceu uma importante ligação entre os campos elétrico e magnético e mostrou que o campo eletromagnético se propaga em forma de ondas eletromagnéticas.

O domínio da teoria eletromagnética levou a diversas aplicações práticas, como telefonia celular, o rádio, a televisão, e também a constatação de que a luz é radiação eletromagnética.

As equações de Maxwell no espaço livre [4], e na forma diferencial, são:

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad \text{Lei de Faraday} \quad (2.1.1)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \text{Lei de Ampere} \quad (2.1.2)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho \quad \text{Lei de Gauss} \quad (2.1.3)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad \text{Lei de Gauss do Magnetismo} \quad (2.1.4)$$

Como sabemos estas equações exprimem os fenômenos básicos do eletromagnetismo que antes de Maxwell já eram conhecidos para campos estacionários [5].

As denominações e unidades no SI das grandezas de campo e parâmetros que aparecem nas Equações (1) a (4) estão listados na Tabela 1.

Grandeza	Denominação	Unidade SI
$\vec{E}$	Vetor de campo elétrico	V/m
$\vec{D}$	Vetor de fluxo elétrico (deslocamento elétrico)	C/m ²
$\vec{B}$	Vetor de fluxo magnético (indução magnética)	Wb/m ²
$\vec{H}$	Vetor de campo magnético	A/m
$\vec{P}$	Vetor polarização	C/m ²
$\vec{M}$	Vetor magnetização	A/m
ρ	Densidade de cargas livres	C/m ³
$\vec{J}$	Densidade de corrente livre	A/m ²
ϵ_0	Permissividade elétrica do vácuo	F/m
μ_0	Permeabilidade magnética do vácuo	H/m

Tabela 1– Grandezas, denominações e unidades dos CEM [6].

A teoria eletromagnética de Maxwell demonstrou que os campos elétricos e magnéticos são dependentes do tempo, obedece a uma equação diferencial denominada equação de onda eletromagnética.

A partir das Equações de Maxwell, obtêm-se a equação de onda na forma diferencial para o campo elétrico e magnético expressa em função $E(x, t)$ é:

$$\frac{\partial^2 E(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 E(x, t)}{\partial t^2} \quad (2.1.5)$$

As soluções mais simples para essas as equações são:

$$E = E_{\text{máx}} \cos(kx - \omega t) \quad \text{e} \quad H = H_{\text{máx}} \cos(kx - \omega t)$$

Onde, $E_{\text{máx}}$ e $H_{\text{máx}}$ são os valores máximos dos campos, $k = 2\pi/\lambda$ o número de onda, λ , o comprimento de onda e $\omega = 2\pi f$, a frequência angular.

Em qualquer instante a razão entre o campo elétrico e o campo magnético de uma onda eletromagnética é igual à velocidade da luz.

Uma onda eletromagnética é, portanto, a propagação combinada de um campo elétrico e de um campo magnético (Figura 3). Os campos E e H propagam-se em planos ortogonais entre si e em relação à direção de propagação [7].

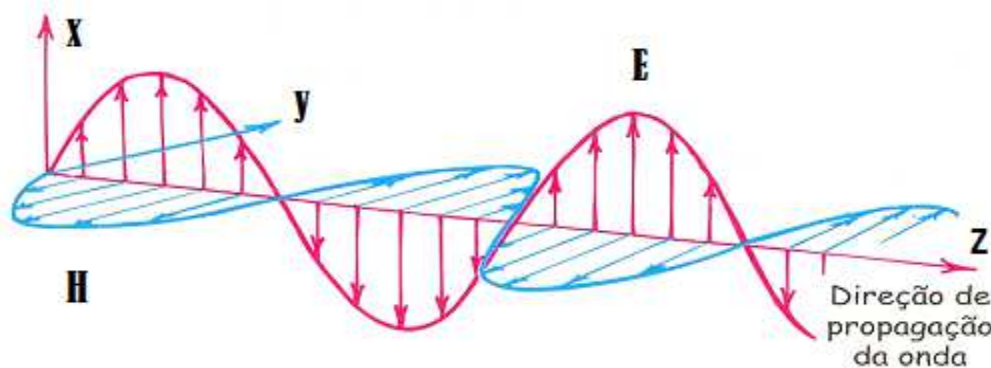


Figura 3 – Propagação da onda eletromagnética [8].

A energia transportada por uma onda eletromagnética é representada pelo vetor $\vec{S}$, chamado vetor de Poynting. O vetor $\vec{S}$ é dado pelo produto vetorial do vetor campo elétrico pelo vetor campo magnético e aponta no sentido de propagação da onda eletromagnética [5].

A onda eletromagnética emitida por uma estação de radiocomunicação está susceptível a variações espaciais e temporais em diferentes escalas, proporcionais à complexidade do ambiente (urbano, rural, residenciais, prediais, árvores, etc.). Assim, o canal não guiado envolve a especificação de como a onda eletromagnética deverá se propagar no ambiente no entorno da fonte de RF onde possivelmente está um hipotético indivíduo exposto a radiação.

Para uma fonte pontual isotrópica no espaço livre, a onda eletromagnética se dispersar uniformemente em todas as direções a partir de sua origem. A densidade de potência, que corresponde à razão entre a potência total radiada e a área da superfície esférica que envolve a fonte, é expressa por:

$$S = \frac{P_T}{4\pi \times r^2} \text{ W / m}^2 \quad (2.1.6)$$

Onde: P_T é a potência total radiada e

r é à distância da fonte ao ponto de observação.

As antenas tem um ganho, que é a concentração de energia eletromagnética em determinadas direções. Utiliza-se como medida relevante a potência efetiva isotropicamente radiada (EIRP), que representa o produto entre a potência (P_T) entregue à antena e o ganho (G_A) em determinada direção. Logo, a densidade de potência na direção de máximo ganho de uma antena, no espaço livre e em campo distante, pode ser escrita como:

$$S = \frac{EIRP}{4\pi \times r^2} \text{ W / m}^2 \quad (2.1.7)$$

Nessa região, conhecida como região de campo distante, os vetores intensidade de campo elétrico (E), intensidade de campo magnético (H) e direção de propagação (z) são mutuamente ortogonais. Nesse caso, tem-se que:

$$S = \frac{E^2}{377} = 377 H^2 \quad (2.1.8)$$

A partir de (2.1.7) e (2.1.8), a intensidade de campo elétrico pode ser obtida por:

$$E = 8,57 \cdot \frac{\sqrt{EIRP}}{r} \text{ V / m} \quad (2.1.9)$$

A onda eletromagnética que se propaga em ambiente urbanização está sujeita as variações espaciais e temporais em diferentes escalas, proporcionais à complexidade do ambiente. O modelo de propagação no espaço livre, apresentado anteriormente, deve ser modificado para que se considere não apenas a perda de percurso isoladamente, mas também o sombreamento e multipercurso. Assim, o canal não guiado envolve a especificação de como a onda eletromagnética deverá se propagar no entorno da fonte de RF e o indivíduo exposto [36].

Após a abordagem da teoria eletromagnética básica e suas características, com a introdução dos conceitos para o entendimento de ondas eletromagnéticas. A seguir serão apresentas a definição e a classificação da radiação eletromagnética, com seus níveis de intensidade para a exposição humana.

2.2 Radiação Eletromagnética

É considerada uma forma de radiação, qualquer tipo de propagação de energia. As radiações eletromagnéticas são classificadas em Ionizantes e Não Ionizantes.

2.2.1 Radiação Ionizante e Não Ionizante

Radiações ionizantes são aquelas que se caracterizam pela capacidade de ionizar átomos da matéria com os quais interagem. A capacidade de retirar elétrons depende da energia dos fótons e do material com o qual a radiação interage.

A radiação eletromagnética capaz de destruir ligações, “arrancar” elétrons de material biológico, necessita ser constituída por fótons com pelo menos 10 eV de energia, o que significa que somente radiações com frequência igual ou superior a do ultravioleta curto têm efeito ionizante [53].

A radiação ionizante dependendo das características do sistema irradiado e do tempo de exposição torna-se perigoso para os seres vivo, devido à capacidade de penetração e a quantidade de energia irradiada. Podem-se citar como exemplo as radiações alfa, beta, gama e os raios X. Quanto aos efeitos biológicos ligados a RI tem-se: leucemia, cataratas, redução de fertilidade, envelhecimento precoce, etc..

Entre as radiações eletromagnéticas, existem radiações de vários comprimentos de onda como luz, raios X e ondas de rádio (RF). A faixa de frequência considerada neste estudo refere-se às ondas de rádio FM, TV, telefonia celular. [9], [10], [11]. Estas são consideradas radiações não ionizantes (RNI) por não possuírem energia suficiente para ionizar átomos do meio com os quais interagem [12].

O parâmetro usado para caracterizar a radiação absorvida pelo corpo é a taxa de absorção específica que representa a taxa a que a energia eletromagnética é absorvida por uma unidade de massa de tecido. A unidade de absorção de radiação é a SAR dada em Watts por quilograma de tecido exposto [W/kg]. Os limites de segurança são estabelecidos para o parâmetro SAR [12].

2.2.2 Efeitos Térmicos e Não Térmicos

Os mecanismos de relação entre radiação não ionizante e sistemas biológicos podem ser dois tipos, efeitos térmicos caso sejam atribuíveis a deposições de calor ou então não térmicos se a interação direta do campo com substância do tecido não possuir componente de aquecimento significativa. O processo de interação dos CEM é possível ser exemplificada na Figura 4:

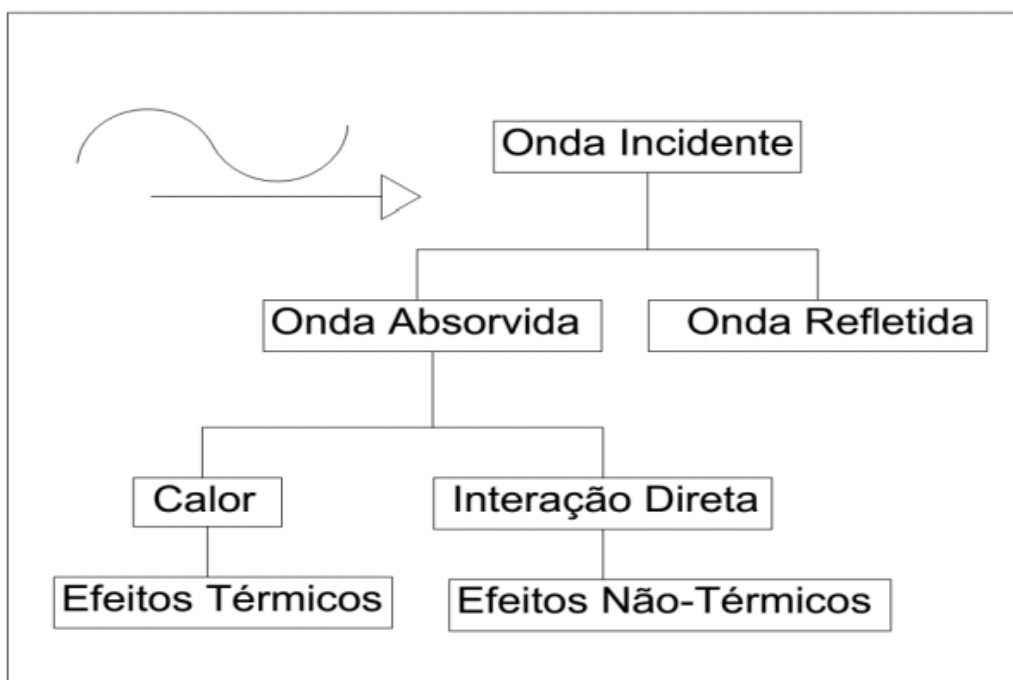


Figura 4 – Processo de Interação dos Campos Eletromagnéticos [13].

O 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 RNI [14].

Para haver uma concepção dos efeitos biológicos das RNI 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 [15].

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 [16].

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 e funções das células [16].

A tabela 2 relaciona as frequências e qual o campo de sua utilização com o local da maior penetração das radiações por radiofrequência.

Frequência (MHz)	Utilização	Local de maior efeito	Principais efeitos Biológicos
< 150	Rádio Navegação por Satélite, Retransmissão de Televisão.	–	O corpo é transparente
150 – 1000	Rádiodifusão (Rádio e TV)	Órgãos Internos	Prejuízo aos órgãos internos por aquecimento.
1000 – 10.000	Telefonia Celular	Olhos	Formação de Cataratas e danos aos testículos.
> 10.000	Pesquisa Espacial	Pele	A superfície da pele age como refletor ou absorve por aquecimento.

Tabela 2 – Frequências e seus principais efeitos biológicos [17].

2.2.3 Espectro Eletromagnético

O espectro eletromagnético é a distribuição da intensidade da radiação eletromagnética com relação ao seu comprimento de onda ou frequência [18].

Esse espectro eletromagnético apresenta uma distribuição de faixas de frequências em grupos com suas respectivas propriedades, denominações e comprimento de onda, associados às principais aplicações tecnológicas.

Pode ser representado por um diagrama que determina para cada intervalo de comprimento de onda, uma propriedade ou fenômenos associados à propagação de energia de radiação, conforme visto na figura 5.

Uma comparação do espectro eletromagnético, localizando as principais regiões de aplicação tecnológica é mostrada abaixo, destaque-se o intervalo entre os níveis de frequência, da radiação não ionizante e da radiação ionizante.

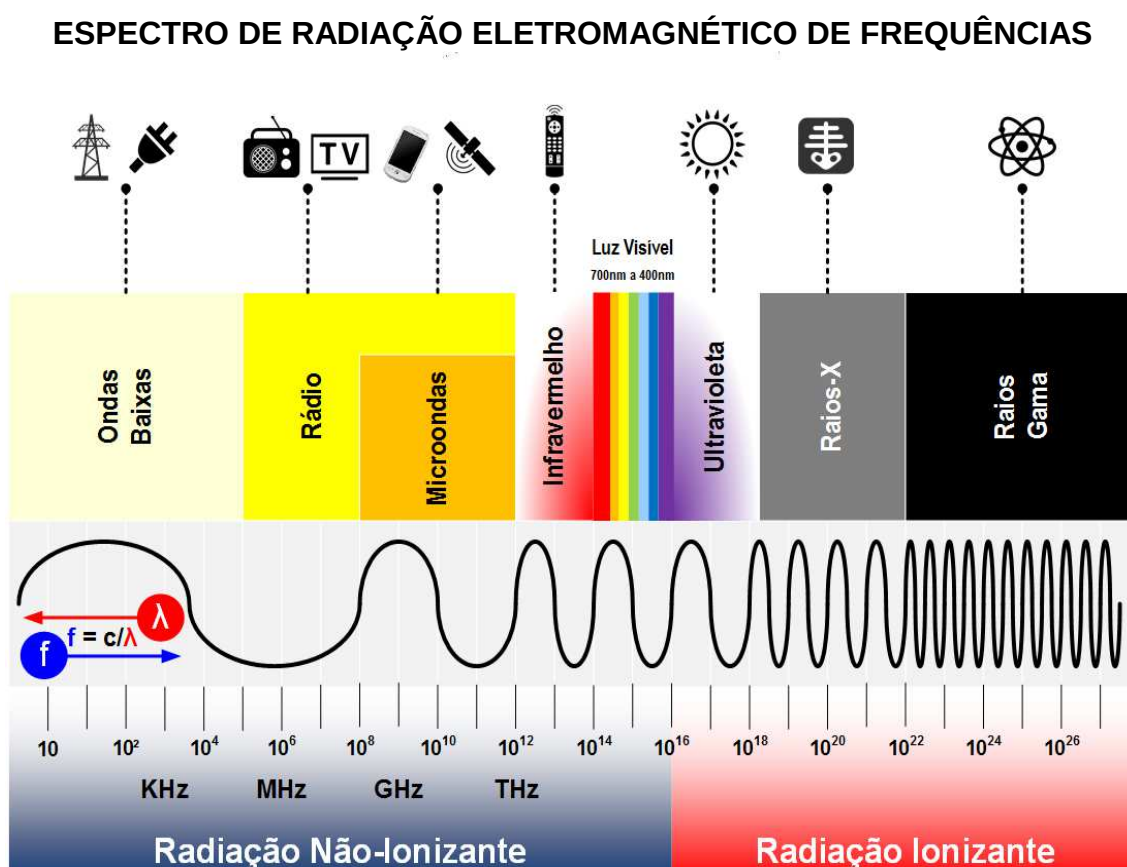


Figura 5 – Espectro Eletromagnético [18].

2.2.4 Espectro de Radiofrequências

O espectro de radiofrequência visto na figura 6 é formado por banda de frequências de ondas de radio, que correspondem às radiações do espectro eletromagnético com faixa entre os 3kHz e 300GHz. As radiações são classificadas de acordo com o intervalo de frequências que ocupam no espectro [19].

Toda a comunicação sem fio utiliza o espectro de radiofrequência para sua propagação através da comunicação via rádio. Trata-se de radiodifusão AM, radiodifusão FM, TV, internet distribuída com sinal de rádio, operadoras de telefonia celular, algumas concessionárias de TV por assinatura (Direct TV e Sky). Todos estes sistemas usam antenas para emitir e captar o sinal transmitido.

Outros fatores de interesse podem ser serviços ou aplicações na faixa de RF, como Serviço Móvel Pessoal (SMP), serviços de radiodifusão, como TV e rádio FM, nos quais os fenômenos de propagação são a visada direta, reflexão, difração, refração e múltiplo percurso.

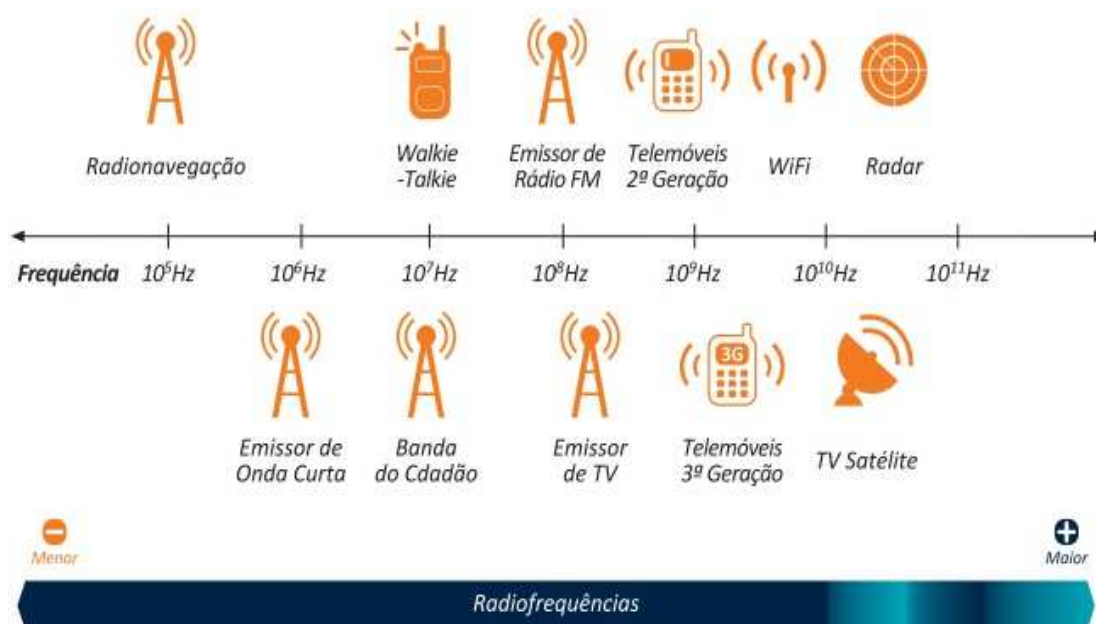


Figura 6 – Espectro de Radiofrequência [20].

Por acordo internacional o espectro de radiofrequências é dividido em bandas, sendo designado por um nome para cada intervalo. Uma grande variedade de enlaces de comunicações via rádio pode ser implementando com uso de qualquer frequência do espectro eletromagnético.

No Brasil, a organização responsável pela administração do espectro eletromagnético dos serviços de telecomunicações é a Anatel, seguindo o padrão internacional. A tabela 3 mostra as várias bandas de frequências com a designação e suas aplicações típicas.

FAIXA DE FREQUÊNCIA (Hz)	DENOMINAÇÃO TÉCNICA	DENOMINAÇÃO POPULAR	EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO
300 a 3000	E.L.F	Ondas Extremamente Longas	Comunicações para submarinos, escavações de minas etc.
3k a 30k	V.L.F	Ondas Longas Muito	Comunicações para submarinos, escavações de minas etc.
30k a 300k	L.F	Ondas Longas	Auxílio à navegação aérea, serviços marítimos e radiodifusão local.
300k a 3M	M.F	Ondas médias	Auxílio à navegação aérea, serviços marítimos e radiodifusão local.
3M a 30M	H.F	Ondas tropicais/ ondas curtas	Radiodifusão local e distante, sistemas marítimos (estações costeiras).
30M a 300M	V.H.F	Micro-ondas	Transmissão de TV, sistemas comerciais e particulares de comunicação, serviços de segurança pública (Polícia, Bombeiros etc.).
300M a 2G	U.H.F	Micro-ondas	Transmissão de TV, sistemas comerciais e particulares de comunicação, serviços de segurança pública (Polícia, Bombeiros etc.).
2G a 3G	U.H.F	Micro-ondas	Comunicação publica a longa distância: sistemas interurbanos e internacionais em radiovisibilidade, tropodifusão e satélite.
3G a 30G	S.H.F	Micro-ondas	Comunicação publica a longa distância: sistemas interurbanos e internacionais em radiovisibilidade, tropodifusão e satélite.
30G a 300G	E.H.F	Micro-ondas	Comunicação publica a longa distância: sistemas interurbanos e internacionais em radiovisibilidade, tropodifusão e satélite.

Tabela 3 – Faixas e Aplicações do Espectro de Radiofrequência [21].

2.2.5 Ambiente Eletromagnético

As fontes artificiais emitem radiação intencional ou não intencional. A radiação será intencional quando for provocada por equipamentos usados para geração de campos eletromagnéticos que se propagam em meios não guiados, como nos casos de radiocomunicação, como antenas de rádio, televisão e de comunicações móveis.

Todavia, a radiação será não intencional quando for causada por dispositivo cujo objetivo não é a transmissão de ondas eletromagnéticas no espaço, como linhas de transmissão de energia elétrica e equipamentos elétricos e eletrônicos de uso comercial e industrial.

Na comunicação via rádio, os níveis de radiação eletromagnéticos são objetos de estudo por parte de cientistas e pesquisadores no mundo e também aqui no Brasil. A figura abaixo, mostra o ambiente eletromagnético para os sistemas via rádio.



Figura 7 – Ambiente eletromagnético [22].

Os variados sistemas de comunicação via rádio que usam as tecnologias de radiofrequência são mostrados na Tabela 4:

Sistemas de Rádio	Potência do Transmissor (W)
Transmissão de TV e Rádio	5,000 – 100,000
Comunicação de emergência	50 – 100
Sistemas de rádio do governo	50 – 100
Estação rádio base (2G, 3G, 4G)	2 – 50
Estação banda larga sem fio	2 – 50
Dispositivos de rádio	
Walkie Talkies	0.1 – 5
Celulares	0.002 – 0.2
Modem Wi-Fi	0.1
Telefones sem fio	0.01 – 0.2
Carro com controle remoto	0.001 – 0.1

Tabela 4 – Potências utilizadas nos sistemas via rádio [22].

Os sistemas de alta potência são usados para a transmissão de rádio e televisão, normalmente, através de uma única torre de transmissão em local elevado. Para os sistemas de baixa potência são usados para comunicação móvel e dependem de uma rede de pontos de transmissão como as ERB.

Embora a potência do transmissor seja importante, a distância do transmissor (ou antena) é um fator fundamental para determinar a exposição das pessoas à radiofrequência. Por exemplo, uma babá eletrônica dentro de casa, normalmente, é uma fonte de alta exposição à radiofrequência devido à proximidade.

Observa-se na figura 8, um gráfico que mostra a tela do analisador de espectro (equipamento usado para medir sinais de radiofrequência) com a imagem os tipos de comunicação por sinais de rádio numa região de estudo. O gráfico serve para exemplificar os sinais dos serviços via rádio normalmente encontrado, e comparar os níveis de intensidade dos sinais presente.

No eixo horizontal do gráfico é indicado o tipo de serviço de rádio e no eixo vertical à esquerda, mostra o nível da frequência sinal em dBm (em relação a 1 mW). Aqui, as unidades não são importantes, exceto para mostra os níveis de sinal relativos. A imagem a segui apresenta os serviços de radio utilizados num ambiente.

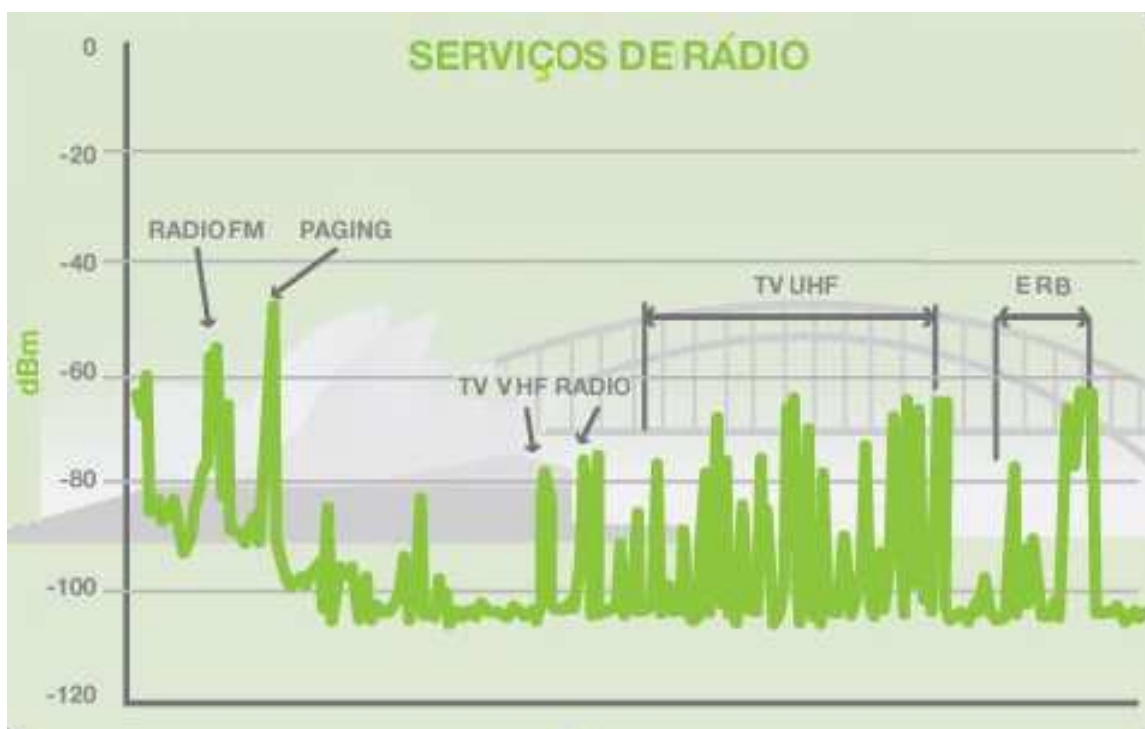


Figura 8 – Gráfico do espectro com tipos de sinais via rádio [22].

Na análise da exposição humana a CEMRF, são considerados os seguintes componentes: o emissor de RF, o canal não guiado e o individuo exposto. No primeiro, estão incluídos os parâmetros do sistema irradiante, como potência irradiada, ganho, diretividade e ângulo de meia-potência da antena. O segundo refere-se à atenuação da amplitude da onda eletromagnética, que se propaga em um meio não guiado, susceptível a variações dependente da distância (perda de percurso) e os efeitos de propagação de múltiplo percurso e sombreamento. O terceiro especifica as características do individuo exposto, porém não limitar-se a sua altura, peso e posição.

2.3 Parâmetros de Antenas

As antenas são definidas como dispositivos capazes de irradiar ou captar ondas eletromagnéticas no espaço, conforme o princípio da reciprocidade [54]. Suas dimensões físicas obedecem à ordem de grandeza do comprimento de onda relativa à frequência de operação.

Uma antena é um dispositivo transdutor. Ele transforma os sinais de tensão e corrente do sistema transmissor no sinal propagante, e vice-versa no sistema receptor, ela transforma o sinal captado em nível de tensão ou corrente recebido. A seguir são apresentados os principais parâmetros de uma antena:

- a) Intensidade de Radiação
- b) Diagrama de Irradiação
- c) Ângulo de Meia Potência
- d) Ganho e Diretividade
- e) Regiões de Campo

2.3.1 Intensidade de Radiação

A intensidade de radiação é uma grandeza que fornece a informação sobre a concentração da energia irradiada em uma determinada direção. A intensidade de irradiação U é definida como sendo a potência por unidade de ângulo sólido. Na figura 9 temos um gráfico da variação da intensidade de irradiação com a coordenada polar θ para uma determinada antena.

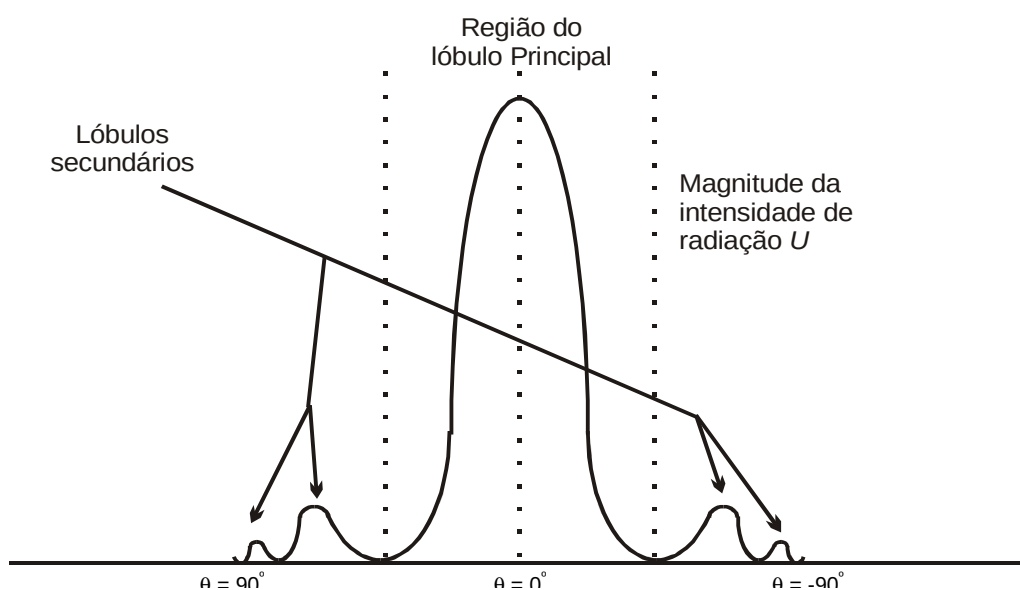


Figura 9 – Intensidade de radiação [23].

2.3.2 Diagrama de Irradiação

É a representação gráfica da distribuição espacial de energia eletromagnética em torno da antena (figura 10). É a variação espacial da Intensidade de Radiação $f = U(\theta, \phi)$ geralmente normalizado pela máxima Intensidade de radiação (U/U_m).

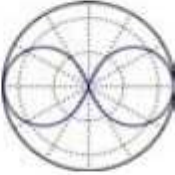
Tipo de Antena	Diagrama Tridimensional	Diagrama Vertical ou de Elevação	Diagrama Horizontal ou de Azimute
			
Dipolo de Meia Onda	$G = 2,15 \text{ dBi}$ $G = 0 \text{ dBd}$	Plano Elétrico	Plano Magnético

Figura 10 – Diagrama de Irradiação de um dipolo [23].

2.3.3 Ângulo de Meia Potência

O feixe de meia-potência pode ser obtido diretamente dos diagramas de radiação. Seu valor é fornecido em radianos ou em graus, sendo que a medição é feita entre as direções onde a potência irradiada cai para a metade do seu valor máximo [4]. Nos diagramas de radiação, estas direções correspondem aos pontos de -3db, conforme mostra a figura 11.

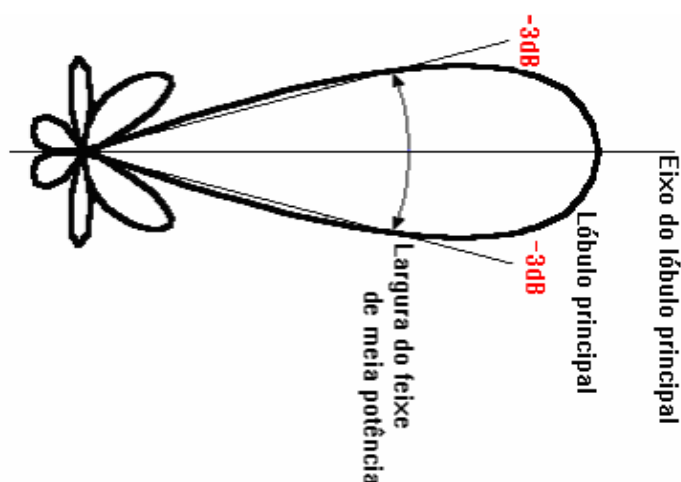


Figura 11 - Ângulo de meia potência de um diagrama de irradiação [23].

2.3.4 Ganho e Diretividade

O ganho G de uma antena é definido então como o produto da eficiência com a diretividade, dado por:

$$G = \eta \cdot D \quad (2.3.1)$$

Um ponto importante a ser considerado é que o ganho de uma antena nada tem haver com amplificação; a antena não está amplificando potência. O ganho está relacionado com o poder de concentrar a potência irradiada em uma determinada direção. Desta forma, antena com maior diretividade tem um ganho também elevado.

A diretividade de uma antena é uma medida do poder de concentrar a potência irradiada em uma determinada direção. A diretividade de uma antena é definida pela relação entre a intensidade de irradiação máxima $U_{m\acute{a}x}(\theta, \phi)$ e a intensidade de irradiação média produzida pela antena $U_{m\acute{e}d}(\theta, \phi)$. Assim, D (diretividade) é dado por:

$$D = \frac{U_{m\acute{a}x}(\theta, \phi)}{U_{m\acute{e}d}(\theta, \phi)} \quad (2.3.2)$$

A diretividade geralmente é definida tendo como referência um irradiador isotrópico (uma antena isotrópica), ou seja, que irradia potência uniformemente em todas as direções. É claro que um irradiador isotrópico, na prática, não existe porque qualquer antena, seja ela qual, exibe uma diretividade, ainda que pequena.

Quanto a diretividade, as antenas empregadas no sistema de telefonia celular são classificadas em dois tipos: omnidirecionais e setoriais (diretivas).

Antenas Omnidirecionais são aquelas que irradiam em todas as direções com o mesmo ganho no plano horizontal (Figura 12). O que as diferenciam de outras antenas é o seu diagrama de irradiação no plano vertical. O diagrama de irradiação representa ganho em todas as direções.

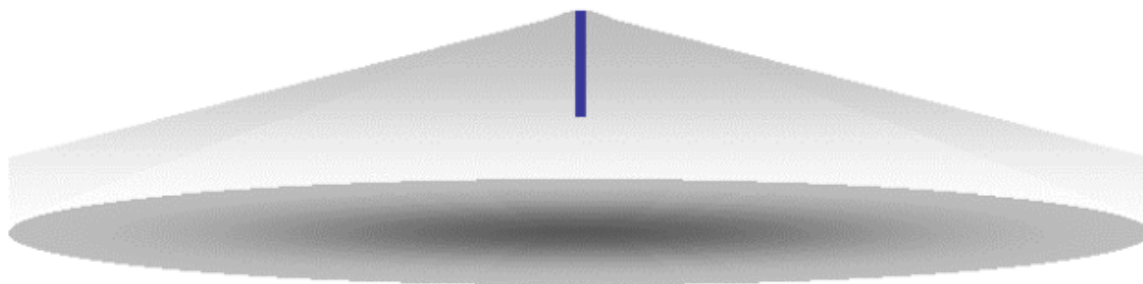


Figura 12 – Cobertura por uma antena omnidirecional [23].

Antenas Diretivas são aquelas que irradiam em uma única direção. Sabe-se que ao utilizar o conceito de reuso de frequências, estaremos sujeitos à ocorrência de interferências. Para garantir o requisito de qualidade de sinal, deve-se aumentar o fator de redução de interferência co-canal, em terrenos irregulares ou utilizar antenas diretivas. As mais utilizadas em sistemas celulares são as de 60° e 120° de abertura no plano horizontal de irradiação, conforme mostra a Figura 13.

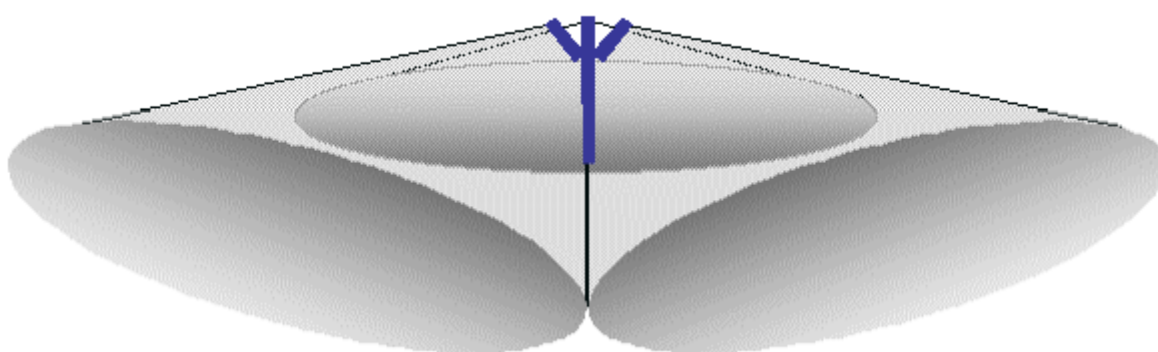


Figura 13 – Cobertura por três antenas diretivas [23].

2.3.5 Região de Campo

Os campos eletromagnéticos de RF emitidos pela antena mudam sua característica com a distância a partir da sua fonte de radiação. Para a avaliação dos campos de radiofrequência, em geral, o espaço é dividido nas seguintes regiões: campo próximo reativo, campo próximo radiante e campo distante.

A região de campo próximo está numa distância de aproximadamente $r < 2d^2/\lambda$ e a região do campo distante se estende a distâncias de $r > 2d^2/\lambda$, onde d é a maior dimensão da antena e λ é o comprimento de onda.

O campo próximo pode ser dividido em 3 (três) zonas:

- a) Reativa, onde existe predominância do campo reativo, podendo ocorrer acoplamento direto entre a antena emissora e qualquer outro dispositivo;
- b) Reativo-radiante, onde as componentes irradiadas e reativas são comparáveis;
- c) Radiante, onde as componentes irradiadas são predominantes, mas estas não se propagam como ondas planas.

A região de campo distante, os campos elétrico e magnético são perpendiculares e guardam entre si uma relação com a impedância intrínseca do meio de modo que a medição apenas do campo elétrico é suficiente para determinação da adequação aos níveis de RNI.

Como regra empírica, admite-se que a região de campo distante, ou campo de Fraunhofer, seja a região afastada do emissor de uma distância calculada pela seguinte expressão:

- d) $r \geq 3\lambda$, como regra geral, onde:
 - r = distância par início da região de campo distante, e
 - λ = comprimento de onda;
- e) $r \geq (2 \times d^2) / \lambda$, para os casos onde a dimensão d da antena é muito maior que o comprimento de onda, onde:
 - d = tamanho da antena emissora;

Resumidamente as características de campos próximos e distantes foram descritas na recomendação ITU-T K.61 que apresenta a seguinte tabela 5 resumo:

	Campo Próximo Reativo	Campo Próximo Reativo-Radiante	Campo Próximo Radiante	Campo Distante
Limite Interior	0	λ	3λ	$\text{Máx}(3\lambda; 2d^2/\lambda)$
Limite Exterior	λ	3λ	$\text{Máx}(3\lambda; 2d^2/\lambda)$	∞
Densidade de Potência S [W/m²]	$S \leq E H $	$S \leq E H $	$S \leq E H $ $= \frac{ E ^2}{Z_0} = Z_0 H ^2$	$S = E H $ $= \frac{ E ^2}{Z_0} = Z_0 H ^2$
$E \perp H$	Não	Não	Localmente	Sim
$Z = E/H$	$\neq Z_0$	$\neq Z_0$	$\approx Z_0$	$= Z_0$

Tabela 5 – Critérios para definição de campo próximo e distante [24].

Representação da região de campos próximo e distante

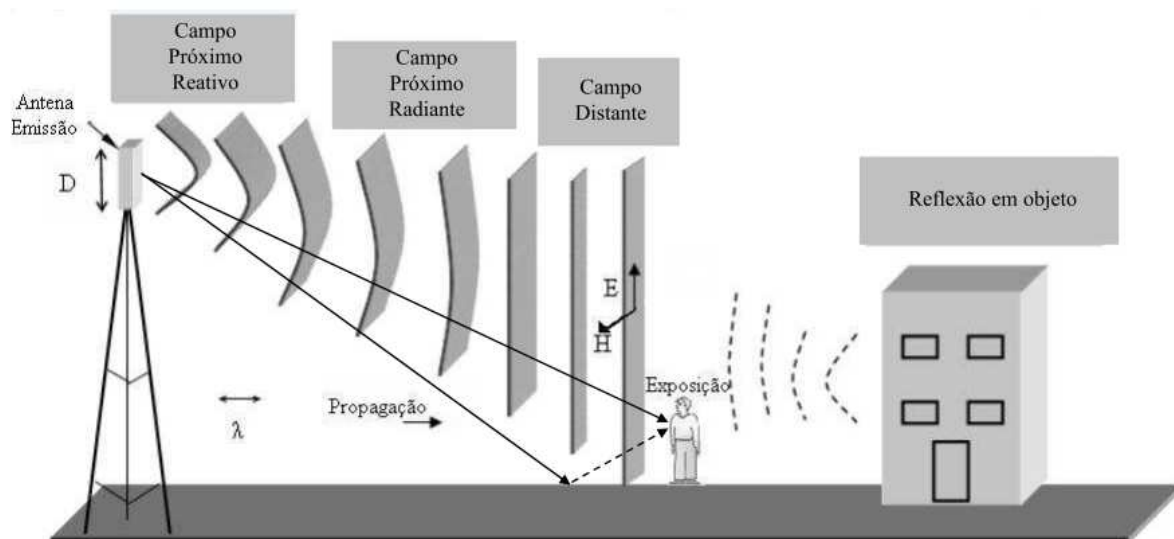


Figura 14 – Emissão, propagação e exposição à RNI [24].

2.4 Normas de Segurança de Exposição

As normas de exposição internacionais são elaboradas para proteger a população em geral e os trabalhadores ocupacionais contra os danos da radiação não ionizante, oriunda da radiofrequência. O público ocupacional exposto está geralmente exposto a condições do seu trabalho e são capacitados para evitarem os riscos potenciais e tomar as atitudes apropriadas. Porém, o público em geral consiste de pessoas de todas as idades e estados de saúde, e pode incluir grupos suscetíveis.

As pessoas, em muitos casos, não têm consciência de sua exposição aos campos eletromagnéticos. Então, não se espera que indivíduos do público em geral venha tomar precauções para reduzir ou evitar a exposição. Por estas razões que se baseia a adoção de restrições mais criteriosas para a exposição do público em geral, do que para a população ocupacional exposta.

Os níveis de limites de exposição servem para comparação com valores medidos de grandezas físicas. A coerência com todos os níveis de referência garante a concordância com as restrições básicas. No caso dos valores medidos serem maiores do que os níveis de referência, isso requer uma análise mais detalhada para avaliar a concordância com as restrições básicas.

Os países adotam as normas e regulamentações sobre os níveis permitidos de exposição, conforme pesquisas e os níveis medidos em campo. A OMS através do “International EMF Project” começou um programa, com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de padrões de segurança internacionais [20], em razão das enormes diferenças entre as normas e a crescente preocupação pública sobre os possíveis efeitos adversos da exposição a um número e variedade crescentes de fontes de campos eletromagnéticos.

É possível ver a simbologia da radiação não ionizante na figura 15:



Figura 15 – Símbolos para radiação não ionizante [25].

2.4.1 Norma Internacional

As diretrizes da ICNIRP foram publicadas em 1998, para limitar a exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos que varia no tempo até 300 GHz. Esse comitê foi criado em 1992, no 8º Congresso Internacional da IRPA, para investigar os possíveis danos à saúde relacionados à RNI e apresentar as diretrizes que limitariam a exposição à RNI e determinariam as medidas de proteção, a ICNIRP recebeu auxílio da OMS, do Programa Ambiental das Nações Unidas e da Organização Internacional do Trabalho (OIT) e suporte de alguns governos, como por exemplo, o da Alemanha [20].

O ICNIRP estabeleceu padrões para limitar às RNI adotados pela maior parte dos países do mundo, inclusive o Brasil através da Anatel.

Os limites à exposição são baseados no SAR médio do corpo humano determinado de acordo com as seguintes condições:

- a) Onda plana com o homem em pé, paralelo ao campo elétrico incidente, que representa uma situação de maior absorção, exceto em relação a poucos casos especiais.
- b) O SAR deve ser uma média em um período de tempo de 6 minutos, de modo a manter a relação entre potência absorvida e aquecimento induzido (aumento da temperatura do tecido devido à absorção).

Como o limiar para efeitos irreversíveis é superior a 4 W/kg, o ICNIRP estabeleceu os níveis de exposição para os profissionais da área (ocupacional) e público em geral com fatores de segurança de 10 e 50 vezes em relação ao limiar para efeitos irreversíveis, mostrado na tabela 6.

	SAR	Fator de segurança
Efeitos irreversíveis	> 4 W/kg	-
Limite Ocupacional	0,4 W/kg	10
Limite Público Geral	0,08 W/kg	50

Tabela 6 – Níveis de segurança do ICNIRP [26].

Verifica-se que, na tabela 7, os níveis de referencia para exposição à RNI em ambientes controlados e não controlados estabelecidos pela ICNIRP. Observa-se, que os valores limites para a exposição ocupacional representam cinco vezes os valores da exposição para população em geral, a qual ocorre em ambientes controlados e com utilização de equipamentos de proteção.

Ambiente Controlado (Exposição Ocupacional)				
Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo E (V / m)	Intensidade de Campo H (A / m)	Intensidade de Campo H (A / m)	Densidade de potência S_{eq} (W / m ²)
0,065 MHz a 1MHz	610	$1,6/f$	$2/f$	—
1MHz a 10MHz	$610/f$	$1,6/f$	$2/f$	—
10 MHz a 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 MHz a 2 GHz	$3 f^{1/2}$	$0,008 f^{1/2}$	$0,01 f^{1/2}$	$f/40$
2 GHz a 300 GHz	137	0,36	0,45	50
Ambiente Não Controlado (Exposição da População em Geral)				
Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo E (V / m)	Intensidade de Campo H (A / m)	Intensidade de Campo H (A / m)	Densidade de potência S_{eq} (W / m ²)
0,15 MHz a 1MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	—
1MHz a 10MHz	$87/ f^{1/2}$	$0,73/ f$	$0,92/ f$	—
10 MHz a 400 MHz	28	0,073	0,92	2
400 MHz a 2 GHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2 GHz a 300 GHz	61	0,16	0,2	10

Tabela 7 – Níveis de referência para exposição à RNI [27].

Na figura 16, temos o gráfico com os limites de referências campos elétricos e magnéticos de exposição ocupacional e da população em geral a CEMRF.

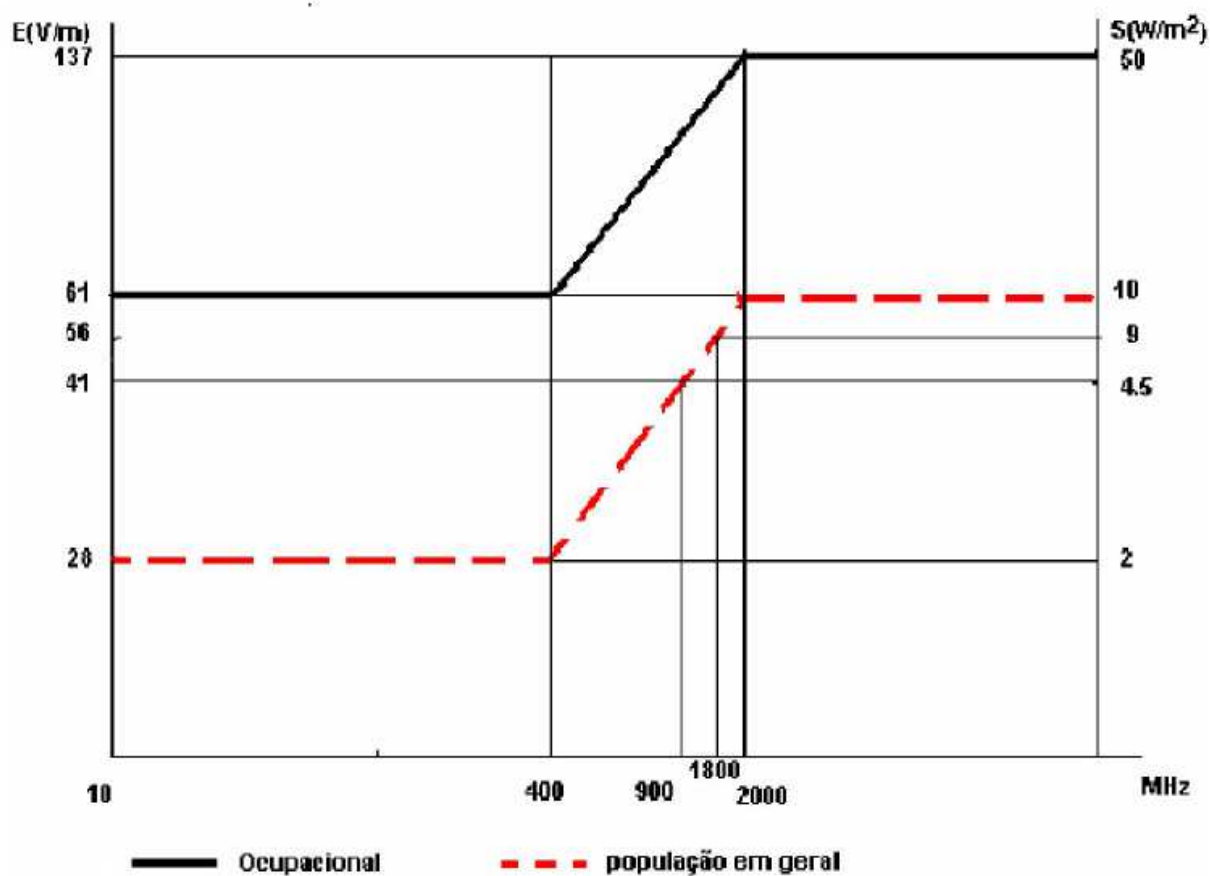


Figura 16 – Limites de referências de exposição da ICNIRP [27].

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 à saúde [28].

2.4.2 Norma Nacional

No Brasil, a proposta de normatizar a exposição à RNI surgiu em julho de 1999, com a decisão da ANATEL de adotar, como referência, os limites contidos na ICNIRP [17] da OMS, assim como é feito na Lei nº 11.394 de 5/05/2009 [29].

A Lei nº 11.934/09 determina que a emissão de CEMRF deve ser medida em todas as antenas do sistema celular a cada 5 anos, sendo possíveis solicitações de medidas pelo órgão regulador em intervalos não especificados.

Para torres que estejam instaladas a uma distância igual ou menor a 50 metros de creches, hospitais, clínicas, asilos e escolas, são determinados uma área crítica. Para as torres instaladas nesta condição, a conformidade perante a lei deve ser avaliada 60 dias após a emissão da licença de funcionamento para aquele sistema, além das avaliações citadas acima.

Por fim, a Lei ainda determina que para torres que estejam a uma distância inferior a 500 metros, deve-se ser compartilhada entre os sistemas radiantes.

Ressalta-se, que a legislação recomendada pela ANATEL e na Lei nº 11.934/2009 não determinam distâncias mínimas para instalação de ERB's em relação a unidades imobiliárias, ou instituições especiais, mas sim, qual a exposição do público deva estar abaixo de níveis toleráveis para o organismo humano. E dentro destes níveis, o único efeito conhecido é o efeito térmico, sendo que maiores danos ainda não foram identificados nestas condições [30].

A 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.

As Tabelas 8 e 9 mostram os limites para exposição ocupacional e do público em geral a CEMRF, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz.

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

Tabela 8 – Limites para exposição ocupacional a CEMRF [31].

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

Tabela 9 – Limites para exposição populacional a CEMRF [31].

Na aplicação das tabelas 8 e 9 devem ser aplicados 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 S_{eq} 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.

VII - 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) [15].

A figura 17 exibe os limites para exposição da população em geral a CEMRF, que estamos expostos oriundos dos sistemas de telefonia celular, rádio e televisão operando na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz.

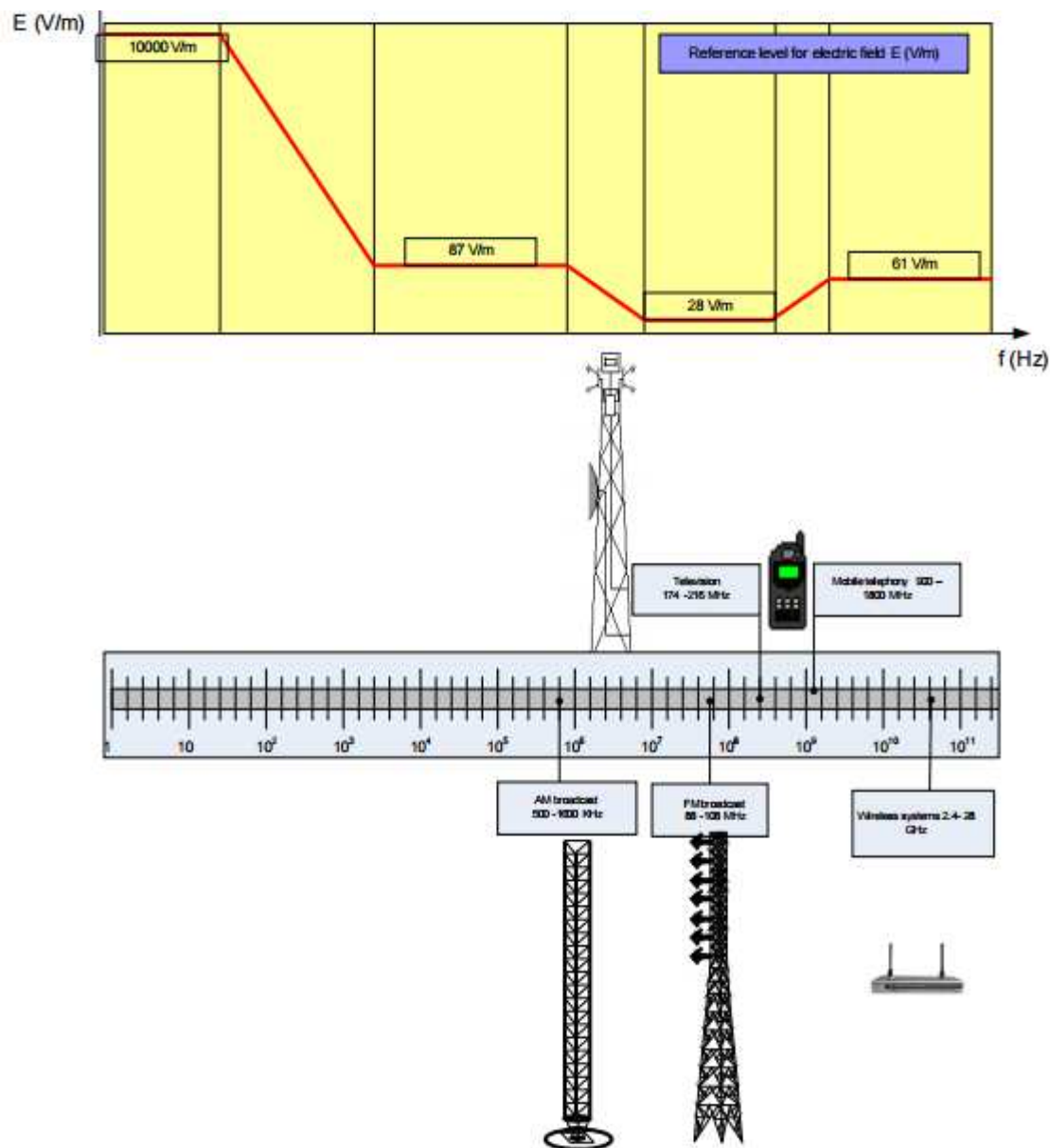


Figura 17 – Níveis de referência para exposição a campos elétricos [32].

As expressões para cálculo de distâncias mínimas das antenas de estações transmissoras para atendimento aos limites de exposição para ocupacional.

Faixa de Radiofrequências (MHz)	Distância mínima para exposição pela população em geral	
1 a 10	$r = 0,10\sqrt{EIRP \times f}$	$r = 0,129\sqrt{ERP \times f}$
10 a 400	$r = 0,319\sqrt{EIRP}$	$r = 0,409\sqrt{ERP}$
400 a 2.000	$r = 6,38\sqrt{EIRP \div f}$	$r = 8,16\sqrt{ERP \div f}$
2.000 a 300.000	$r = 0,143\sqrt{EIRP}$	$r = 0,184\sqrt{ERP}$
r é distância mínima da antena, em metros; f é a frequência, em MHz; Nas fórmulas acima, ERP e EIRP são dadas em watts.		

Tabela 10 – Distâncias mínimas as antenas para limites ocupacionais [33].

As expressões para cálculo de distâncias mínimas das antenas de estações transmissoras para atendimento aos limites de exposição para o público em geral.

Faixa de Radiofrequências (MHz)	Distância mínima para exposição ocupacional	
1 a 10	$r = 0,0144\sqrt{ERP \times f}$	$r = 0,0184\sqrt{ERP \times f}$
10 a 400	$r = 0,143\sqrt{EIRP}$	$r = 0,184\sqrt{EIRP}$
400 a 2.000	$r = 2,92\sqrt{EIRP \div f}$	$r = 3,74\sqrt{ERP \div f}$
2.000 a 300.000	$r = 0,0638\sqrt{EIRP}$	$r = 0,0819\sqrt{ERP}$
r é distância mínima da antena, em metros; f é a frequência, em MHz; Nas fórmulas acima, ERP e EIRP são dadas em watts.		

Tabela 11 – Distâncias mínimas as antenas para limites populacionais [33].

As expressões presentes nas Tabelas 10 e 11 foram derivadas do seguinte modelo de propagação utilizado para a região de campo distante:

$$S = \frac{ERP \cdot 1,64 \cdot 2,56}{4 \pi r^2} \quad (2.4.1)$$

ou

$$S = \frac{EIRP \cdot 2,56}{4 \pi r^2} \quad (2.4.2)$$

onde:

S é a densidade de potência, em W/m²;

e.r.p é a potência efetiva radiada, em watt;

e.i.r.p é a potência equivalente isotropicamente radiada, em watt;

r é a distância da antena, em metros;

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

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 [34]. Isto é, é a energia que seria transmitida caso fosse irradiada em todas as direções. Já a ERP é a potência que efetivamente esta sendo transmitida, em uma determinada direção.

Para fins de avaliação de estações de radiocomunicação, a utilização das expressões das Tabelas 10 e 11 para demonstração do atendimento aos limites de exposição à CEMRF, tanto ocupacional quanto da população em geral, apenas será aceita nos casos em que todos os locais, passíveis de serem ocupados por pessoas, estejam a distâncias maiores que as calculadas ou que o seu acesso seja restrito.

As normas de exposição humana a CEMRF criam limites de exposição localizada e para o corpo inteiro, tendo com base uma pessoa adulta de referência. Logo, um indivíduo comum, para uma dada intensidade de campo elétrico, pode absorver mais ou menos radiação eletromagnética em relação a outro indivíduo, dependendo de suas propriedades físicas e posição, além das características da propagação do sinal.

A caracterização de um ponto será realizada por meio de médias temporais considerando a sonda posicionada em altura específica, podendo demandar a realização de médias espaciais quando o nível de pico ultrapassar 50% do limite de exposição, ou seja, seja maior que aproximadamente 14V/m ou 0,0365A/m.

Quando o nível de pico do campo no local em análise exceder 10% do limite de exposição humana em termos de intensidade de campo elétrico, a demonstração do atendimento deverá ser determinada com base na média de, pelo menos, três médias temporais em uma varredura vertical, disposta, conforme figura 18.

As medições sempre devem ser realizadas com o instrumento posicionado sobre um tripé que permita o ajuste da altura do elemento sensor, normalmente a extremidade da sonda isotrópica ou o centro de fase de uma antena.

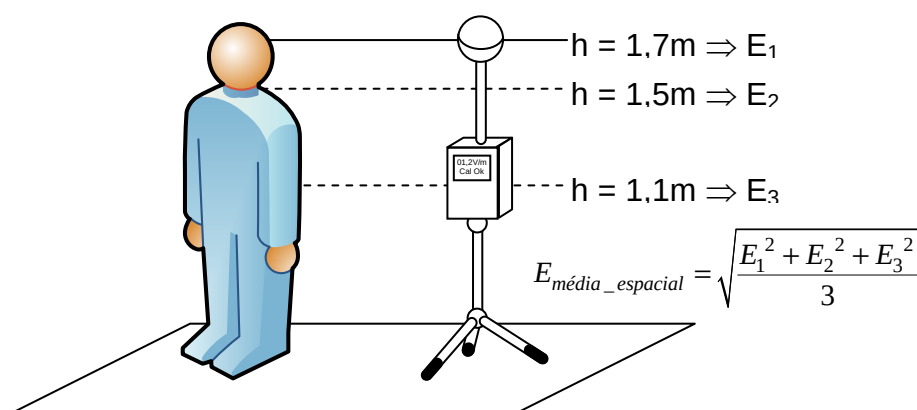


Figura 18 – Determinar a média espacial da exposição à CEMRF [35].

Considerando que a incidência de campo elétrico ao longo do corpo de uma pessoa ocorre comumente com distribuição não uniforme, é necessária a determinação da média espacial, principalmente para frequências superiores a 300 MHz para o serviço de telecomunicação aplicado.

CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo epidemiológico de caso-controle, realizado durante o ano de 2016, no período de maior tráfego entre 10h e 20h a que estão expostos o público em geral no município de Fortaleza-CE.

3.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado na cidade de Fortaleza, no Estado do Ceará. A escolha desta cidade deve-se ao fato de apresentar significativa concentração demográfica e por ser destaque como polo político-econômico estratégico do Estado do Ceará.

Logo, com essas características supracitadas, esta cidade é alvo das operadoras de telefonia, que de maneira contínua necessitam ampliar suas redes de telefonia celular, compartilhando ou implantando novas ERBs, para atender a crescente demanda motivada pela disponibilidade dos novos serviços atrelados a evolução tecnológica do sistema.

Na avaliação quantitativa, foram escolhidos os pontos situados nos locais mais críticos, sobre a influência do maior número de antenas. Em uma mesma ERB pode haver equipamentos de uma única operadora, como também pode ocorrer o compartilhamento entre várias operadoras. Neste estudo foram encontradas quatro situações distintas: site de uma única operadora, site compartilha com duas, três e até quatro operadoras.

Será descrito a seguir um procedimento de cálculo para a faixa de operação da operadora de celular, esse método é usado como modelo em todos os cálculos de campo elétrico, campo magnético e densidade de potência, no ponto escolhido, considerando todos os setores das operadoras. Nota-se que os valores de ganho irão variar de acordo com o ângulo encontrado, dependendo do setor da operadora e da distância da estrutura até o ponto de cálculo.

O critério de seleção das ERB da telefonia celular, de rádio e televisão para medições dos campos eletromagnéticos, deu-se com base no maior adensamento de antenas, uma vez que esses campos podem ser acumulativos. Então, escolheu-se para tal análise o bairro da Aldeota (Tabela 13), por conter maior número de torres, conforme análise prévia em campo e dados disponíveis no sítio da Anatel.

Nº	Local de Instalação Bairro Aldeota	Coordenadas Geográficas	
		Latitude	Longitude
1	Rua Henriqueta Galeno	03°43'52"S	38°29'35"W
2	Rua Vicente Leite	03°43'54"S	38°29'38"W
3	Rua Coronel Linhares	03°43'53"S	38°29'37"W
4	Av. Henrique Saboia	03°44'36"S	38°30'45"W
5	Rua Coronel Jucá	03°44'41"S	38°29'20"W
6	Rua Monsenhor Catão	03°44'39"S	38°29'23"W
7	Rua Vicente Linhares	03°44'45"S	38°29'22"W
8	Av. Virgílio Távora	03°44'35"S	38°29'41"W
9	Rua Israel Bezerra	03°44'59"S	38°29'57"W
10	Rua Leonardo Mota	03°45'01"S	38°30'02"W
11	Rua Francisco Holanda	03°44'58"S	38°29'56"W
12	Av. Pontes Vieira	03°40'47"S	38°34'24"W
13	Rua Visconde de Mauá	03°44'38"S	38°30'07"W
14	Rua Padre Valdevino	03°44'37"S	38°30'08"W
15	Rua Tibúrcio Cavalc.	03°44'37"S	38°30'17"W
16	Rua Dias da Rocha	03°44'20"S	38°29'33"W
17	Rua Barbosa de Freitas	03°45'01"S	38°30'05"W
18	Av. Desembarg Moreira	03°44'27"S	38°29'58"W
19	Rua Osvaldo Cruz	03°44'08"S	38°30'46"W
20	Rua Torres Câmara	03°44'10"S	38°30'44"W
21	Rua Padre Valdevino	03°44'37"S	38°30'08"W
22	Rua Tibúrcio Cavalc.	03°44'37"S	38°30'17"W
23	Rua Dias da Rocha	03°44'20"S	38°29'33"W
24	Rua Paula Ney	03°44'21"S	38°29'32"W
25	Rua Eduardo Garcia	03°44'22"S	38°29'31"W
26	Av. Desembarg Moreira	03°44'27"S	38°29'58"W
27	Rua Osvaldo Cruz	03°44'08"S	38°30'46"W
28	Rua Torres Câmara	03°44'10"S	38°30'44"W
29	Av. Santos Dumont	03°44'11"S	38°29'47"W
30	Rua Barbosa de Freitas	03°45'01"S	38°30'05"W

Tabela 13 – Relação das estações radiotransmissoras na cidade de Fortaleza [40].

3.2 Coleta de Dados

Para a coleta de dados em campo foram observadas as diretrizes da Resolução nº 303/2002 - ANATEL. Confrontou-se o limite de exposição dos valores obtidos, verificando se os mesmos estavam em conformidade com as normas estabelecidas pelas organizações governamentais e não governamentais, visando garantir a segurança do público em geral.

O monitoramento foi executado no entorno das ERB's referenciadas, adotando um raio médio de 120 metros a partir da torre na direção de maior ganho da antena. Nas medições foi considerada a região de Campos distantes, que é a região do espaço onde os campos elétrico e magnético possuem características aproximadamente de onda plana e as componentes de campo elétrico e campo magnético são perpendiculares entre si e ambas são transversais à direção de propagação [55].

Devido a estas características basta obter o campo elétrico ou campo magnético. A densidade de potência é obtida a partir da intensidade de um dos campos, obedecendo ao período de tempo de 6 (seis) minutos como média temporal na realização das medidas em cada ponto escolhido [55].

Ressalta-se que o estudo tem como foco o ambiente populacional, portanto não será realizada avaliação quantitativa dos campos eletromagnéticos na região de campos próximos, visto que esses campos estão presentes apenas no ambiente ocupacional.

As ERBs se distribuem por toda área de Fortaleza, mas ocorre maior concentração na região envolvendo os bairros da Aldeota, Dionísio Torres, Papicu, Centro e Joaquim Távora. Na medida em que se afasta de Fortaleza na direção de Messejana ou Caucaia, observa-se uma natural redução na quantidade de torres.

3.2.1 Equipamentos Utilizados

A seguir, é apresentada a configuração básica dos equipamentos utilizados nos testes para verificação em campo.

- NARDA (Medidor de campo NARDA com sonda Isotrópica);
- R&S TS-EMF (Analisador de Espectro FSH, com antena direcional);
- Resolução de Faixa (RBW) de 200 kHz para canais GSM e de 30 kHz para canais da tecnologia 3G e 4G na medição;
- Tripé com a sonda instalada a 1,50 m;
- Telêmetro;
- GPS;
- Uma medição por ponto, aplicando média temporal;
- O corpo do avaliador não estava na linha de visada entre sonda e antena, para evitar a influência das reflexões no corpo.

As principais características do equipamento NARDA ERM 300(anexo) são:

- Faixa de frequência de operação: 100kHz – 3 GHz;
- Faixa dinâmica de medição: 1 mV/m – 100 V/m;
- Incerteza de medição (intervalo de confiança de 95%): $0 \pm 2,5$ dB @ 0,9 GHz; $0 \pm 2,97$ dB @ 1,8 GHz; $0 \pm 3,29$ dB > 2,4 GHz.

As principais características do equipamento R&S TS-EMF são:

- Faixa de frequência de operação: 30 MHz – 3 GHz;
- Faixa dinâmica de medição: 1 mV/m – 100 V/m;
- Incerteza de medição (intervalo de confiança de 95%): $0 \pm 2,5$ dB @ 0,9 GHz; $0 \pm 2,97$ dB @ 1,8 GHz; $0 \pm 3,29$ dB > 2,4 GHz.

O equipamento utilizado mede a intensidade de campo elétrico nos três eixos ortogonais. O analisador de espectro pode ser utilizado como redundância no teste em campo, no provável defeito no medido de campo NARDA, para posteriormente medir o campo elétrico equivalente.

3.2.2 Procedimento de Medição

3.3.2.1 Local de Máxima Exposição

Para a determinação da distância na qual a intensidade de radiação é maior, efetua-se uma prévia varredura na faixa identificada como sendo de operação da ERB, em linha reta ao setor em análise a intervalos de aproximadamente 120m (já que os valores típicos ficam entre 30 e 200 metros) [17], até que a intensidade do sinal comece a reduzir. A partir desta identificação pode-se traçar uma linha imaginária no croqui, identificando os locais propícios para medição.

A figura 21 mostra o comportamento do sinal radiado por uma ERB típica. Observa-se que há picos locais devido aos lóbulos laterais da antena em distâncias próximas da torre, porém o ponto de máxima exposição ocorre em local mais distante. A partir desse ponto, a densidade de potência decresce com a distância.

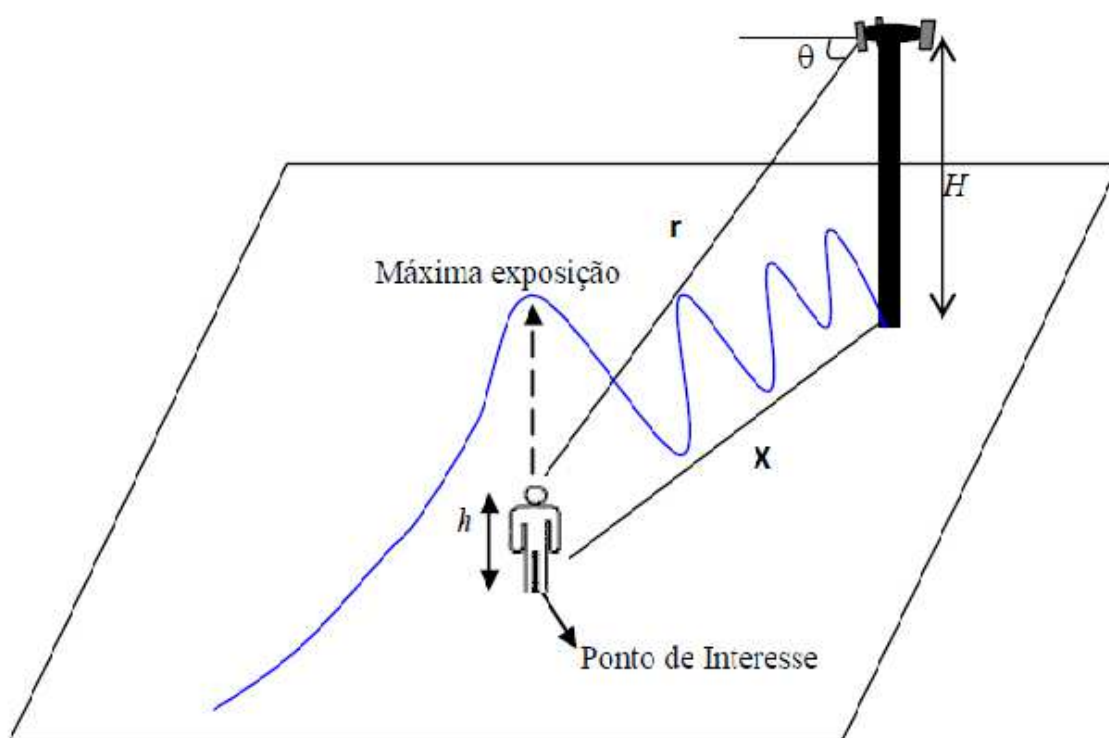


Figura 21 – Comportamento do sinal ao longo da direção de azimuth [17].

O local de máxima exposição ($X_{m\acute{a}x}$) é o ponto onde a pessoa estaria exposta a uma máxima densidade de potência relacionada com a emissão de uma fonte avaliada, considerando apenas o lóbulo principal da antena.

Usualmente, esse ponto ocorrerá na direção de azimuth entre um ponto inferior (X_0), visto pelo primeiro nulo da antena abaixo da linha do horizonte, e um ponto superior (X_1), visto pela máxima radiação da antena, conforme figura 22.

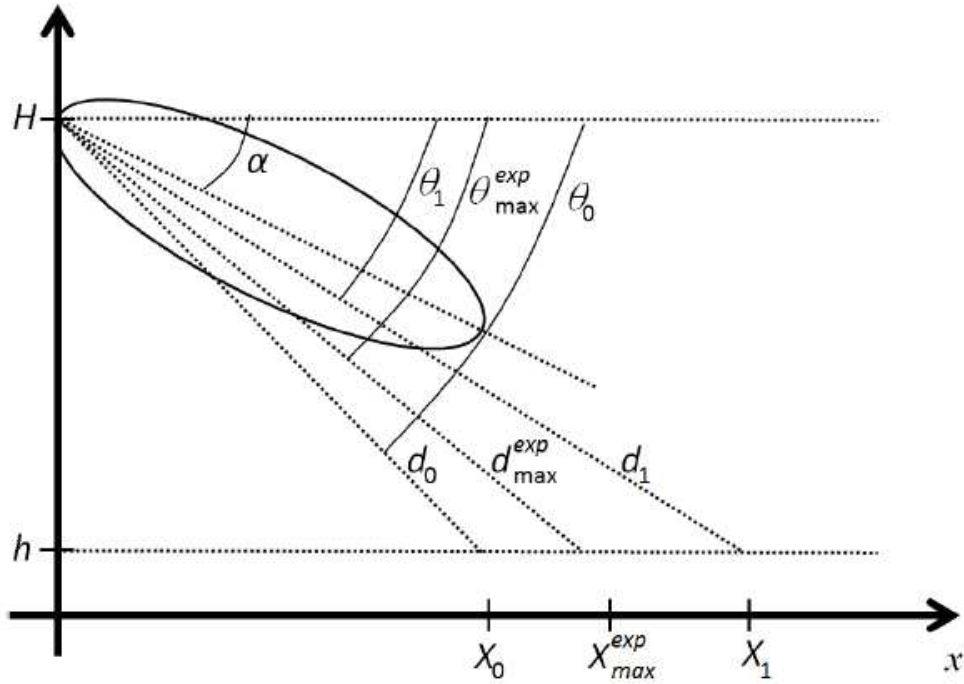


Figura 22 – Ponto estimado de máxima exposição ($X_{máx}$) [37].

A partir de $X_{máx}$, o nível de exposição cresce até alcançar um valor máximo. Esses pontos são determinados por:

$$X_0 = \frac{H - h}{(\operatorname{tg} \alpha + 1,13 \theta_{bw})} \quad (3.2.1)$$

$$\text{e} \quad X_1 = \frac{H - h}{(\operatorname{tg} \alpha)} \quad (3.2.2)$$

Nas equações (3.2.1) e (3.2.2), H é a altura da antena; h é a altura de referência em que as medições são realizadas; α é o tilt da antena, ou seja, o ângulo entre a direção de máxima radiação e o horizonte; e θ_{n1} é o ângulo do primeiro nulo abaixo da linha do horizonte.

Segundo [36], a provável ponto de máxima exposição associado a um lóbulo principal de uma antena podem ser estimado com uso da equação (3.2.3):

$$X = X_{\max} = \frac{\sqrt{[(H - h) \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (1 + 0,5 \cdot q)]^2 + 2 \cdot q \cdot (H - h)^2} - (H - h) \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (1 + 0,5 \cdot q)}{2}$$

Onde $X_{\text{máx}}(\text{m})$ indica a distância horizontal estimada da antena na direcção do lóbulo principal onde a exposição máxima é esperada, $H(\text{m})$ é a altura da antena, h é a altura do ponto de referência na qual as medições devem ser realizadas, α é o downtilt da antena (mecânico e elétrico) e q é calculado por:

$$q = \frac{\log(0,5)}{\log[\cos(0,5 \theta_{bw})]} \quad (3.2.4)$$

Onde θ_{bw} é a largura do feixe de meia potência da antena.

A localização estimada indica a provável região de exposição máxima. No entanto, devem ser levados em conta que campos dispersos e difratados podem deslocar o real local máximo em outras regiões.

Por exemplo, considere os dados da Tabela 12, com alguns parâmetros de uma ERB típica. Desconsiderando o espalhamento do sinal devido ao ambiente físico (solo, prédios, árvores etc.), o $X_{\text{máx}}$ ocorrerá entre 82 m e 238 m da ERB.

Parâmetros da ERB
Altura da antena (H) = 40 m
Altura de referência (h) = 1,5 m
Ângulo de meia-potência = 13°
Tilt (α) = 10°
Resultados obtidos
$\theta_{n1} = 2,257 \times 0,5 \times \theta_{BW}$
$X_0 = (35 - 1,5) / (\text{tg } 8 + 14,67) = 82 \text{ m}$
$X_1 = (35 - 1,5) / (\text{tg } 8) = 238 \text{ m}$
Ponto $X_{\text{máx}}$ pela eq. (3.1.3) = 118 m
Distância adotada = 120 m

Tabela 12 – Exemplo de parâmetros de estação típica.

3.2.2.2 Ponto de Medição à Antena

Um fator importante nos cálculos teóricos é a associação das distâncias entre ponto de medição, base e antena. Então, pode-se verificar na imagem que a distância real entre a antena da ERB e a antena do equipamento de medição, conforme a figura 23.

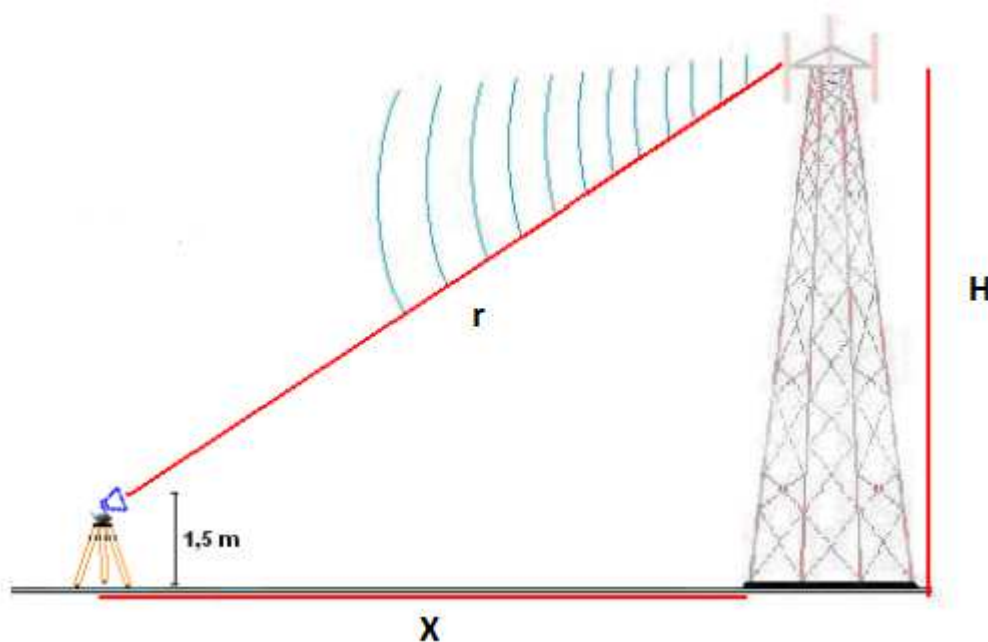


Figura 23 – Cálculo da distância “r” a Antena. [38].

Além disso, deve-se calcular a hipotenusa, que será a distância ‘r’ utilizada na fórmula para o cálculo da densidade de potência. Portanto, essa distância pode ser obtida com a seguinte expressão:

$$r^2 = (H - h)^2 + (X)^2$$

$$r^2 = (h - 1,5)^2 + X^2$$

$$r = \sqrt{(h - 1,5)^2 + X^2} \text{ m} \quad (3.2.5)$$

onde: H – altura da antena

h – altura da pessoa

X – distância da pessoa até torre

As Figuras 24 e 25 correspondem às fotografias de ERB localizados em topo de edifício e torre autoportante em Fortaleza.



Figura 24 - Torre de ERB no topo de edifício.
Fonte: Autor



Figura 25 - Torre de ERB autoportante.
Fonte: Autor

Para definir o protocolo de medição dos níveis de RNI, consideram-se as recomendações da Resolução nº 303 de 2/7/2002 da ANATEL, que aprova o “Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz”.

O Regulamento da ANATEL não detalha a metodologia ou a instrumentação a ser empregada, referindo-se apenas a algumas considerações para validação das medições. Trata-se de um regulamento baseado nas Diretrizes da ICNIRP sobre o assunto, ressalte-se que o documento expressa:

“A ANATEL poderá determinar a alteração dos requisitos estabelecidos neste regulamento, mesmo para estações transmissoras de radiocomunicação cuja avaliação já tenha sido efetuada, de forma a refletir os resultados de pesquisas futuras ou em andamento sobre efeitos da exposição humana a CEMRF. Em caso de alteração nos requisitos, a ANATEL fixará prazo adequado para o enquadramento das estações e as medidas a ser adotado, caso necessário”.

Para as medições dos níveis de RNI, os seguintes procedimentos foram adotados no local específico em campo:

- 1) Escolher o ponto de medição na área onde se localiza a ERB.
- 2) Medida da altura da antena, em relação ao solo, em cada setor da ERB.
- 3) Para cada setor, o tipo de antena utilizada e suas informações técnicas.
- 4) Escolha do equipamento com sonda adequada E ou H.
- 5) Média temporal, realizada com um tempo fixo de 6 (seis) minutos.
- 6) Medições realizadas em horário de tráfego intenso.
- 7) Medições realizadas no lóbulo principal de cada setor da antena.
- 8) Direção das antenas obedece a maior intensidade de sinal.
- 9) Antena do medidor posicionada sempre à mesma altura do solo (1,5m).
- 10) Evitar a interferência de objetos metálicos ou refletores de radiação.

O Fluxograma das etapas do procedimento para medição do valor teórico, medido e limite do campo elétrico pode ser observado na Figura 26.

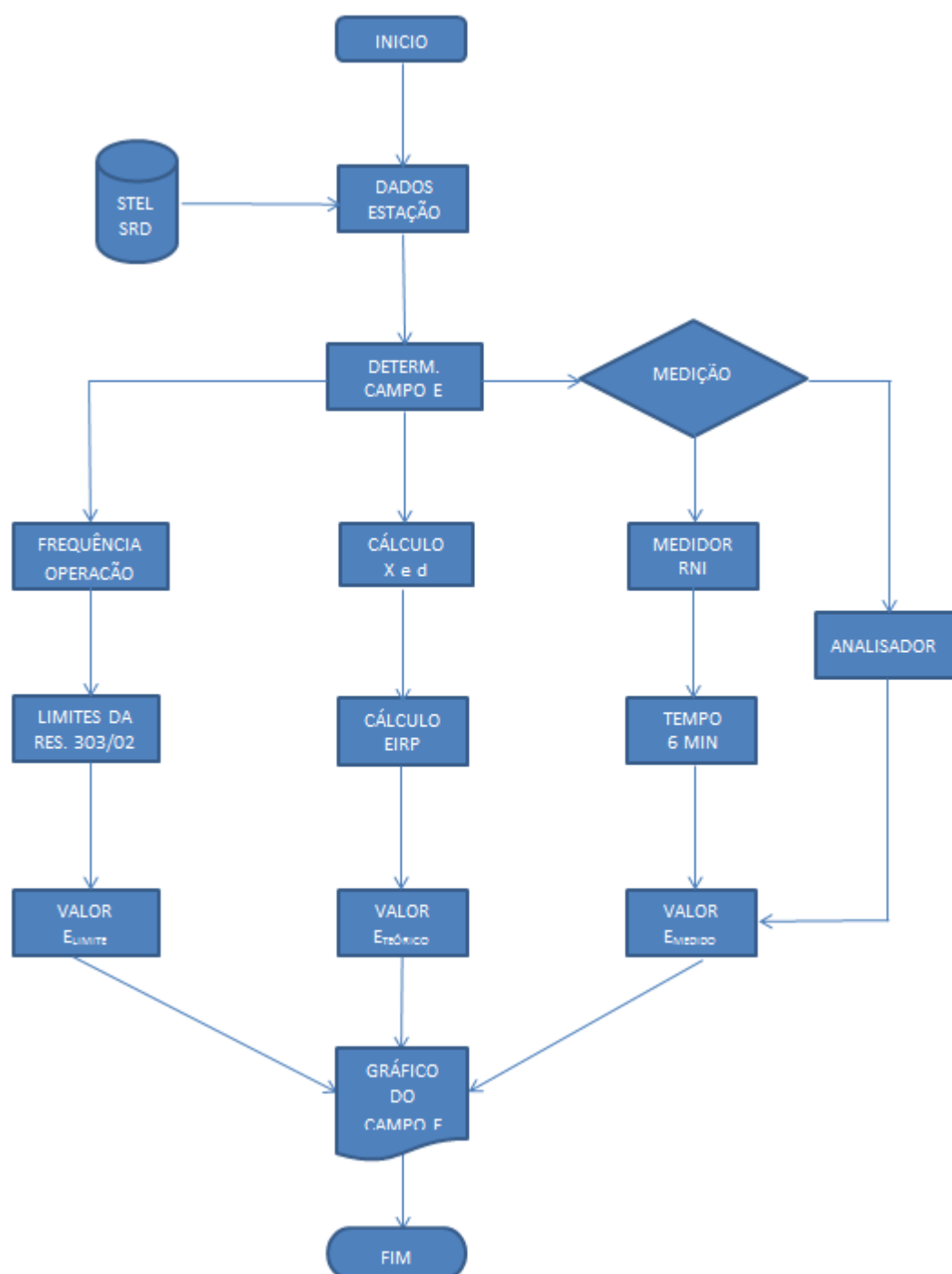


Figura 26 – Fluxograma do método utilizado no estudo.

Fonte: Autor

Como regra geral, deve-se considerar a posição de cada emissor na região e os seus diagramas de irradiação. Mesmo não dispondo de informações precisas, pode ser estimado pelo tipo de antena utilizada, reconhecidas visualmente. Elabora-se um croqui da região, que auxiliará na definição do local de ensaio.

Deve-se considerar a influência de construções e elementos naturais na região, buscando, sempre que possível, minimizar tais efeitos. Usualmente, as principais fontes de incerteza são as estruturas metálicas, envidraçadas com filmes metálicos e espelhos d'água, que podem atuar como refletores e atenuadores, dependendo da posição relativa entre o ponto de ensaio e o emissor. Árvores, estruturas de concreto ou morros podem atuar como atenuadores ou difratores e também devem ser considerados.

No método deverá levar em consideração o diagrama de irradiação e suas características tridimensionais, ou seja, mesmo antenas onidirecionais apresentam um parâmetro de elevação dos lóbulos que devem ser considerados. Tal preocupação é ilustrada na figura 27, que apresenta uma situação onde prédios mais baixos e mais próximos à emissora (prédios A e B) estão submetidos a níveis de radiação mais baixos que prédios mais altos e mais afastados (prédio C), que interceptam diretamente o lóbulo de irradiação principal.

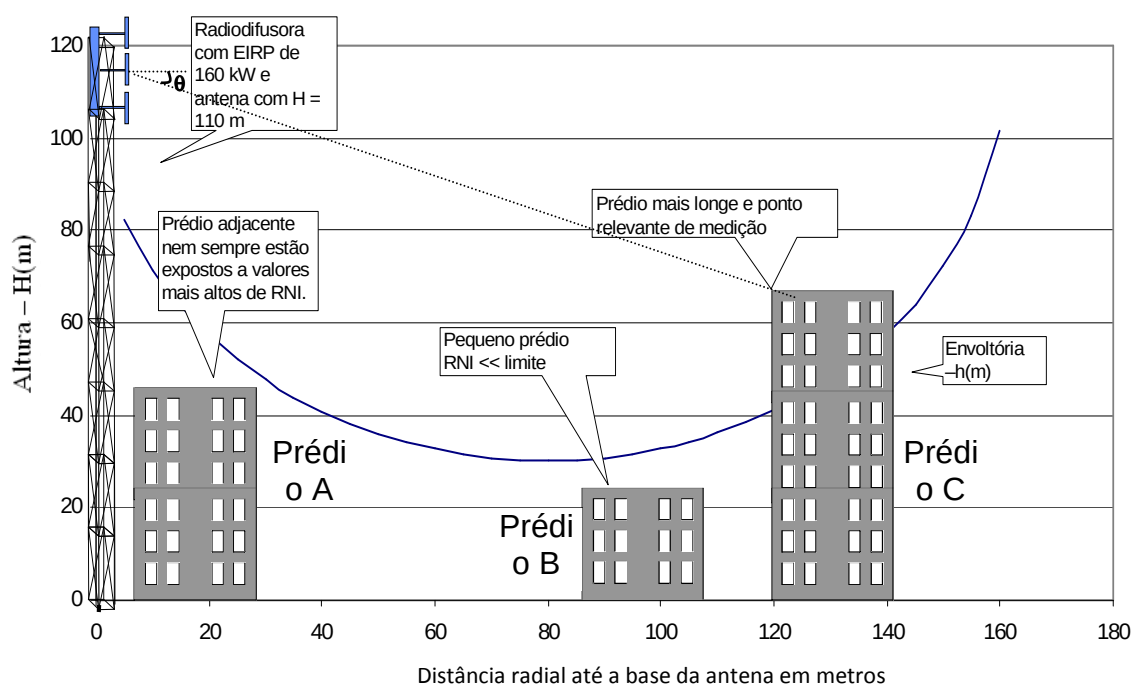


Figura 27 – Exposição à RNI em função das características de irradiação [39].

Nas figuras 28, 29 e 30 apresentam exemplos de situações previstas no estudo:

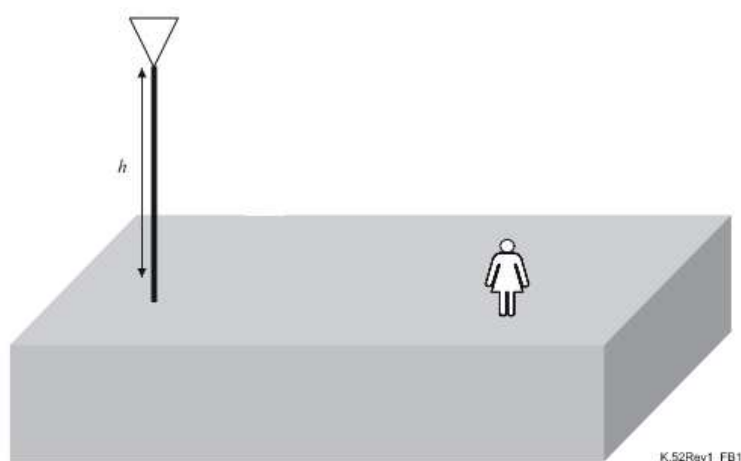


Figura 28 – Pessoa situada ao nível do solo [39].

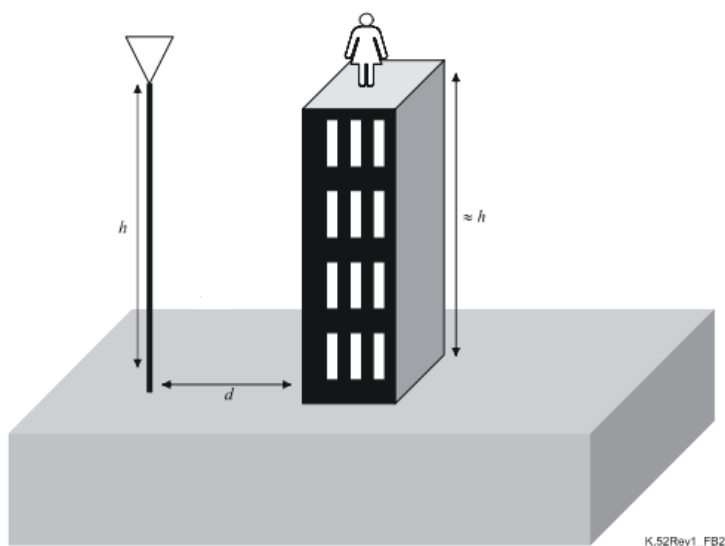


Figura 29 – Pessoa situada frontal a antena [39].

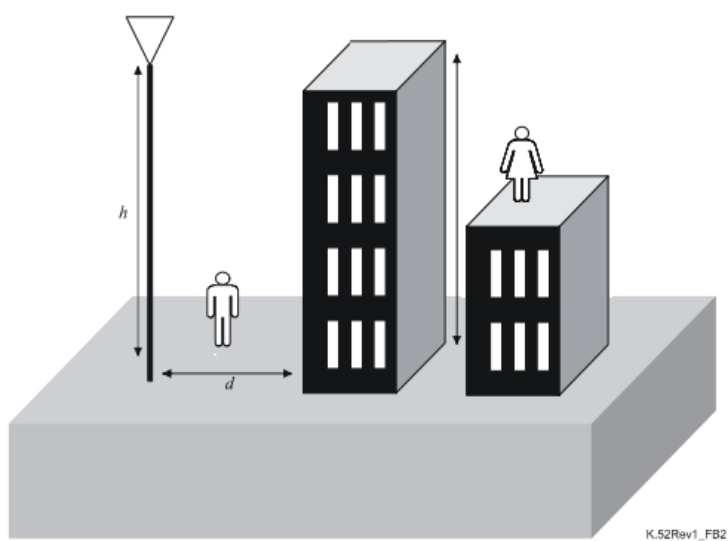


Figura 30 – Pessoa sem visada direta a antena [39].

A posição relativa de todos os elementos relevantes deverá ser indicada graficamente na forma de um croqui. Além das fontes de RF consideradas, dos principais elementos passivos de atenuação, refração, reflexão e difração, assim como outras possíveis fontes interferentes, como linhas de transmissão e linhas férreas. A figura 31 apresenta um exemplo de croqui:

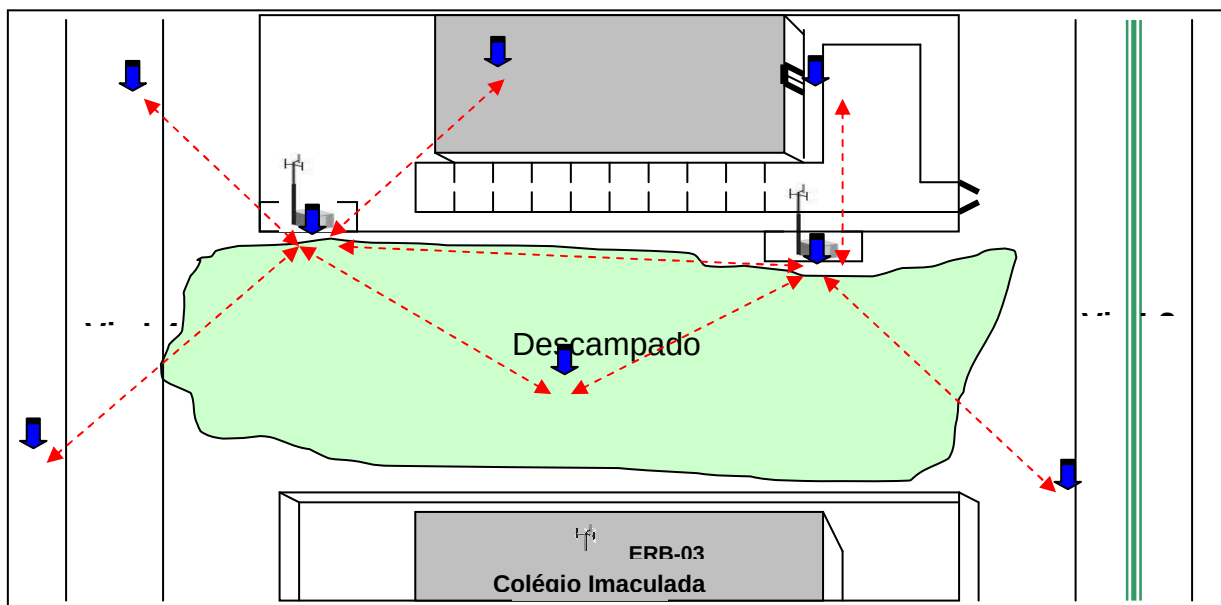


Figura 31 – Croqui apresentando local com prováveis pontos de ensaio.

Fonte: Autor

Todos os resultados obtidos nas medições de RNI são armazenados e disponíveis em formato estabelecido junto ao sistema MOSAICO da Anatel acessado no site eletrônico: <http://www.anatel.gov.br/dados/medicoes-de-campo-eletromagnetico>

3.3 Análise de Dados

De acordo com [51], a pesquisa descritiva tem como objetivo principal o estabelecimento de relações entre variáveis.

Segundo [52], afirmam que a pesquisa descritiva busca descrever o comportamento dos objetos de estudo, de forma a identificar e obter o máximo de informações a respeito das características e natureza de um problema ou questão, sem, no entanto, manipulá-lo.

Pelo exposto, o presente estudo avalia quantitativamente os níveis de radiações não ionizantes na faixa de frequência da telefonia celular, emitidas pelas Estações Rádio Base. Apresenta tabelas com as intensidades dessas radiações e compara com os parâmetros normativos vigentes.

Ainda [52], a pesquisa explicativa com objetivo identificar os fatores que determinam ou contribuem para ocorrência dos fenômenos por meio de análise e argumentação sobre as fontes que provocam a ocorrência do problema em questão.

Neste contexto, este trabalho apresenta os atuais estudos desenvolvidos pelos organismos de controle e pesquisa sobre a exposição humana às radiações não ionizantes. Confronta os índices recomendados, por esses órgãos, com os valores medidos, e estabelece sua conformidade com os limites permitidos.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste estudo de caso serão calculados os níveis de campo elétrico, campo magnético e densidade de potência para sistemas de radiocomunicações em 3 (três) cenários e ao final de cada cálculo teórico serão apontados os resultados das medições realizadas em campo.

4.1 Estudo de Caso 1 – Telefonia Celular

No primeiro cenário será indicada a intensidade dos níveis de campo elétrico, magnético e densidade de potência que são emitidos pela antena de um setor da operadora investigada em local monousuário. Os pontos escolhidos para os cálculos e medições foram os de maior fluxo ou concentração de pessoas expostas.

Todos os dados e as informações técnicas dos transceptores e sistemas irradiantes das operadoras envolvidas foram obtidos a partir do laudo radiométrico teórico das Estações Radio Base junto às operadoras e também no site da ANATEL.

Tabela 14 – Especificações técnicas da ERB1 [41].

DADOS DA ESTAÇÃO			
PARÂMETROS	SETOR 1	SETOR 2	SETOR 3
ANTENA			
Tipo	DIRECIONAL	DIRECIONAL	DIRECIONAL
Fabricante	KATHREIN	KATHREIN	KATHREIN
Frequência (MHz)	2600	2600	2600
Altura (m)	35	35	35
Ganho Máx (dbi)	13	13	13
Azimute (°)	330	330	330
TRANSMISSOR			
Potência (W)	20	20	20
Quantidade	2	2	2
PERDAS			
Perdas Totais (db)	5	5	5

Para calcular a distância “r” do ponto à antena da ERB1, pode-se utilizar a equação (3.2.5):

Tabela 15 –: Cálculo da distância “r” para uma pessoa a 120 m da torre ERB1.

PARÂMETROS	SETOR 1	SETOR 2	SETOR 3
Altura da antena (m)	35	35	35
Altura média pessoa	1,5	1,5	1,5
Dist. Ant pessoa(m)	120	120	120
Distância r (m)	124,58	124,58	124,58

Calcula-se o valor de campo E por meio da equação (2.1.9):

Tabela 16 – Cálculo de potência total irradiada ERB1.

PARÂMETROS	SETOR 1	SETOR 2	SETOR 3
P _{máx} do rádio (W)	20	20	20
Total de rádios	2	2	2
Potência total (W)	40	40	40
G (ganho antena)	19,9	19,9	19,9
p (perda total)	3,16	3,16	3,16
EIRP = P x G / p	252,38	252,38	252,38
E (V/m)	1,10	1,10	1,10

Tabela 17 – Resultados obtidos para ERB1.

DADOS DA ESTAÇÃO	
PARÂMETROS TÉCNICOS - SETOR 1	
Distância a base da ERB (m)	120
Distância do Ponto à Antena (m)	124
Ganho da Antena (dbi)	13
Perdas total (db)	5
Potência EIRP (W)	252
LIMITES DE EXPOSIÇÃO DA RESOLUÇÃO 303/02	
Faixa (2 – 300 GHz)	Exposição Populacional
Campo Elétrico (V/m)	61,0
Campo Magnético (A/m)	0,16
Densidade de Potência (W/m ²)	10,0
CÁLCULO TEÓRICO	
Campo Elétrico (V/m)	1,10
Campo Magnético (A/m)	0,0029
Densidade de Potência (W/m ²)	0,0032
VALOR MEDIDO	
Campo Elétrico (V/m)	1,01
Campo Magnético (A/m)	0,0026
Densidade de Potência (W/m ²)	0,0027

No segundo cenário será indicada a intensidade dos níveis de campo elétrico emitidos dos sistemas irradiantes para cada operadora instalada, que compartilham a mesma infraestrutura em local multiusuário. Os pontos escolhidos para os cálculos e medições foram os de maior fluxo ou concentração de pessoas expostas.

Para obtenção dos dados e as informações técnicas foram consultados laudo radiométrico teórico das ERBs junto às operadoras e no site da ANATEL.

Tabela 18 – Especificações técnicas das ERB6 [41].

DADOS DA ESTAÇÃO			
PARÂMETROS	SETOR 1	SETOR 1	SETOR 1
ANTENA			
Tipo	DIRECIONAL	DIRECIONAL	DIRECIONAL
Fabricante	KATHREIN	KATHREIN	KATHREIN
Frequência (MHz)	900	1800	2100
Altura (m)	40	35	30
Ganho Máx (dbi)	11	13	15
Azimute (°)	330	90	140
TRANSMISSOR			
Potência (W)	20	20	20
Quantidade	2	2	2
PERDAS			
Perdas Totais (db)	5	5	5

Calcula-se a distância “r” para antena da ERB, através da equação (3.2.5):

Tabela 19 – Cálculo da distância r para uma pessoa a 120 m da torre ERB6.

PARÂMETROS	SETOR 1	SETOR 1	SETOR 1
Altura da antena (m)	40	35	30
Altura média pessoa	1,5	1,5	1,5
Dist. Ant pessoa(m)	120	120	120
Distância d (m)	126,02	124,58	123,33

Calcula-se o valor de campo E por meio da equação (2.1.9):

Tabela 20 – Cálculo de potência total irradiada ERB6.

PARÂMETROS	SETOR 1	SETOR 1	SETOR 1
P _{máx} do rádio (W)	20	20	20
Total de rádios	2	2	2
Potência total (W)	40	40	40
G (ganho antena)	12,58	19,95	31,62
p (perda total)	3,16	3,16	3,16
EIRP = P x G / p	154,24	252,38	400
E (V/m)	0,88	1,12	1,42

Tabela 21 – Resultados obtidos para ERB6.

LIMITES DE EXPOSIÇÃO DA RESOLUÇÃO 303/02	
Faixa (400 – 2000 MHz)	Exposição Populacional
Campo Elétrico (V/m)	61,0
CÁLCULO TEÓRICO	
Campo Elétrico (V/m)	3,42
VALOR MEDIDO	
Campo Elétrico (V/m)	3,18

A seguir, temos os valores teóricos de campo elétrico das ERBs:

Tabela 22 – Valores teóricos de E(V/m) das ERBs.

ERB	TEÓRICO
1	1,105
2	1,967
3	1,835
4	1,321
5	2,624
6	3,425
7	2,525
8	1,568
9	1,749
10	1,753

Fonte: Autor

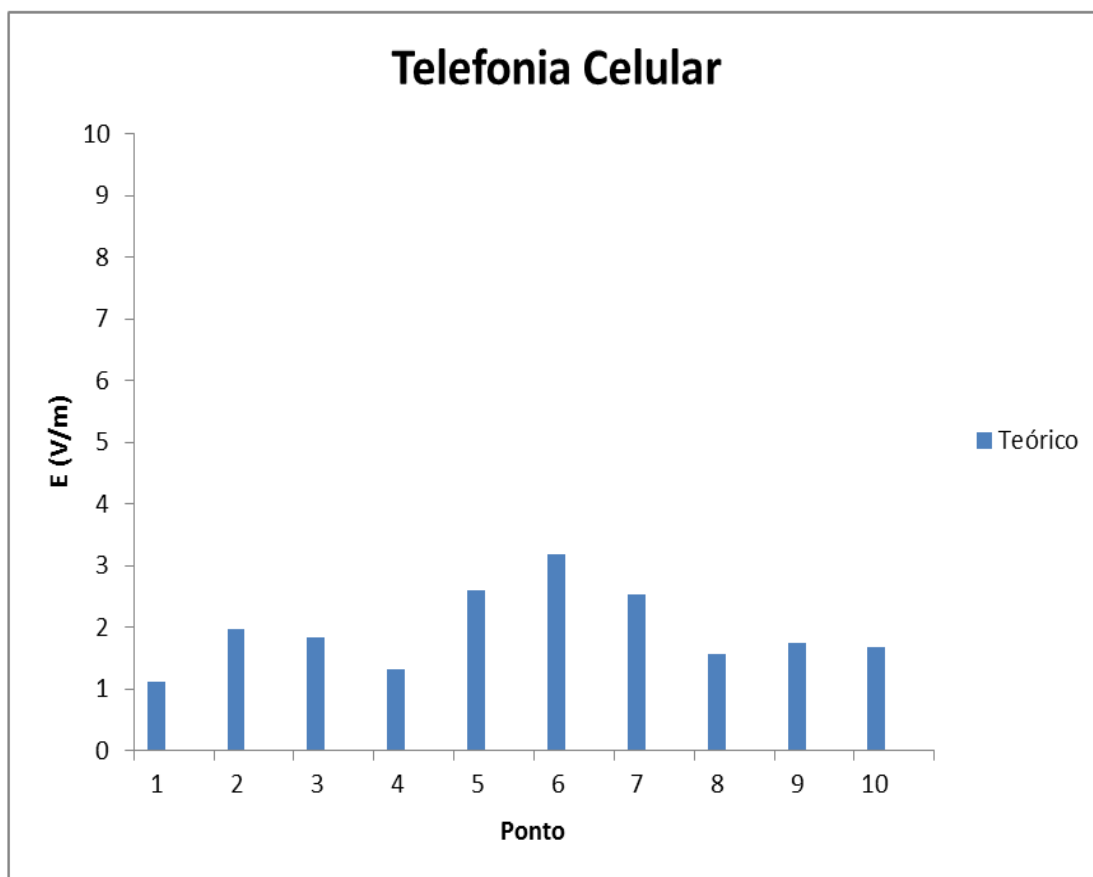


Figura 32 – Gráfico com valores teóricos das ERBs.

Fonte: Autor

A seguir, temos os valores medidos de campo elétrico das ERBs:

Tabela 23 – Valores medidos de E(V/m) das ERBs.

ERB	MEDIDO
1	1,013
2	1,463
3	1,781
4	0,835
5	2,498
6	3,184
7	2,232
8	1,385
9	1,068
10	1,683

Fonte: Autor

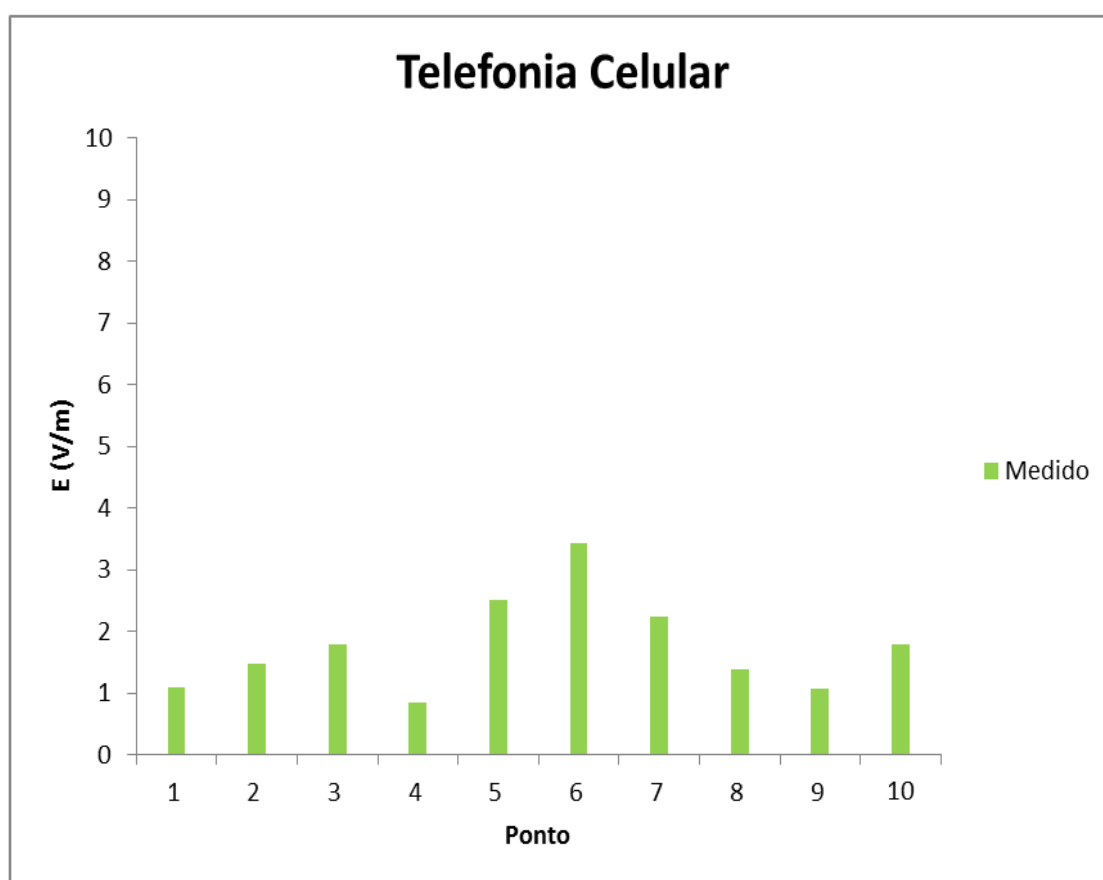


Figura 33 – Gráfico com valores medidos das ERBs.

Fonte: Autor

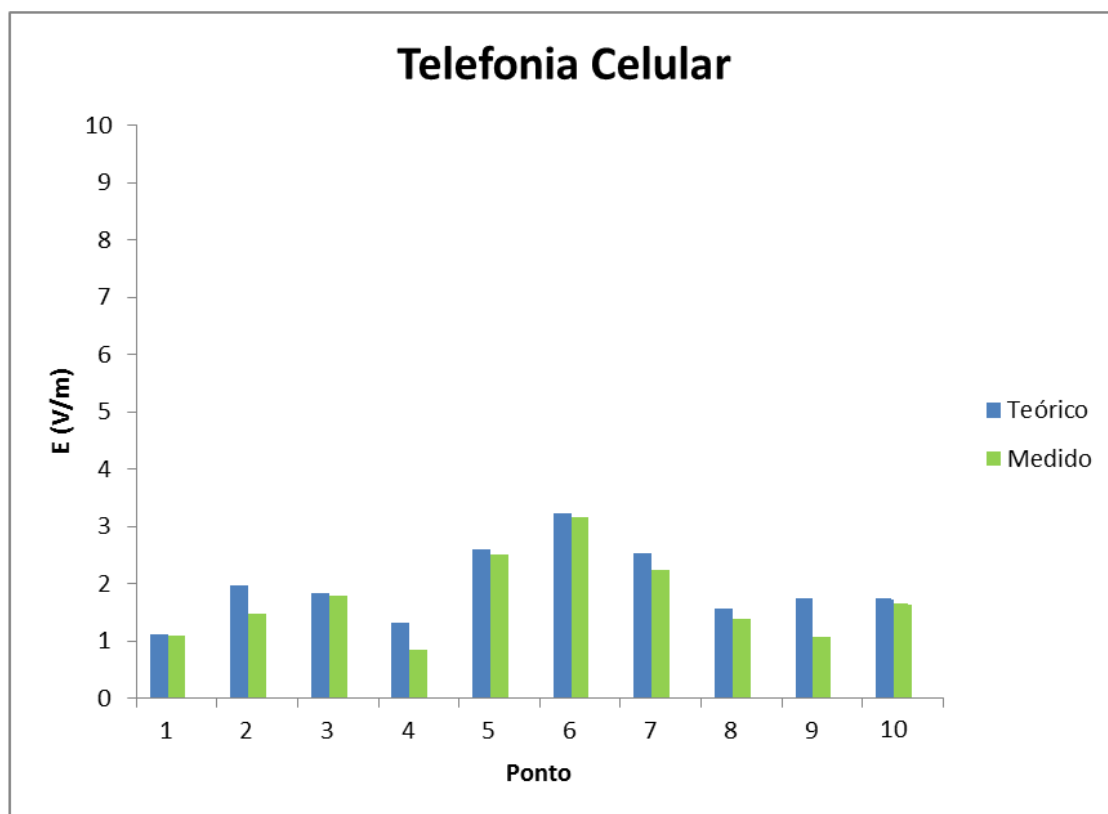


Figura 34 – Comparativo dos valores teóricos e medidos das ERBs.

Fonte: Autor

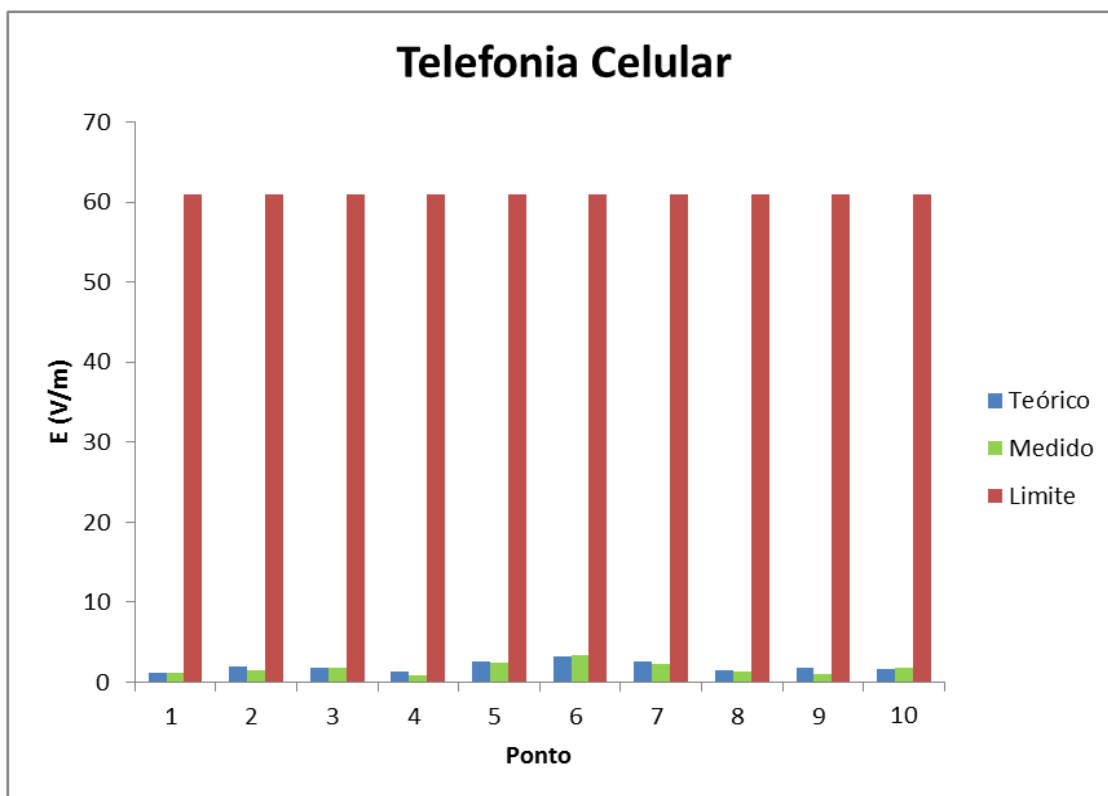


Figura 35 – Comparativo dos valores teóricos, medidos e limites das ERBs.

Fonte: Autor

A seguir, temos os valores teóricos e medidos de campo elétrico das ERB, onde os pontos escolhidos estão nas situações frontais, ou seja, no mesmo nível da antena e com um obstáculo (prédio) no caminho da antena transmissora:

Tabela 24 – Valores teóricos e medidos de E(V/m) das ERBs.

ERB	TEÓRICO	MEDIDO
21	3,425	3,34
22	3,316	3,17
23	2,907	2,83
24	3,134	2,95
25	3,281	3,01
26	indefinido	0,08
27	indefinido	0,13
28	indefinido	0,12
29	indefinido	0,11
30	indefinido	0,14

Fonte: Autor

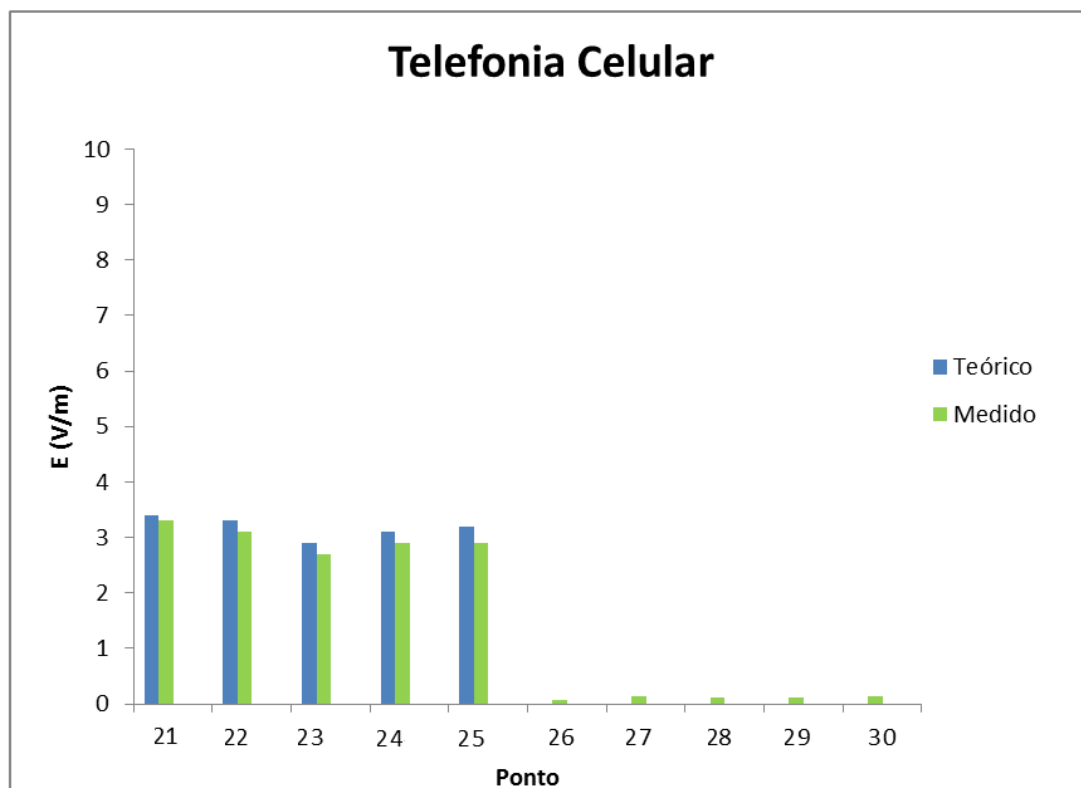


Figura 36 – Pontos de medições frontal e sem visada com Antena.

Fonte: Autor

A figura 35 indica que os resultados obtidos para os valores teóricos e medidos são razoáveis, porque estão com níveis muito próximos, ou seja, uma pequena diferença. A diferença entre os resultados obtidos tem relação com o uso do ganho máxima da antena no ponto de medição para efeito de cálculo teórico.

Ressalta-se que na realização da medição e do uso desta metodologia, é necessário procurar por gradientes na intensidade de campo elétrico para identificar o local de máxima de exposição. Esse local deverá ocorrer nas redondezas do ponto estimado, pois há algumas fontes de erro que não foram equacionadas.

As medições com utilização do medidor isotrópico permitem extrair níveis de intensidade de campo elétrico presente em uma determinada faixa de frequência. Em situações que ocorre exposição simultânea as radiações provenientes de diversas fontes com diferentes frequências, a exposição deve ser medida em cada frequência e expressa como intensidade de campo para cada faixa de frequência.

Constatou-se, que os resultados obtidos nas medições em entorno das estações de Telefonia Celular instaladas em Fortaleza-CE, que o valor medido (pior caso, $E = 3,34 \text{ V/m}$) corresponde à razão de risco de 0,0029 ou 0,29% do limite e encontram-se muito abaixo dos níveis máximos de exposição à população em geral.

A figura 36 mostra as medições frontais para a antena que tiveram os níveis de RNI com valores maiores do que no plano do solo, isso é devido à redução da distância do ponto à fonte de emissão. Entretanto, os pontos que tinham obstáculo no caminho da antena, ou seja, sem visada direta não é possível estimar os valores teóricos, porém os valores medidos mostram níveis muitos baixos de campo elétrico.

4.2 Estudo de Caso 2 – Emissoras de Rádio

Neste estudo de caso serão calculados os níveis de campo elétrico, campo magnético e de densidade de potência da estação transmissora de Rádio e ao final de cada cálculo teórico serão apresentados os resultados das medições em campo. Todos os dados técnicos dos sistemas irradiantes da emissora de rádio, em questão, foram obtidos a partir do Sistema de Radiodifusão no site da Anatel.

Para a frequência da estação de radiodifusão em FM, temos os parâmetros:

Tabela 25 – Especificações técnicas das antenas da Rádio [42].

PARÂMETROS	
ANTENA	DCR-C4
FABRICANTE	DIELETRIC
ALTURA (m)	60
GANHO MAX (dbi)	7,28
AZIMUTE (graus)	220
CABO	3 1/8"
COMPRIMENTO (m)	120

Com as equações (3.2.5), tem-se:

Tabela 26 – Cálculo de “r” para uma pessoa a 120 m da torre da Rádio.

PARÂMETROS	
Altura da antena (m)	60
Altura média pessoa	1,5
Dist. Ant pessoa(m)	120
Distância d (m)	133,5

Fonte: Autor

Calcula-se o valor de campo E por meio da equação (2.1.9):

Tabela 27 – Cálculo de potência total irradiada da Rádio.

PARÂMETROS	VALOR
P _{máx} do rádio (W)	10000
p (perda total)	3,85
G (antena da antenna)	5,35
EIRP= (P x G) / p	13918,65

Fonte: Autor

Tabela 28 – Resultados obtidos para Rádio.

LIMITES DE EXPOSIÇÃO DA RESOLUÇÃO 303/02	
Faixa (10 – 400 MHz)	Exposição Populacional
Campo Elétrico (V/m)	28,0
CÁLCULO TEÓRICO	
Campo Elétrico (V/m)	6,51
VALOR MEDIDO	
Campo Elétrico (V/m)	5,73

A seguir, temos os valores teóricos de campo elétrico das Rádios:

Tabela 29 – Valores teóricos de $E(V/m)$ das Rádios.

Rádio	Teórico
11	6,51
12	4,38
13	4,51
14	5,72
15	6,25

Fonte: Autor

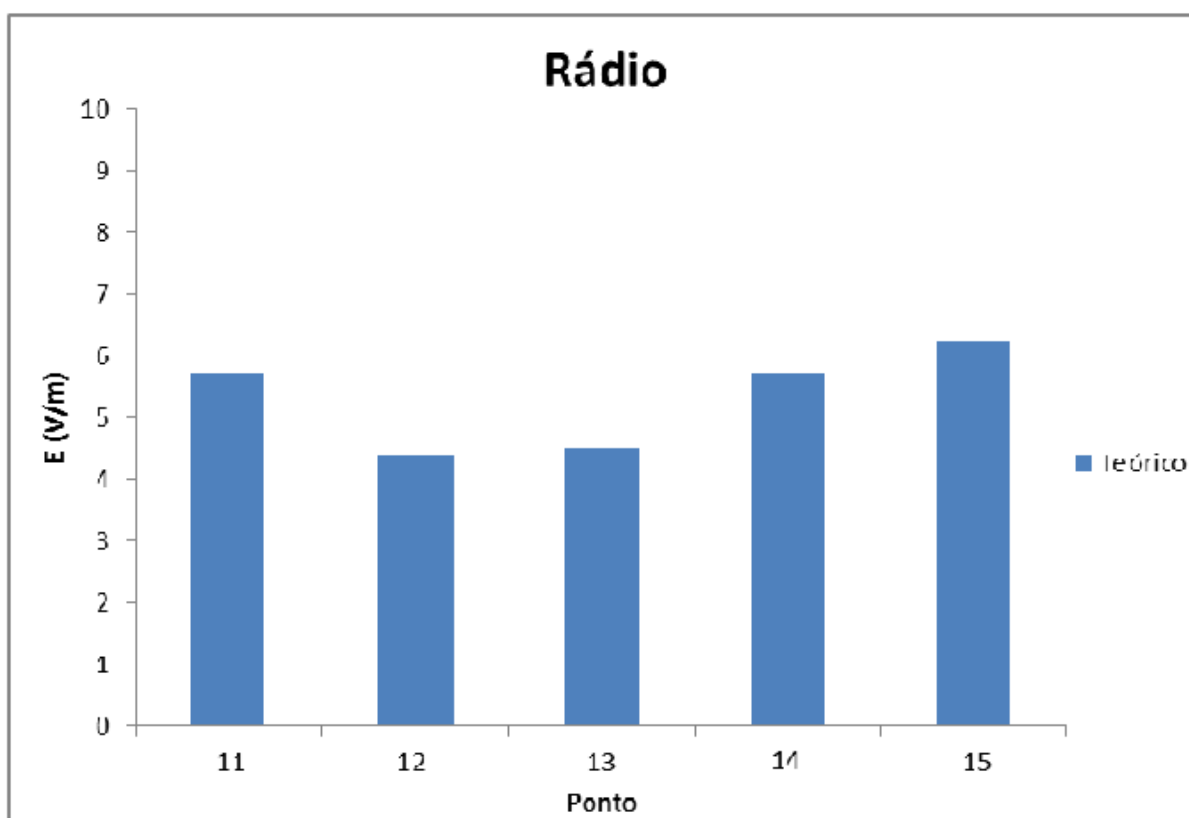


Figura 37 – Gráfico com valores teóricos das Rádios.

Fonte: Autor

A seguir, temos os valores medidos de campo elétrico das Rádios:

Tabela 30 – Valores medidos de E(V/m) das Rádios.

Rádio	Medidos
11	5,73
12	3,74
13	4,25
14	5,10
15	5,96

Fonte: Autor

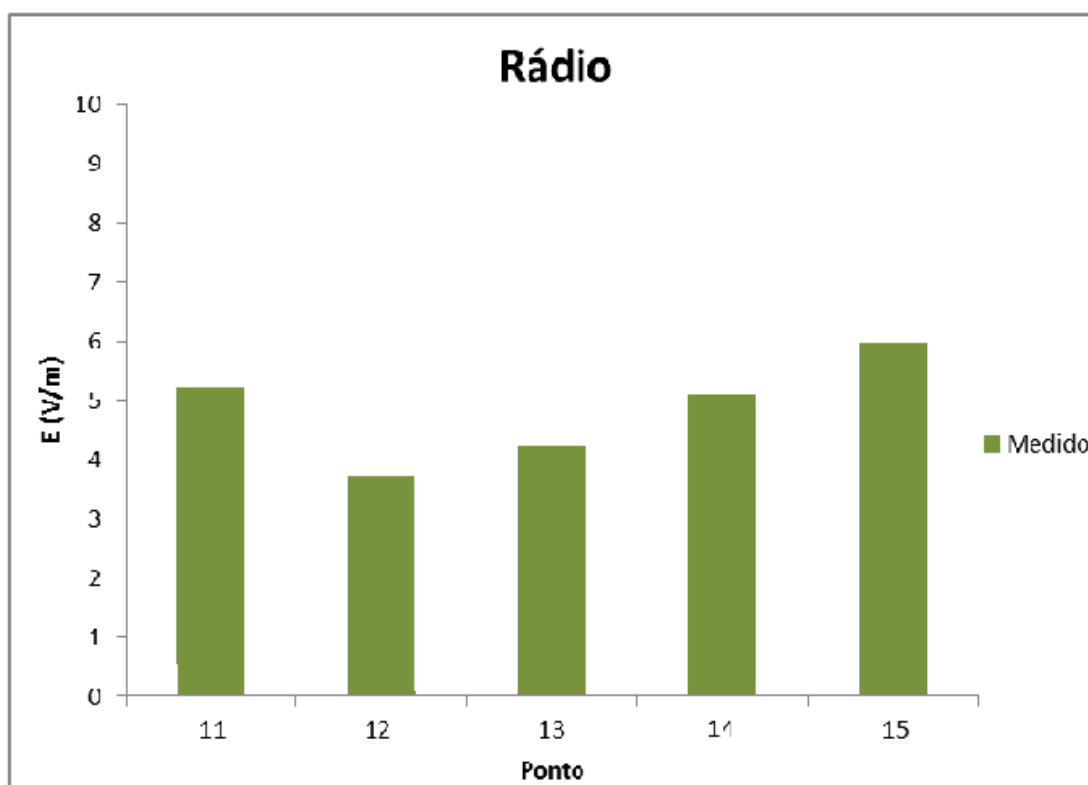


Figura 38 – Gráfico com valores medidos das Rádios.

Fonte: Autor

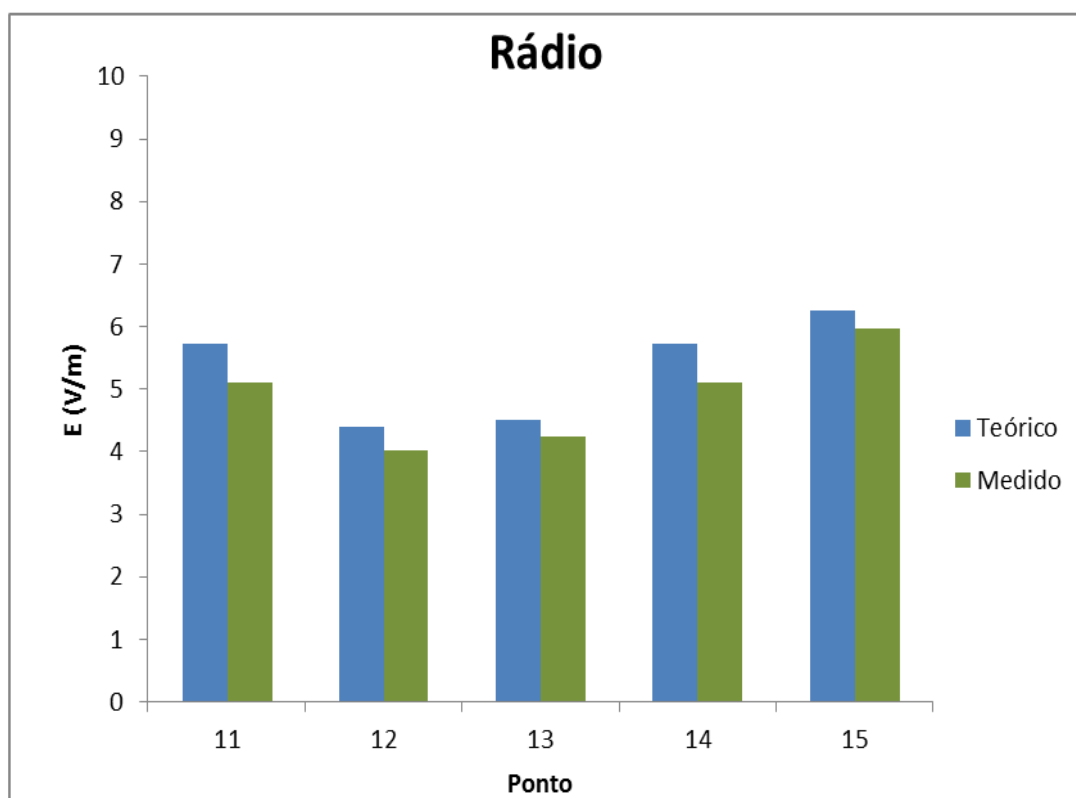


Figura 39 – Comparativo dos valores teóricos e medidos das Rádios.

Fonte: Autor

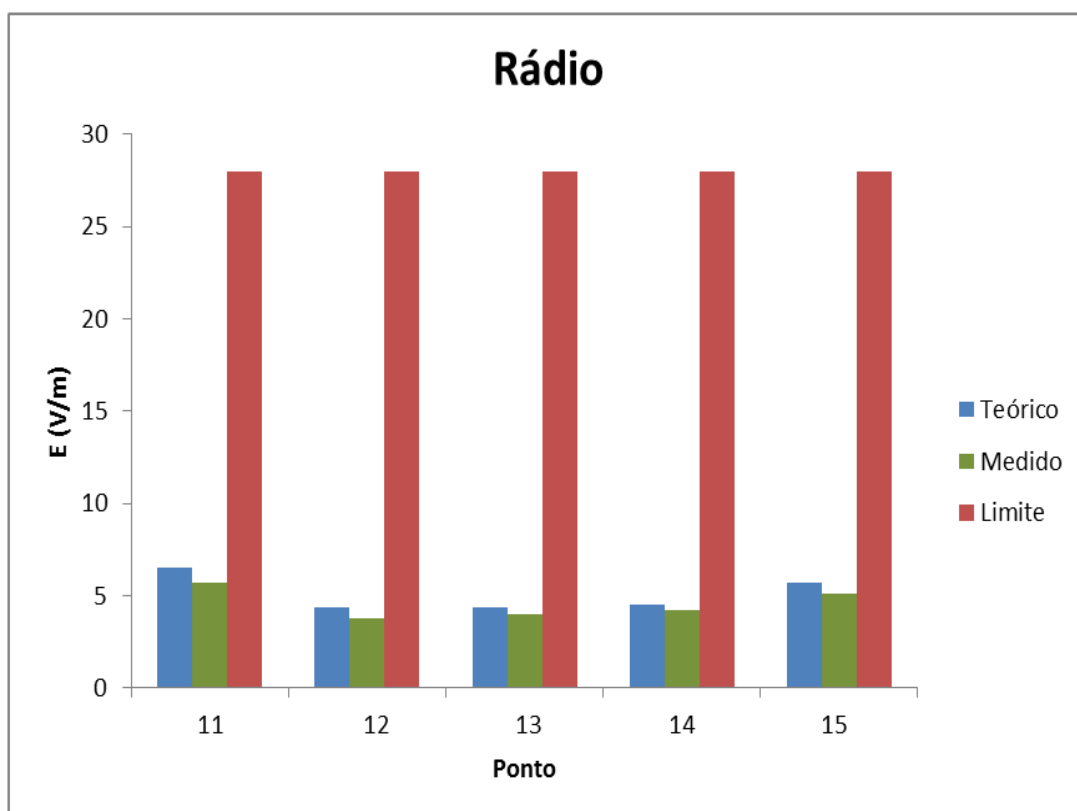


Figura 40 – Comparativo dos valores teóricos, medidos e limites das Rádios.

Fonte: Autor

A figura 40 apresenta uma comparação, entre os cálculos teóricos e medidos que possuem valores muito próximos, considerando o efeito do ambiente sobre o campo elétrico resultante. Os resultados foram satisfatórios, pois a diferença entre os pontos mostrados no gráfico estão com um pequeno erro. Isso pode acontecer devido à reflexão, onde não há espaço para erros, uma vez que os valores de entrada e formulações utilizadas foram iguais.

As medições de RNI demonstraram que a população está normalmente exposta a níveis muito baixos de radiação nos ambientes próximos às estações transmissoras em relação aos limites permitidos. Entretanto, existe a necessidade de se conhecer estes níveis, e o desenvolvimento de novas ferramentas baseadas no modelo proposto neste trabalho para tem um razoável grau de precisão.

Constatou-se, também, que de acordo com resultados obtidos nas medições efetuadas em entorno das estações de rádio instaladas em Fortaleza-CE, que o valor medido (pior caso, $E = 5,71 \text{ V/m}$) corresponde à razão de risco de 0,0415 ou 4,15% do limite e encontra-se abaixo dos níveis de exposição à população.

4.3 Estudo de Caso 3 – Emissora de Televisão

Neste estudo de caso serão calculados os níveis de campo elétrico, campo magnético e de densidade de potência da estação transmissora de Televisão e ao final de cada cálculo teórico serão apresentados os resultados das medições em campo. Todos os dados técnicos do sistema irradiante da emissora de televisão, em questão, foram obtidos a partir do Sistema de Radiodifusão no site da Anatel.

Para a frequência da estação de radiodifusão em TV, temos os parâmetros:

Tabela 31 – Características técnicas do sistema irradiante da TV [43].

PARÂMETROS	
ANTENA	TWSC-8
FABRICANTE	HARRIS
ALTURA (m)	80
GANHO MAX (dbi)	5,49
AZIMUTE (graus)	360
CABO	1 5/8"
COMPRIMENTO (m)	140

Com as equações (3.2.5), tem-se:

Tabela 32 – Cálculo de “r” para uma pessoa a 120 m da torre TV.

PARÂMETROS	
Altura da antena (m)	80
Altura média pessoa	1,5
Dist. Ant pessoa(m)	120
Distância r (m)	149,25

Fonte: Autor

Calcula-se o valor de campo E por meio da equação (2.1.9):

Tabela 33 – Cálculo de potência total irradiada Televisão.

PARÂMETROS	VALOR
P _{máx} do rádio (W)	20000
p (perda total)	2,78
G (ganho da antena)	3,54
EIRP= P x G / p	25539,13

Fonte: Autor

Tabela 34 – Resultados obtidos para Televisão.

LIMITES DE EXPOSIÇÃO DA RESOLUÇÃO 303/02	
Faixa (10 – 400 MHz)	Exposição Populacional
Campo Elétrico (V/m)	28,0
CÁLCULO TEÓRICO	
Campo Elétrico (V/m)	8,82
VALOR MEDIDO	
Campo Elétrico (V/m)	7,31

A seguir, temos os valores teóricos de campo elétrico das Televisões:

Tabela 35 – Valores teóricos de E(V/m).

TV	Teórico
16	8,82
17	4,69
18	4,71
19	5,02
20	5,96

Fonte: Autor

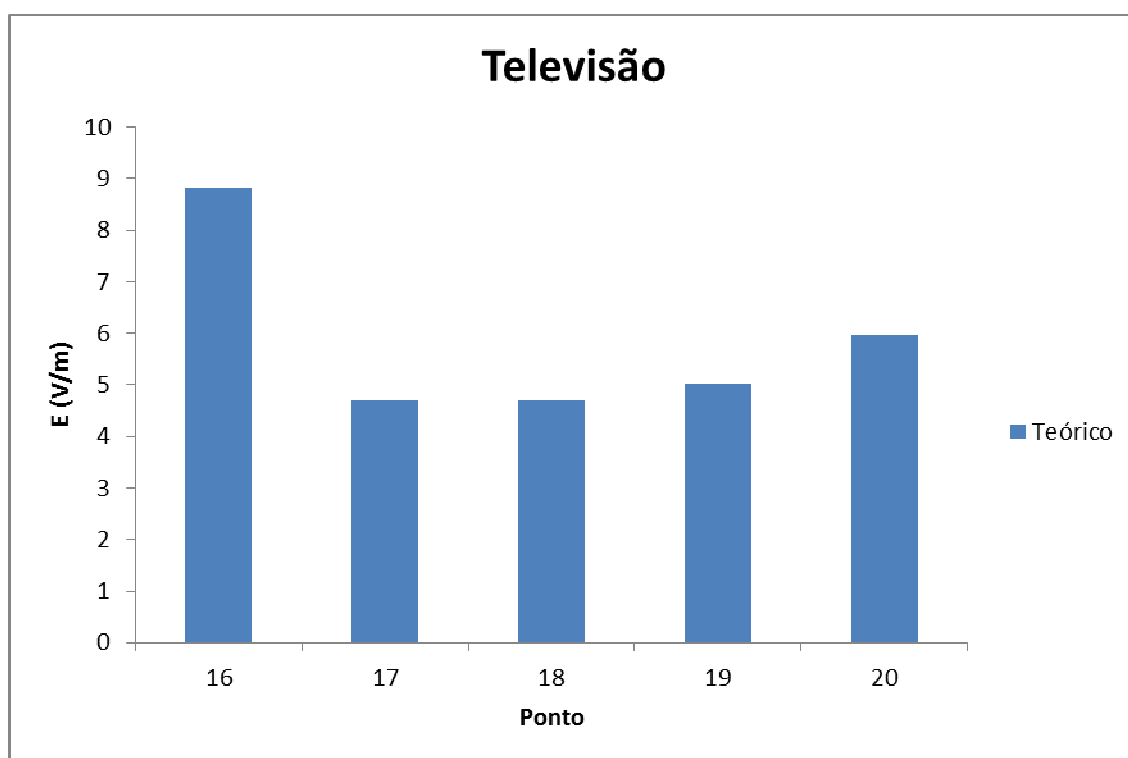


Figura 41 – Gráfico com valores teóricos das Televisões.

Fonte: Autor

A seguir, temos os valores medidos de campo elétrico das Televisões:

Tabela 36 – Valores medidos de E(V/m).

TV	Medido
16	7,31
17	3,87
18	3,54
19	4,75
20	5,22

Fonte: Autor

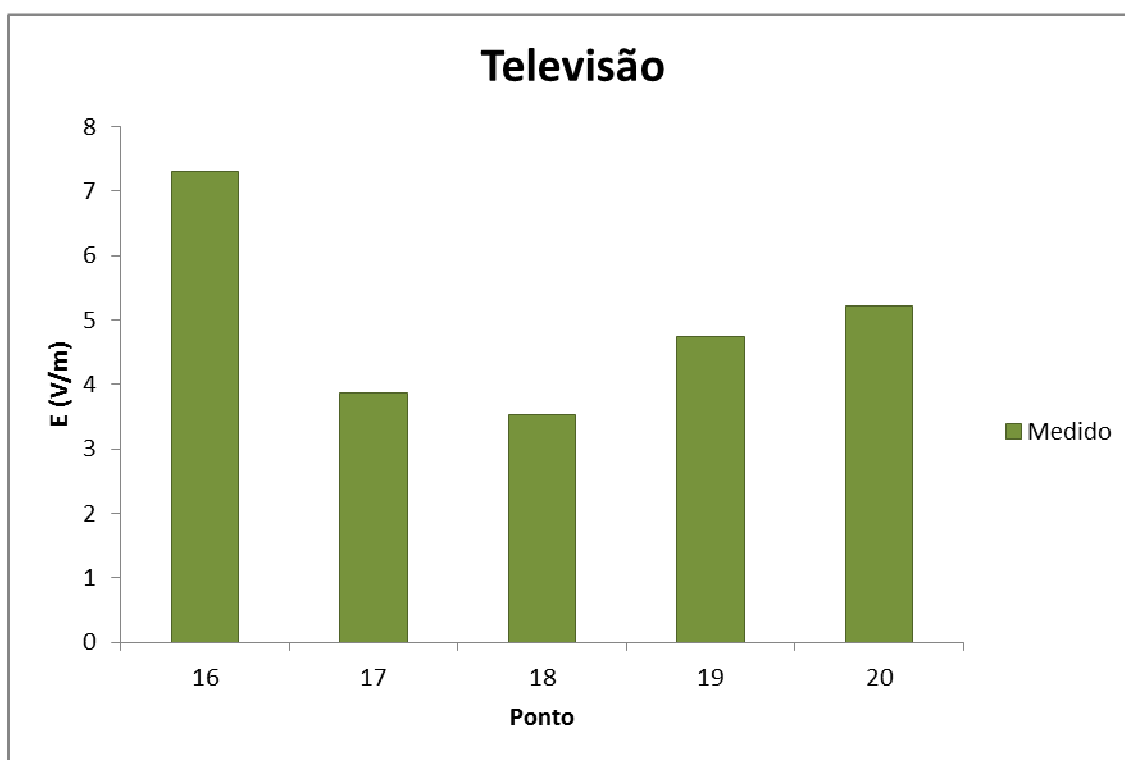


Figura 42 – Gráfico com valores medidos das Televisões.

Fonte: Autor

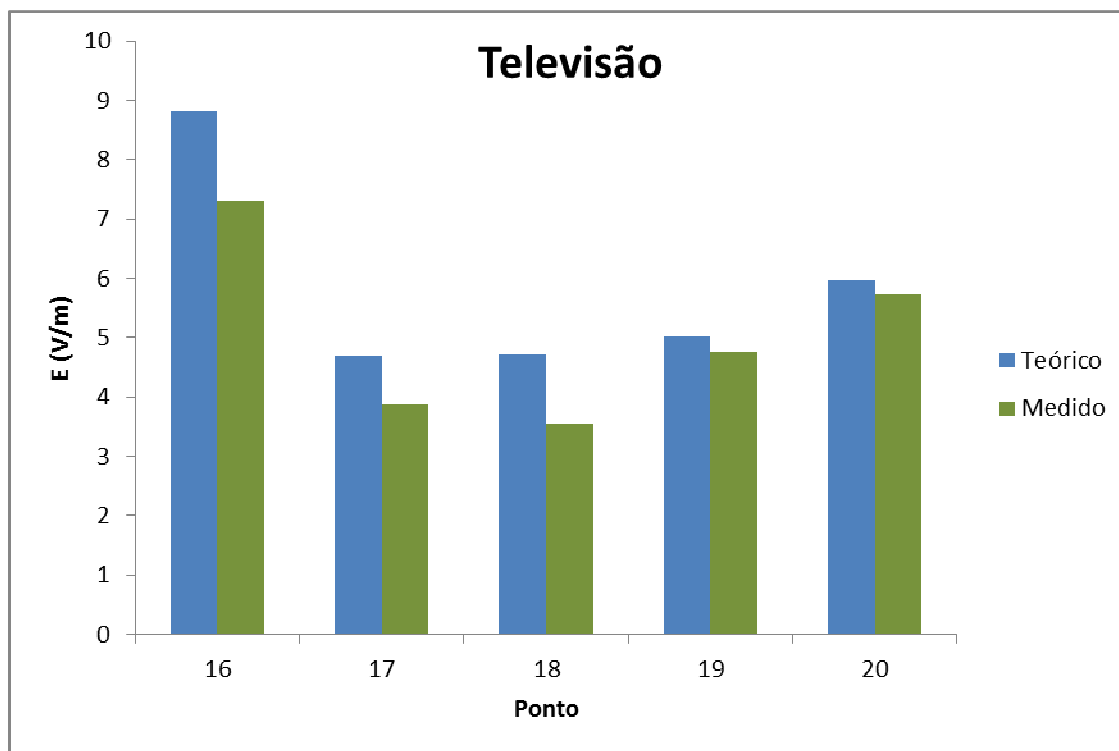


Figura 43 – Comparativo dos valores teóricos e medidos das Televisões.

Fonte: Autor

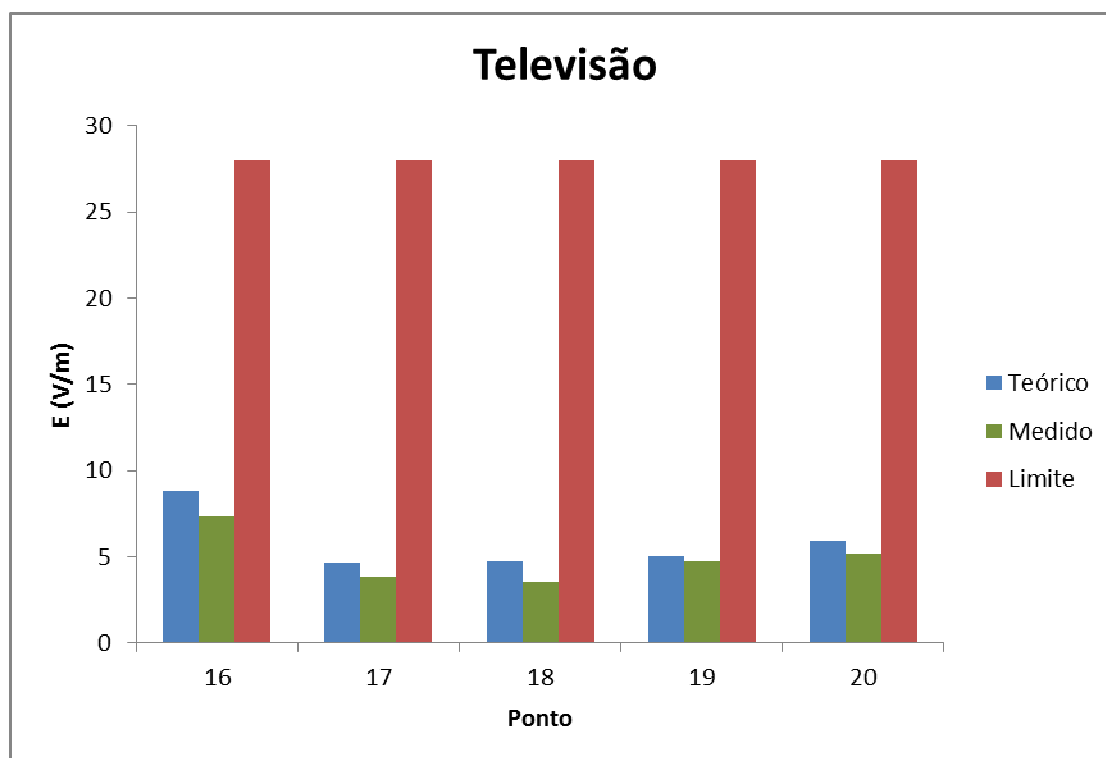


Figura 44 – Comparativo dos valores teóricos, medidos e limites das Televisões.

Fonte: Autor

A figura 44 mostra que os resultados com os valores teóricos e medidos são compatíveis, porém bem abaixo dos valores limites de segurança sugeridos pela Norma da ANATEL. A pequena diferença entre os resultados obtidos tem relação com a consideração de que o sistema opera com o ganho máximo da antena no ponto de medição para efeito de valor estimado.

Observa-se, que essa pequena disparidade dos valores encontrados tanto teóricos e os medidos com o instrumento de medição de RNI, apesar dos valores estarem bem próximos, considerar-se que tal diferença de valores terem relação com a variação de operação da antena, pois a antena nem sempre opera em máxima capacidade no sistema de transmissão.

Constatou-se, conforme os resultados obtidos nas medições feitas em entorno das estações de Televisão instaladas em Fortaleza-CE, que o valor medido (pior caso, $E = 7,31 \text{ V/m}$) corresponde à razão de risco de 0,0992 ou 9,92% do limite e encontram-se muito abaixo dos níveis máximos de exposição à população em geral. As emissoras de televisão aparecem como as estações transmissoras que mais contribuem com maiores níveis de RNI que estão sujeitas o público em geral.

Para discussões sobre o tema pesquisado, apresentam-se os principais trabalhos publicados no Brasil, destacando os estudos realizados por:

- Cooper et al. [44] (2002) realizou por meio de cálculos e medições os limites da distância seguro à exposição humana próxima às antenas das ERBs, adotando as referências ICNIRP e IEEE. Os estudos apontaram que, para uma ERB GSM 900 MHz e com potência irradiada de 40 W, à distância em relação à antena não pode ultrapassar o limite de 5 a 18 cm para a exposição ocupacional e o valor de 75 a 95 cm para a exposição populacional. Porém, o estudo não mostrou um modelo para a avaliação de vários sistemas irradiantes.

- Dias e Siqueira [45] (2002), efetuaram os cálculos teóricos para estimativa da distância em relação à ERB considerada segura para a saúde humana, conforme a legislação vigente envolvendo análises de “pior caso”. Analisaram os sistemas típicos TDMA com três setores e com número máximo de portadoras alocadas. Os resultados apontam distâncias seguras variando de 2 a 11 metros para estações operando na faixa de 900 MHz e de 1,3 a 7,5 metros para estações operando na faixa de 1900 MHz. As medições foram situadas próximas às estações nas cidades do Rio de Janeiro e Nova Friburgo. As medições mostraram valores muito inferiores aos valores de segurança e com estimativos presentes nas literaturas.

- Roje V. [46] (2003) pesquisou os aspectos de segurança relacionados à ERBs GSM para a saúde humana, por meio do modelo numérico do corpo humano, utilizando a teoria de antenas e uma combinação do “método dos elementos finitos”. O modelo proposto foi utilizado com sucesso para previsão da penetração de CEMRF no corpo humano e que a adoção da combinação das técnicas de predição numérica e de medições diretas se mostram mais eficientes, onde é previsto corretamente os valores de CEMRF, especialmente em locais de relevo complexo, além do fato de valores diretamente medidos são mais aceitos pela população.

- Miclaus e Bechet [47] (2006), realizaram uma comparação dos valores medidos e estimados para a densidade de potência no entorno de ERBs. Os cálculos teóricos consideraram os dados técnicos das antenas, sem, no entanto, considerar seus diagramas de irradiação. O estudo concluiu que, em uma primeira instância, podem ser utilizados métodos teóricos para estimativa dos níveis de densidade de potência ou campo elétrico para que se obtenham ideia dos níveis de exposição nas proximidades de uma ERB. Ressalta-se, entretanto, que a correlação entre os cálculos utilizando a propagação no espaço livre e os valores medidos dos picos de densidade de potência, é fraca, por se tratar de um modelo pessimista.

- Terada [48] (2007) publicou um estudo de grande valia para este trabalho, onde são investigadas em detalhes as propriedades direcionais de irradiação de antenas em função de diversas variáveis, além da usual distância em relação à ERB. Demonstrou-se que o máximo da intensidade do campo elétrico ocorre a distâncias diferentes da ERB, dependendo de outras variáveis, levando à conclusão que fixar uma distância mínima de regiões povoadas para a instalação de ERBs não é a maneira adequada para se assegurar a segurança e o bem-estar da população.

- Dode [49] (2010) publicou um estudo epidemiológico com delineamento ecológico, no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, avaliando a saúde no contexto ambiental, em seu sentido mais amplo, visando avaliar no tempo e no espaço, os casos de óbitos por neoplasias, correlacionando-os às localizações das antenas do Sistema de Telefonia Celular. A pesquisa aborda a relação causa e efeito, correlacionando casos de câncer ocorridos próximos a torres de celular. Porém o estudo não é conclusivo sobre os efeitos adverso a saúde pela RNI. Segundo, a OMS, não existe comprovação até agora dos efeitos das antenas sobre a saúde humana, embora ausência de prova não signifique prova de ausência.

- Fabiano Filho [50] (2015) pesquisou a exposição à RNI referente às alterações endócrinas e metabólicas. Os resultados se alinham com vários estudos e as alterações encontradas *in vitro* não são significativas para causar dano endócrino e metabólico, na qualidade e na quantidade a qual a população está exposta cotidianamente, indicando até o momento, a segurança no uso dos diversos aparelhos eletrônicos quanto a esses efeitos. Não encontraram exposição à RNI associada aos efeitos endócrinos e metabólicos.

“Nenhum estudo epidemiológico ou de laboratório jamais encontrou evidência confiável de tais riscos [ligando celulares a câncer], e não há ainda teoria amplamente aceita de como eles poderiam surgir. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), ‘até o momento, não se estabeleceu nenhum efeito adverso à saúde associado ao uso de telefones móveis’. A Sociedade Americana do Câncer, o Instituto Nacional do Câncer, a Administração de Drogas e Alimentos e o Centro para Controle e Prevenção de Doenças afirmam que não há evidência convincente de uma relação de causa e efeito” entre telefonia móvel e câncer.

De forma geral, a possibilidade de existir efeito biológico não térmico, podendo ou não tal efeito indicar perigo à saúde humana, ainda é uma incógnita. Muitas pesquisas ainda são necessárias para determinarem a abrangência de tais efeitos e sua possível relevância, se houver, para a saúde humana. Enquanto isso, as organizações internacionais e agências governamentais continuam a monitorar as mais recentes descobertas, para confirmar a validade e encontrar onde as alterações de limite podem ser efetuadas para proteger a saúde humana.

Para finalizar, um estudo realizado na Nova Zelândia [56], divulgado em fevereiro, encontrou uma relação entre o uso de celular e a redução no número de casos de câncer de cérebro no país! Entre 1995 e 2010, período de grande popularização da telefonia móvel, o total de diagnósticos de câncer de cérebro caiu, em média, 1% ao ano. O referido artigo questiona: a radiação emitida do celular evita câncer? Mata as células malignas? Muito provavelmente, não. Existe, portanto, uma coisa chamada coincidência e é por isso que estudos isolados têm de ser olhados com alguma reserva, quer tenham conclusões boas ou más [56].

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Constatou-se, uma expansão do sistema de telefonia celular e isso vem acompanhado do aumento na quantidade de Estações Rádio Base. Então, teve início uma preocupação das pessoas sobre o impacto causado por estas instalações. A população começou a se questionar dos efeitos devido à emissão de RNI, o que muito se escuta e comenta-se nos veículos de mídia em geral.

Os níveis de intensidade de campo elétrico nos pontos de medições no entorno das estações, obtidos com o medidor de faixa larga com sonda isotrópica, estavam muito abaixo dos limites estabelecidos pelo Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na faixa de Radiofrequências para a cidade de Fortaleza.

Ressalta-se, que as medidas obtidas representam o somatório dos campos elétricos emitidos de todas as fontes de RNI, provenientes das estações dos sistemas de telecomunicações e radiodifusão existentes nas proximidades dos locais de medição, na faixa de RF, adotando-se o valor médio encontrado para aquela direção, considerando-se o pior caso de emissão de radiação.

A preocupação da população e das autoridades envolvidas devem observar os limites estabelecidos pela regulamentação em vigor. A medição de campo realizada no entorno de cerca de 30 (trinta) antenas transmissoras: telefonia celular, rádio e televisão, inclusive com torres compartilhadas com antenas de uma ou mais operadoras, indicou que os níveis de intensidade de RNI estão muito abaixo dos limites normativos. Esses limites, para o público, já incorpora um fator de segurança de 50 vezes, portanto, muito seguro.

As exposições cotidianas da população, às estações de radiocomunicações, estão presentes e são obedecidas por algumas restrições, como a distância mínima e tempo de exposição. Este estudo mostra que não é difícil estabelecer essas distâncias mínimas das antenas emissoras, tanto para público em geral como dos trabalhadores, conforme as legislações vigentes na cidade de Fortaleza.

A resolução nº 303/02 da Anatel define os parâmetros para cálculos dos campos eletromagnéticos e das distâncias mínimas entre a exposição da população em geral. É importante considerar a exposição populacional a RNI, tão necessária como outra exposição tais como químicas, biológicas, pois há indícios que essa radiação possa vir afetar a saúde humana de alguma forma.

A intenção do estudo foi responder essa questão por meio de uma revisão da literatura sobre a interação das ondas eletromagnéticas com a matéria, assim como a apresentação das normas e legislações existentes no Brasil, com enfoque nos limites de exposição à RNI, os quais são fontes de radiação não ionizante.

Demonstrou-se um procedimento de metodologia que é aplicada para calcular os níveis de intensidade de campo elétrico nos locais de máxima exposição na cidade de Fortaleza, sendo conhecidas a potência transmitida e as características dos sistemas irradiantes envolvidos.

As pesquisas científicas não corroboram de forma conclusiva os efeitos adversos à saúde causados pela radiação não ionizante, no entanto observou-se que os danos são diretamente associados à frequência de operação, a potência irradiada, à distância e ao tempo de exposição em relação à fonte emissora de RNI.

5.2 CONTRIBUIÇÕES E CRÍTICAS DO ESTUDO

As principais contribuições desta pesquisa foram os seguintes pontos:

- (a) Descrever um método de medição dos níveis de radiação eletromagnética, que considera simultaneamente a contribuição das principais fontes emissoras;
- (b) Mapeamento da intensidade do campo elétrico na área de abrangência da cidade de Fortaleza;
- (c) Avaliação da influência comparativa dos sistemas de comunicações sem fio na contribuição para o campo elétrico no município investigado;
- (d) Medição da intensidade do campo elétrico decorrente do serviço mais impactante na emissão de RNI na área da cidade de Fortaleza;
- (e) Comparação da RNI emitida em Fortaleza com limites de exposição oficialmente estabelecidos na norma reguladora.

Essas contribuições servem de subsídio para o prosseguimento de outros trabalhos científicos decorrentes, que terão especial utilidade para os órgãos de Controle Ambiental. O mapeamento das medições efetuadas em bairros da cidade de Fortaleza traz o embasamento para a execução de ajustes razoáveis nos procedimentos de fiscalização e nos protocolos para autorização das instalações de novas torres de telecomunicações.

Uma das dificuldades na pesquisa ocorreu na impossibilidade de obtenção de dados históricos confiáveis que possibilitassem um mapeamento da incidência de câncer com a proximidade das residências em relação às emissões das torres de telecomunicações no município de Fortaleza.

Outra dificuldade na execução das medições da intensidade das RNI é a falta de compreensão dos moradores em condomínios decorrentes de acessos às suas dependências, o tempo médio gasto acima do previsto para execução das medições em campo e eventuais problemas com síndicos.

Como profissional na área de telecomunicações, essa pesquisa ajudou a compreender o possível risco que antes não eram percebidos, sendo tomadas atitudes mais rigorosas nas rotinas de trabalho, tanto pessoais como ocupacionais que atuam no ambiente eletromagnético.

Como operador da engenharia foi gratificante, saber que os resultados do estudo poderão servir como um diagnóstico da situação atual de exposição à RNI na cidade de Fortaleza, podendo o modelo ser aplicado, com adaptações, em outras cidades. Além do aspecto científico, convém destacar os resultados obtidos dessa dissertação para esclarecimento a população a RNI.

Devo destacar que a execução do trabalho contou com o apoio decisivo da Anatel/CE por meio da liberação dos equipamentos utilizados nas medições e na liberação para efetuar os procedimentos de avaliação em campo.

5.3 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se, para a realização de trabalhos futuros:

- Inclusão de medições com outros modelos de propagação para diferentes cenários eletromagnéticos;
- Análise do modelo em sistemas de telefonia celular 5G e outros serviços de telecomunicações mais baixas;
- Avaliação dos aspectos geográficos próximos das ERBs para os cálculos, tais como: relevo, construções, etc.
- Verificar os níveis de RNI em ambientes industriais, hospitalares, etc.
- Estudo da estimativa da máxima capacidade de usuários por ERBs no sistema (estrangulamento), baseado em trabalhos nacional e internacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES - ANATEL. Acessos Móveis. Disponível em: < <http://www.anatel.gov.br/dados/acessos-telefoniamovel>> Acesso em 23 de março de 2017.
- [2]. TELEBRASIL, Antenas. Disponível em: <http://www.telebrasil.org.br/panorama-do-setor/mapa-de-erbs-antenas>. Acesso em 27/4/2016.
- [3]. ALMEIDA, Antônio M. Controle e gestão de radiações não ionizantes produzidas pelo sistema de telecomunicações: uma abordagem inovadora. Disponível https://www.cpqd.com.br/cadernosdetecnologia/Vol1_N1_jan_dez_2005/artigo5.html. Acesso em 10/5/17.
- [4]. HAYT JUNIOR., William L. *Eletromagnetismo*. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora livros técnicos e científicos. 2015.
- [5]. HALLIDAY D., RESNICK R. ,KRANE K. Física vol 3. 5ª Edição LTC Editora 2004, 377 págs. ISBN-85-216-1391-1.
- [6]. BALANIS, C. A. Advanced Engineering Electromagnetics. 2ª ed., Editora Wiley, 1989, 981 págs., ISBN 0-471-62194-3.
- [7]. Elementos de eletromagnetismo 3ª Edição Mathew N.O. Sadiku Bookman 2004 687 págs. ISBN 978-85-363-0275-1.
- [8]. 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.
- [9]. ANATEL. Quadro de Atribuições de Faixas de Frequências no Brasil. Disponível em:<<http://www.anatel.gov.br/Tools/frame.asp?link=/radiofrequencia/qaff.pdf>>Acesso em 20 de março de 2015.
- [10]. WIKIPEDIA. *Aplicação Micro-onda*. Disponível em: < <http://pt.wikipedia.org/wiki/Micro-ondas>>. Acesso em 16 de março 2016.
- [11]. ELBERN, Alwin. *Radiação Não-Ionizante. Conceitos, Riscos, e Normas*. 2002. ProRad. Disponível em : <<http://www.prorad.com.br>>Acesso em 15 novembro 2005.
- [12]. TUDE, Eduardo. *Efeitos da Radiação Eletromagnética de Sistemas Celulares*. 2002. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialr/default.asp>. Acesso em: 16 de Abril de 2006.

- [13]. VIEIRA, Diego, B. **Análise das Radiações Não Ionizantes em Antenas de Provedor de Serviço de Internet**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.
- [14]. 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 2017.
- [15]. PAULINO, J. O. S. **Radiações eletromagnéticas não ionizantes emitidas pelas antenas fixas do sistema de telefonia celular**. 2001. Disponível em: <http://www.higieneocupacional.com.br/download/antenas_celular_paulino.pdf> Acesso em 20 abr. 2014.
- [16]. 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. DE. 2008.
- [17]. 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.
- [18]. Brito, Samuel Henrique Bucke – Blog LabCisco: Espectro Eletromagnético da Natureza. Disponível em <http://labcisco.blogspot.com.br/2013/03/o-espectro-eletromagnetico-na-natureza.html>. Acesso em 6/2/2017.
- [19]. MEDEIROS, Regina Bitelli. *Radiações não Ionizantes e Interferências Eletromagnéticas*. SP, 2001. Disponível em: <http://cfhr.epm.br/download/duvidas/interferencias_eletromagneticas.pdf>. Acesso em: 22 de setembro 20105.
- [20]. Radiofrequência e Sociedade. Disponível em: <http://radiofrequencias-sociedade.blogspot.com.br/p/espectro-electromagnetico.html>. Acesso em 18/11/16.
- [21]. LIMA Jr, Almir Wirth, Telecomunicações e Redes de Computadores, Editora Axel Books, 1ª ed. 2003, 544 págs, ISBN857323193.
- [22]. *SÉRIE EMF EXPLAINED*, COMUNICAÇÃO VIA RÁDIO NA COMUNIDADE. Disponível em: <http://www.emfexplained.info/prt/?id=25186>. Acesso em 27/4/2015.
- [23]. UNB-DF. Sistemas de Telecomunicações. Apostila do curso de atualização para engenheiros da ANATEL. Volume I, Brasília, 1999.

- [24]. Recomendação K.61 da UIT-T – *Guidance to measurement and numerical prediction of electromagnetic fields for compliance with human exposure limits for telecommunication installations*. Disponível em:< <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=9139>> Acesso em 20 março 2016.
- [25]. Recomendação K.70 da UIT-T – *Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields*. Disponível em:< <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=9139>> Acesso em 20 março 2016.
- [26]. 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.
- [27]. ICNIRP. *Guidelines for Limiting Exposure to Time- Varying Electric, Magnetic, and Eletromagnetic Fields, Health Phisics*. vol. 74. Nº 4, pp 494-522. 1998. Disponível em:< <http://www.icnirp.org/en/frequencies/high-frequency/index.html>> Acesso em 15 de novembro 2015.
- [28]. 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.
- [29]. Lei nº 11.934, de 5/5/09. Dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; altera a Lei nº 4.771, de 15/9/1965; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11934.htm. Acesso em 27/4/2015.
- [30]. MEDIDOR DE CAMPO NARDA NBM520. Disponível em: http://www.narda-sts.us/pdf_files/DataSheets/NBM520_DataSheet.pdf. Acesso em 27/4/2015.
- [31]. 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.
- [32]. ANATEL. Resolução nº 303 de 2/7/2002. Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de RF. Disponível em:<<http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2002/128-resolucao-303>> Acesso em 20 março 2016.

- [33]. 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.
- [34]. CARVALHO, A, G. BADINHAN, L,F,C. **Eletrônica: Telecomunicações**. Centro Paula Souza. Governo de São Paulo. Fundação Padre Anchieta. 2011.
- [35]. Recomendação K.70 da UIT-T – *Mitigation techniques to limit human exposure to EMFs in the vicinity of radiocommunication stations*. Disponível em:< <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=9139>> Acesso em 20/3/16.
- [36]. A. Linhares, M.A.B. Terada, and A.J.M. Soares (2013), Estimating the location of maximum exposure to electromagnetic fields associated with a radio communication station, JMoe, [online], vol. 12, pp. 141-157.
- [37]. Recomendação K.100 da UIT-T – *Guidance to measurement and numerical prediction of electromagnetic fields for compliance with human exposure limits for telecommunication installations*. Disponível em:< <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=9139>> Acesso em 20 março 2016.
- [38]. TELECO. Tutorial - Uso de Frequências: O espectro de Radiofrequências. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfreq/pagina_1.asp> Acesso em 17 de março de 2016.
- [39]. Recomendação K.52 da UIT-T – *Guidance on complying with limits for human exposure to electromagnetic fields*. Disponível em:< <http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=9139>> Acesso em 20 março 2016.
- [40]. ANATEL. STEL – Sistema de Telecomunicações das Radiocomunicações: Relatório de Estações com Endereço, CLARO, OI, TIM e VIVO. Disponível em < <https://sistemas.anatel.gov.br/stel/Default.asp?SISQSmodulo=9063&SISQSSistema=531> > Acesso em 9 jan. 2016.
- [41]. TELEBRASIL, Antenas. Disponível em: <http://www.telebrasil.org.br/panorama-do-setor/mapa-de-erbs-antenas>. Acesso em 27/4/2016.
- [42]. ANATEL. SRD – Sistema de Controle de Radiodifusão: Dados da Estação de Radiodifusão em Frequência Modulada das Rádios. Disponível em < <http://sistemas.anatel.gov.br/se/public/view/b/srd.php>> Acesso em 9/1/2016.
- [43]. ANATEL. SRD – Sistema de Controle de Radiodifusão: Dados da Estação de Radiodifusão de Sons e Imagens das Televisões. Disponível em < <http://sistemas.anatel.gov.br/se/public/view/b/srd.php> > Acesso em 9/1/2016.

- [44]. COOPER, J; MARX, B; BUHL, J; Determination of safety distance limits for a human near a cellular base station antenna, adopting the IEEE standard or ICNIRP guidelines - Bioelectromagnetics V.23, Issue 6 , Pgs 429 - 443 Fev. 2002.
- [45]. DIAS, M. H. C; SIQUEIRA, G. L. *Considerações sobre os efeitos à saúde Humana da Irradiação Emitida por Antena de Estações Rádio-Base de Sistemas Celulares*. Revista científica periódica - Telecomunicações Vol.5 Nº 01- Jun. 2002.
- [46]. ROJE, V. Wire Antenna Theory Applied to the Assessment of the Radiation Hazard in the Vicinity of the GSM Base Stations - Serbian Journal of Electrical Engineering Vol. 1, No. 1, 15 - 26, Nov. 2003
- [47]. MICLAUS S.; BECHET P. Estimated and measured values of the radiofrequency radiation power density around cellular base station, 7th International Balkan Workshop on Applied Physics; Romênia – Set. 2006
- [48]. TERADA, MARCO A. B. Propriedades Direcionais de Irradiação de Antenas Rádio Base. Brasília, Revista Científica Periódica - Telecom V. 9, No. 02, Jul. 2007.
- [49]. DODE, ADILSA C. **Mortalidade por Neoplasias e a Telefonia Celular no Município de Belo Horizonte, Minas Gerais**. Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia UFMG. 2010.
- [50]. Fabiano Filho, Ronaldo Corrêa. **Exposição à radiação eletromagnética não ionizante e alterações metabólicas e endócrinas** / Monografia de graduação do curso de Medicina. Salvador: 2015. 47p.
- [51]. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- [52]. COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005..
- [53]. SENISE, J. T. Efeitos Biológicos dos Campos Eletromagnéticos de Rádio-Frequências e Micro-ondas. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, 2001. <[http:// www.bibliotecadigital.unicamp.br/document](http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document)>. Acesso em: 26 jul. 2015.
- [54]. KRAUS, J.D., Antenas; tradução de Paulo Roberto Mariotto, Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, 1983.
- [55]. WOLLINGER, Paulo Roberto. Estudo dos Níveis de Radiação Eletromagnética em Ambiente Urbano. UFSC, 2003.
- [56]. REVISTA GALILEU. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/blogs/olhar-cetico/noticia/2015/03/celulares-causam-cancer-uma-analise-sobre-como-midiatrata-questoes-de-risco-saude.html>. Acesso em 17/5/2017.

ANEXOS

Procedimento para a realização de medições utilizando o medidor de campo NARDA ERM 300 com sonda isotrópica

- a. Inicialmente deve ser feita uma verificação do local em análise, buscando afastamento de superfícies metálicas, grades, portões e telas, de forma a evitar reflexão dos sinais recebidos falseando a leitura do medidor.
- b. No caso em uma estação específica de RF seja o objeto da análise, certificar se o transmissor (ou transmissores) esteja operando com sua potência máxima autorizada, de forma a avaliar a situação mais crítica.
- c. Ligar o medidor (tecla ON/OFF) e aguardar a realização da autocalibração.
- d. Na área a ser analisada e considerando os locais de trânsito populacional, realizar uma varredura dos níveis de sinais recebidos de maneira a identificar o(s) ponto(s) mais crítico (maiores níveis) para que nele(s) seja feita a medição.
- e. Por meio da tecla LIMIT/CAL, ajustar o intervalo para realização da média dos dados para seis minutos, o limite conforme estabelecido na Resolução nº 303 e o tempo entre aquisições para 4 segundos, de forma a armazenar um valor a cada 4 segundos.
- f. Selecionar o tipo de valor a ser armazenado para a realização da média temporal de 6 minutos (tecla MAX/AVG): selecionar valor médio RMS (AVG=average).
- g. Depois de realizados os ajustes, zerar os dados da memória (tecla SHIFT CLEAR) e do “buffer” temporário (tecla SHIFT RESET) para iniciar a medição.
- h. O equipamento passa a medir instantaneamente. Por meio da tecla SHIFT START, iniciar a gravação dos dados na memória. A memória tem capacidade para armazenar até 1500 dados.
- i. Decorridos os seis minutos, ou um pouco mais, ficando a critério do operador, pressionar a tecla SHIFT STOP, interrompendo a gravação dos dados na memória, anotando como referência o último número indexador, de maneira a separar dos próximos dados a serem coletados.
- j. Pressionando a tecla MAX/AVG, anotar os valores médio, máximo e de pico. Os valores são referentes sempre aos últimos seis minutos de aquisição.
- k. Descarregar os dados coletados para o microcomputador por meio de interface óptica.

Vista do Instrumento de medição NARDA ERM 300



Medidor de Campo de Banda Larga

Especificações Técnicas do NARDA EMR 300

Specifications of the Radiation Meters

EMR-200, EMR-300

Display and warning circuits

Display type LCD, instrument specific
 Display refresh rate typically 400 ms
 Visible warning bright red LEDs in the foil keypad
 Audible warning built-in piezoelectric device,
 tone sequence depending on measured value
 Display resolution 0.01 V/m, 0.0001 A/m
 Settling time typically 1 s (0 to 90 % of meas. value)

Measurement functions

Units V/m, A/m, mW/cm², W/m², % of limit value
 Result display current result
 or maximum value since switch-on
 Averaging current result or
 variable between 4 s and 15 min
 Alarm functions variable threshold and on/off
 Calibration data one CAL factor settable per probe

Self tests

Automatic switch-on self test of
 A/D converter, battery, supply voltages, memory and
 zero adjustment.
 Periodical zero adjustment and battery check during
 operation.
 All tests can be performed during exposure to the field.

Calibration

Calibrated base unit
 Recommended confirmation interval 24 months

Interfaces

Serial interface for results transfer, remote operation
 and calibration V.24 (RS232) optical/bidirectional

Additional functions EMR-300

Result storage 1500 values
 Real-time clock
 Spatial averaging within a time period or over measurement
 points.

General specifications

Power supply
 Rechargeable batteries 2 × Mignon (AA) 1.2 V
 Dry batteries 2 × Mignon (AA) 1.5 V
 Operating time
 rechargeable / dry batteries typ. 8 h / > 15 h
 Recharging using NT-20 Charger Unit supplied
 Ambient temperature
 Operating range -10 to +55 °C
 Dimensions (w × h × d) in mm approx. 96 × 64 × 465
 (incl. sensor and impact protection)
 Weight (incl. batteries) approx. 450 g

Overall measurement uncertainty

To ensure that the measurement results are meaningful, the specifications
 indicate all quantities that can influence the measurement. These physical
 quantities should be taken into account in accordance with the Guidelines
 for the Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibrations
 WECC Doc. 19-1990. Careful selection of the ambient conditions can
 eliminate or partly eliminate some influence quantities; the tolerances are
 typically closer than the values quoted.

MEM#	VALUE	UNIT	RESULT	AXIS	TIME	DATE	CAL	PROBE		
01	0,21	V/m	ACT	EFF	14:17:12	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
02	0,21	V/m	ACT	EFF	14:17:06	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
03	0,16	V/m	ACT	EFF	14:17:10	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
04	0,31	V/m	ACT	EFF	14:17:15	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
05	0,33	V/m	ACT	EFF	14:17:18	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
06	0,31	V/m	ACT	EFF	14:17:23	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
07	0,13	V/m	ACT	EFF	14:17:27	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
08	0,21	V/m	ACT	EFF	14:17:30	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
09	0,23	V/m	ACT	EFF	14:17:35	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
10	0,19	V/m	ACT	EFF	14:17:39	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
11	0,19	V/m	ACT	EFF	14:17:43	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
12	0,28	V/m	ACT	EFF	14:17:47	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
13	0,31	V/m	ACT	EFF	14:17:51	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
14	0,13	V/m	ACT	EFF	14:17:54	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
15	0,28	V/m	ACT	EFF	14:17:59	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
16	0,27	V/m	ACT	EFF	14:18:02	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
17	0,28	V/m	ACT	EFF	14:18:06	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
18	0,27	V/m	ACT	EFF	14:18:10	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
19	0,31	V/m	ACT	EFF	14:18:14	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
20	0,3	V/m	ACT	EFF	14:18:18	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
21	0,33	V/m	ACT	EFF	14:18:22	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
22	0,23	V/m	ACT	EFF	14:18:26	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
23	0,23	V/m	ACT	EFF	14:18:30	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
24	0,19	V/m	ACT	EFF	14:18:34	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
25	0,27	V/m	ACT	EFF	14:18:38	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
26	0,27	V/m	ACT	EFF	14:18:42	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
27	0,19	V/m	ACT	EFF	14:18:46	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
28	0,27	V/m	ACT	EFF	14:18:50	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
29	0,19	V/m	ACT	EFF	14:18:54	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
30	0,27	V/m	ACT	EFF	14:18:58	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
31	0,3	V/m	ACT	EFF	14:19:02	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
32	0,23	V/m	ACT	EFF	14:19:06	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
33	0,21	V/m	ACT	EFF	14:19:10	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
34	0,37	V/m	ACT	EFF	14:19:14	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
35	0,41	V/m	ACT	EFF	14:19:18	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
36	0,3	V/m	ACT	EFF	14:19:22	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
37	0,39	V/m	ACT	EFF	14:19:26	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
38	0,39	V/m	ACT	EFF	14:19:30	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
39	0,39	V/m	ACT	EFF	14:19:34	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
40	0,39	V/m	ACT	EFF	14:19:38	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
41	0,25	V/m	ACT	EFF	14:19:42	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
42	0,3	V/m	ACT	EFF	14:19:46	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
43	0,34	V/m	ACT	EFF	14:19:50	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
44	0,37	V/m	ACT	EFF	14:19:54	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
45	0,33	V/m	ACT	EFF	14:19:58	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
46	0,3	V/m	ACT	EFF	14:20:02	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
47	0,28	V/m	ACT	EFF	14:20:06	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
48	0,35	V/m	ACT	EFF	14:20:10	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
49	0,38	V/m	ACT	EFF	14:20:14	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057
50	0,37	V/m	ACT	EFF	14:20:18	18/04/16		1	TYPE	8AR-0057

51	0,23	V/m	ACT	EFF	14:20:22	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
52	0,37	V/m	ACT	EFF	14:20:26	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
53	0,34	V/m	ACT	EFF	14:20:30	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
54	0,3	V/m	ACT	EFF	14:20:34	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
55	0,28	V/m	ACT	EFF	14:20:38	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
56	0,3	V/m	ACT	EFF	14:20:42	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
57	0,25	V/m	ACT	EFF	14:20:46	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
58	0,25	V/m	ACT	EFF	14:20:50	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
59	0,27	V/m	ACT	EFF	14:20:54	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
60	0,38	V/m	ACT	EFF	14:20:58	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
61	0,33	V/m	ACT	EFF	14:21:02	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
62	0,31	V/m	ACT	EFF	14:21:06	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
63	0,35	V/m	ACT	EFF	14:21:10	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
64	0,34	V/m	ACT	EFF	14:21:14	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
65	0,35	V/m	ACT	EFF	14:21:18	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
66	0,3	V/m	ACT	EFF	14:21:22	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
67	0,3	V/m	ACT	EFF	14:21:26	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
68	0,33	V/m	ACT	EFF	14:21:30	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
69	0,37	V/m	ACT	EFF	14:21:34	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
70	0,28	V/m	ACT	EFF	14:21:38	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
71	0,37	V/m	ACT	EFF	14:21:42	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
72	0,35	V/m	ACT	EFF	14:21:46	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
73	0,3	V/m	ACT	EFF	14:21:50	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
74	0,31	V/m	ACT	EFF	14:21:54	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
75	0,3	V/m	ACT	EFF	14:21:58	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
76	0,41	V/m	ACT	EFF	14:22:06	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
77	0,16	V/m	ACT	EFF	14:22:10	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
78	0,34	V/m	ACT	EFF	14:22:14	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
79	0,41	V/m	ACT	EFF	14:22:18	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
80	0,39	V/m	ACT	EFF	14:22:22	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
81	0,43	V/m	ACT	EFF	14:22:26	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
82	0,41	V/m	ACT	EFF	14:22:30	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
83	0,34	V/m	ACT	EFF	14:22:34	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
84	0,43	V/m	ACT	EFF	14:22:38	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
85	0,37	V/m	ACT	EFF	14:22:42	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
86	0,37	V/m	ACT	EFF	14:22:46	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
87	0,4	V/m	ACT	EFF	14:22:50	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
88	0,45	V/m	ACT	EFF	14:22:54	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
89	0,39	V/m	ACT	EFF	14:22:59	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
90	0,43	V/m	ACT	EFF	14:23:03	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
91	0,41	V/m	ACT	EFF	14:23:07	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
92	0,35	V/m	ACT	EFF	14:23:14	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
93	0,49	V/m	ACT	EFF	14:23:15	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
94	0,42	V/m	ACT	EFF	14:23:19	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
95	0,35	V/m	ACT	EFF	14:23:23	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
96	0,41	V/m	ACT	EFF	14:23:27	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
97	0,39	V/m	ACT	EFF	14:23:31	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
98	0,35	V/m	ACT	EFF	14:23:35	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
99	0,38	V/m	ACT	EFF	14:23:39	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057
100	0,45	V/m	ACT	EFF	14:23:43	18/04/16	1	TYPE	8	AR-0057

Cadastro das emissoras de Rádio em Fortaleza – site SRD da Anatel

Acesso à Informação						
ANATEL Agência Nacional de Telecomunicações						
Menu Principal						
SRD >>> Consultas >>> Geral						
Tela Inicial						
Resultado da Consulta						
Consulta Geral						
Canal/Freq	Entidade	UF	Localidade	Serviço	Fase	Situação
205	FM JANGADEIRO LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	M
205	FM JANGADEIRO LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	K
230	RADIO VERDES MARES LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	M
238	MAX COMUNICACAO LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	N
238	MAX COMUNICACAO LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	K
241 E	FUNDACAO EDUCACIONAL SALESIANA DOM BOSCO	CE	Fortaleza	FM	3	M
244 E	GOVERNO DO ESTADO DO CEARA - ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO CEARA	CE	Fortaleza	FM	3	M
249	RADIO COSTA DO SOL LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	M
256	TV CIDADE DE FORTALEZA LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	M
260	RADIO RECORD DE FORTALEZA FM LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	M
260	RADIO RECORD DE FORTALEZA FM LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	K
265	RADIO PAJEU FM LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	M
265	RADIO PAJEU FM LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	B
269	RADIO FM CASABLANCA LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	M
269	RADIO FM CASABLANCA LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	K
277 E	SENADO FEDERAL	CE	Fortaleza	FM	2	H
280	TEMPO FM LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	M
280	TEMPO FM LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	I
289	RADIO ATLANTICO SUL LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	M
289	RADIO ATLANTICO SUL LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	K
293	CALYPSO FM LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	M
293	CALYPSO FM LTDA	CE	Fortaleza	FM	3	K
300 E	FUNDACAO CEARENSE DE PESQUISA E CULTURA	CE	Fortaleza	FM	3	M
300 E	FUNDACAO CEARENSE DE PESQUISA E CULTURA	CE	Fortaleza	FM	3	B

Cadastro das emissoras de Televisão em Fortaleza – site SRD da Anatel

Acesso à Informação						
ANATEL Agência Nacional de Telecomunicações						
Menu Principal						
SRD >>> Consultas >>> Geral						
Tela Inicial						
Resultado da Consulta						
Consulta Geral TV						
Canal/Freq	Entidade	UF	Localidade	Serviço	Fase	
10	TELEVISAO VERDES MARES LTDA	CE	Fortaleza	TV	3	
10	TELEVISAO VERDES MARES LTDA	CE	Fortaleza	TV	3	
12-	TV JANGADEIRO LTDA	CE	Fortaleza	TV	3	
17	REDE UNIAO DE RADIO E TELEVISAO LTDA	CE	Fortaleza	TV	3	
2	TV OMEGA LTDA	CE	Fortaleza	TV	3	
2	TV OMEGA LTDA	CE	Fortaleza	TV	3	
22	TV DIARIO LTDA	CE	Fortaleza	TV	3	
22	TV DIARIO LTDA	CE	Fortaleza	TV	3	
30-	GOVERNO DO ESTADO DO CEARA - ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO CEARA	CE	Fortaleza	TV	3	
48 E	FUNDACAO DEMOCRITO ROCHA	CE	Fortaleza	TV	3	
5 E	FUNDACAO DE TELEDUCACAO DO ESTADO DO CEARA-FUNTELC	CE	Fortaleza	TV	3	
52		CE	Fortaleza	TV	0	
57 E	PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA	CE	Fortaleza	TV	2	
8	TV CIDADE DE FORTALEZA LTDA	CE	Fortaleza	TV	3	
8	TV CIDADE DE FORTALEZA LTDA	CE	Fortaleza	TV	3	

Cadastro das Estações Rádio Base em Fortaleza – site STEL da Anatel

Operadora Claro

ANATEL

Agência Nacional de Telecomunicações

Menu Principal

STEL >>> Consultas >>> Estações >>> Pesquisa Estações por Entidade/Endereço (232/212)

Tela Inicial Resultado da Consulta Dados das Estações

STEL >>> Consultas >>> Estações >>> Pesquisa Estações por Entidade/Endereço (232/212)

Imprimir Tela

Razão Social/Nome: CLARO S.A.
CNPJ/CPF: 40432540/000147
Serviço: 010 - SERVIÇO MOVEL PESSOAL
Qtde. Estações: 10

Número FISTEL: 50409307637

Dados do Contrato

Nº Entidade: 4180216
Nº Ato de Serviço: 7539/2009
Nº Contrato/Termo de Serviço: 007/2010

Tipo: Autorização
Data: 22/12/2009
Data: 15/03/2010

Situação: Em Vigor
Data Publicação: 13/01/2010
Data Publicação: 18/03/2010

Lista de Estação(ões) por Localidade

Estação nº3754618 / Licenciada

Det. Nome	Tipo Estação	UF	Município	Bairro	Logradouro	Latitude	Longitude	Alt.	Dt Inclusão	Dt 1º Lic.	Dt Últ. Lic.
☐ CEALD03	ERB com 1 ou mais Equip/Ant. no Setor	CE	Fortaleza	ALDEOTA	RUA JOAO CARVALHO - nº 27	035440906	38W304572	20	30/05/1998	05/03/2001	05/04/2013

Estação nº422353973 / Licenciada

Det. Nome	Tipo Estação	UF	Município	Bairro	Logradouro	Latitude	Longitude	Alt.	Dt Inclusão	Dt 1º Lic.	Dt Últ. Lic.
☐ CEALD05	ERB com 1 ou mais Equip/Ant. no Setor	CE	Fortaleza	ALDEOTA	RUA PAULA NEY - nº 55	035442148	38W295316	30	03/02/1999	19/11/1999	05/04/2013

Estação nº65088294 / Licenciada

Det. Nome	Tipo Estação	UF	Município	Bairro	Logradouro	Latitude	Longitude	Alt.	Dt Inclusão	Dt 1º Lic.	Dt Últ. Lic.
☐ CEALD10	ERB com 1 ou mais Equip/Ant. no Setor	CE	Fortaleza	ALDEOTA	RUA TIBURCIO CAVALCANTE - nº 2150	035443700	38W301872	40	16/12/2004	25/02/2005	05/04/2013

Estação nº686128621 / Licenciada

Det. Nome	Tipo Estação	UF	Município	Bairro	Logradouro	Latitude	Longitude	Alt.	Dt Inclusão	Dt 1º Lic.	Dt Últ. Lic.
☐ CEED508	ERB com 1 ou mais Equip/Ant. no Setor	CE	Fortaleza	Aldeota	Rua Vicente Linhares - nº 1570	035444456	38W295292	17	23/12/2004	25/02/2005	01/07/2014

Estação nº687377706 / Licenciada

Det. Nome	Tipo Estação	UF	Município	Bairro	Logradouro	Latitude	Longitude	Alt.	Dt Inclusão	Dt 1º Lic.	Dt Últ. Lic.
☐ CEALD17	ERB com 1 ou mais Equip/Ant. no Setor	CE	Fortaleza	ALDEOTA	RUA COSTA BARROS - nº 941	035434512	38W305220	23	03/08/2005	22/08/2005	05/04/2013

Estação nº687650887 / Licenciada

Det. Nome	Tipo Estação	UF	Município	Bairro	Logradouro	Latitude	Longitude	Alt.	Dt Inclusão	Dt 1º Lic.	Dt Últ. Lic.
-----------	--------------	----	-----------	--------	------------	----------	-----------	------	-------------	------------	--------------

Operadora TIM

ANATEL

Agência Nacional de Telecomunicações

Sistemas Interativos

Menu Principal

STEL == Consultas == Estações == Pesquisa Estações por Entidade/Endereço (232/212)

Tela Inicial Resultado da Consulta Dados das Estações

Pesquisa Estações por Entidade/Endereço (232/212)

Dados da Entidade

Razão Social/Nome: TIM CELULAR S.A.
CNPJ/CPF: 04206050000180
Serviço: 010 - SERVIÇO MOVEL PESSOAL
Qtde. Estações: 15

Dados do Contrato

Nº Entidade: 4184440
Nº Ato de Serviço: 5464/2010
Nº Contrato/Termo de Serviço: 003/2010

Lista de Estação(ões) por Localidade

Estação nº738727 / Licenciada

Det. Nome Tipo Estação UF Município Bairro Logradouro Latitude Longitude Alt. Dt Inclusão Dt 1º Lic. Dt Últ. Lic.

☐

FLAL08_JULIO VENTURAERB com 1 ou mais Equip/Ant. no SetorCEFortalezaALDEOTARUA DOUTOR JOSE LOURENCO - nº 122103544063038W3027102518/07/199730/04/199912/06/2015

Estação nº774324 / Licenciada

Det. Nome Tipo Estação UF Município Bairro Logradouro Latitude Longitude Alt. Dt Inclusão Dt 1º Lic. Dt Últ. Lic.

☐

FLAL00ERB com 1 ou mais Equip/Ant. no SetorCEFortalezaALDEOTARUA JAGUARETAMA - nº 18103544130038W3054202022/07/199730/04/199928/11/2008

Estação nº867861 / Licenciada

Det. Nome Tipo Estação UF Município Bairro Logradouro Latitude Longitude Alt. Dt Inclusão Dt 1º Lic. Dt Últ. Lic.

☐

FLAL06_EDIFICIO NOVO CENTER_45CEPLAS189ERB com 1 ou mais Equip/Ant. no SetorCEFortalezaALDEOTAAV SEN VIRGILIO TAVORA - nº 190103544351038W2941403725/07/199730/04/199917/04/2013

Estação nº4724631 / Licenciada

Det. Nome Tipo Estação UF Município Bairro Logradouro Latitude Longitude Alt. Dt Inclusão Dt 1º Lic. Dt Últ. Lic.

☐

FLAL09_EDIFICIO BARROS LEAL_45CERLAS199ERB com 1 ou mais Equip/Ant. no SetorCEFortalezaALDEOTAAVENIDA SANTOS DUMONT SL 1103 - nº 126703544533038W3043702427/08/199630/04/199917/04/2013

Estação nº4724739 / Licenciada

Det. Nome Tipo Estação UF Município Bairro Logradouro Latitude Longitude Alt. Dt Inclusão Dt 1º Lic. Dt Últ. Lic.

☐

FLAL01_EDIFICIO OREGONERB com 1 ou mais Equip/Ant. no SetorCEFortalezaALDEOTARUA MARIA TOMASIA - nº 90003544133038W2938102027/08/199630/04/199925/06/2015

Estação nº4724771 / Licenciada

Det. Nome Tipo Estação UF Município Bairro Logradouro Latitude Longitude Alt. Dt Inclusão Dt 1º Lic. Dt Últ. Lic.