

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Instituto de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

**Radiações Eletromagnéticas não Ionizantes em Unidades  
de Conservação da Natureza:  
Diagnóstico, Proposta para Mapeamento, Monitoramento,  
Avaliação de Riscos e Licenciamento Ambiental**

Miguel Ribeiro Gomide Júnior

Orientador: Prof. Dr. César Henrique Barra Rocha

**Juiz de Fora, MG – Brasil  
Dezembro de 2008**

**“Radiações Eletromagnéticas não Ionizantes em Unidades de  
Conservação da Natureza: Diagnóstico, Proposta para Mapeamento,  
Monitoramento, Avaliação de Riscos e Licenciamento Ambiental”**

**Miguel Ribeiro Gomide Júnior**

Orientador: Prof. Dr. Cezar Henrique Barra Rocha

Dissertação apresentada ao  
Instituto de Ciências Biológicas,  
da Universidade Federal de Juiz  
de Fora, como parte dos  
requisitos para obtenção do Título  
de Mestre em Ecologia Aplicada  
ao Manejo e Conservação de  
Recursos Naturais.

Aprovada em 18 de dezembro de 2008.



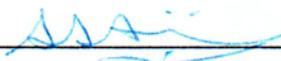
---

Prof. Dr. Cezar Henrique Barra Rocha  
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF



---

Prof. Dr. Hélio Antônio da Silva  
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF



---

Prof. Dr. Arcilan Trevenzoli Assireu  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gomide Júnior, Miguel Ribeiro

Radiações eletromagnéticas não ionizantes em unidades de conservação da natureza: diagnóstico, proposta para mapeamento, monitoramento, avaliação de riscos e licenciamento ambiental / Miguel Ribeiro Gomide Júnior. -- 2008.  
x + 127f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais)-Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

1. Radiação eletromagnética. 2. Risco ambiental. 3. Impactos ambientais. I. Título.

CDU 537.531

*Para Denise, Mayna e Thales*

## Agradecimentos

A Deus, pela natureza maravilhosa, fonte de todos os nossos recursos e equilíbrio.

Aos meus pais, Lucy e Miguel pelo exemplo que sempre me proporcionaram.

Às Biólogas Denise e Mayna, minha esposa e filha, pela consultoria prestada durante todo o curso e ao meu filho Thales pela participação nos debates.

Ao meu orientador Prof. César, pela oportunidade, esclarecimentos, e pelas valiosas sugestões.

À Coordenação do PGECOL, Prof. Fábio e Prof<sup>a</sup>. Rossana pelo apoio e ao José Carlos pela atenção.

Aos Professores do PGECOL pelos conhecimentos transmitidos.

Aos Professores Alfredo e Marcel do Departamento de Estatística da UFJF pelas discussões e observações.

Ao Procurador Federal junto ao IBAMA, Dr. Tonerres pelas considerações.

Às amigas Azussa e Lara, graduadas em Letras pela valiosa ajuda.

Aos colegas do Mestrado em Ecologia pelo apoio e incentivo.

E às Instituições:

FCT/JF – Fundação Centro Tecnológico de Juiz de Fora, pela cessão do instrumento  
medidor de radiação EMR-300 e GPS

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais  
Renováveis

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

## **Resumo**

O presente trabalho se propôs a avaliar a questão das radiações eletromagnéticas não ionizantes em unidades de conservação da natureza, bem como estimar possíveis riscos para os ecossistemas. A faixa de interesse foi a constituída pelas radiofrequências, típicas das instalações de telecomunicações, em todas as modalidades hoje utilizadas.

Com base em pesquisas científicas internacionais, foi proposta uma tabela de níveis de riscos ambientais advindos das radiações, que permite verificar a situação de cada região dentro do perímetro da unidade ou zona de amortecimento.

Foi feito um diagnóstico da situação das unidades de conservação federais brasileiras em relação às radiações eletromagnéticas, através de pesquisa por meio de questionários respondidos pelos gestores.

Um método de mapeamento com técnicas de geoprocessamento foi proposto, resultando em um mapa de intensidade de radiações eletromagnéticas, que adicionado ao plano de manejo ou zoneamento da unidade, proporciona análise de riscos, monitoramento e direcionamento de pesquisas.

A partir da legislação existente, foi feita uma análise sob o ponto de vista legal e propostas medidas em relação ao licenciamento ambiental das torres de telecomunicações instaladas no interior ou proximidades da unidade.

## **Abstract**

The purpose of this work is to evaluate the presence of non-ionizing radiations in protected areas, and to estimate the possible risks of those radiations for the ecosystem. The ranges of interests are the radiofrequencies, typical of installations for telecommunication systems, largely used nowadays.

Based on previous international scientific researches, we proposed a table with levels of environmental risks resulting from radiation. That chart will allow people to evaluate the situation of each region in the unit perimeter or buffer zone.

A diagnostic on the situation of the electromagnetic radiations in federal protected areas in Brazil was made, through the application of questionnaires among managers.

A method of mapping of geoprocessing techniques was developed. This method permits that a map containing the intensity of the electromagnetic radiations could be used with the management plan or unit zoning and better the conditions of hazard analyzing, management and future research.

Based on the vigent legislation, an analysis under the legal point of view was done, and we propose rules related to environmental licensing for telecommunication towers inside or next to the protected areas.

## Nomenclatura, Abreviaturas e Siglas

- 3G** – Terceira geração da telefonia celular, que permite também acesso à internet em alta velocidade.
- ANATEL** – Agência Nacional de Telecomunicações.
- CPqD** - Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações.
- dxg** – Formato para intercâmbio de arquivos dos softwares Autodesk Map e AutoCad.
- EMF** – “Electromagnetic Fields” – campos eletromagnéticos.
- EMR** – Instrumento medidor de radiação eletromagnética.
- IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- ICMBIO** – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.
- ICNIRP** - Comissão Internacional para Proteção Contra Radiações Não Ionizantes.
- Microondas** – Freqüências acima de 300MHz.
- MMDS** – “Multichannel Multipoint Distribution Service” – Tecnologia que permite acesso sem fio a longa distância à internet e TV.
- OMS** – Organização Mundial de Saúde.
- Radiofreqüências** – Genericamente, todas as freqüências utilizadas em tecnologias de comunicação sem fio.
- REM** – Radiação eletromagnética.
- RF** – Radiofreqüência.
- RMS** – “Root Mean Square” - valor médio (eficaz) de uma onda senoidal.
- SNUC** - Sistema Nacional de unidades de Conservação da Natureza  
Lei Federal nº 9985, de 18 de julho de 2000.
- Trackpoint** – Ponto registrado automaticamente pelo GPS quando está gravando um trajeto (trilha).
- UC** – Unidade de Conservação.
- Waypoint** – Ponto registrado pelo operador do GPS.
- WHO** – “World Health Organization” – Organização Mundial de Saúde.
- WiFi** – De “wireless fidelity”, fidelidade sem fios. Rede sem fio para computadores.
- WiMax** – Tecnologia semelhante ao WiFi, porém atingindo distâncias até 50 km.

## Sumário

<b>Agradecimentos</b> .....	v
<b>Resumo</b> .....	vi
<b>Abstract</b> .....	vii
<b>Nomenclatura, Abreviaturas e Siglas</b> .....	viii
<b>Sumário</b> .....	ix
<b>Capítulo 1</b>	
<b>Introdução</b>	
1.1 Radiações eletromagnéticas não ionizantes .....	1
1.2 Radiofrequência e microondas .....	4
1.3 Objetivo geral .....	8
1.4 Objetivos específicos .....	9
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Efeitos da Radiação Eletromagnética Sobre os Ecossistemas</b>	
2.1 Introdução .....	11
2.2 Efeitos térmicos e não térmicos .....	12
2.3 Estudos sobre radiações eletromagnéticas e os ecossistemas .....	15
2.4 Efeitos das radiações eletromagnéticas sobre algumas espécies .....	16
2.5 As intensidades de radiação e os efeitos sobre os organismos .....	17
2.6 Materiais e métodos .....	19
2.7 Resultados e discussão .....	29
2.8 Conclusões .....	35
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Diagnóstico das Unidades de Conservação Federais no Brasil em relação às Radiações Eletromagnéticas</b>	
3.1 Introdução .....	38
3.2 Materiais e métodos .....	40
3.3 Resultados e discussão .....	44
3.3.1 Respostas ao questionário .....	50
3.3.1.1 Questão 1 .....	50
3.3.1.2 Questão 2 .....	52
3.3.1.3 Questão 3 .....	53

3.3.1.4 Questão 4 .....	55
3.3.1.5 Questão 5 .....	57
3.4 Conclusões .....	58

## Capítulo 4

### **Proposta de Método para Mapear e Monitorar as Intensidades de Radiação numa Unidade de Conservação**

4.1 Introdução .....	59
4.2 Materiais e métodos .....	62
4.2.1 Medição de radiação .....	62
4.2.2 Posicionamento geográfico .....	67
4.3 Mapeamento .....	68
4.3.1 Etapas .....	68
4.3.2 Área de estudo .....	68
4.3.3 Verificação prévia da radiação .....	70
4.3.4 Varredura .....	72
4.3.4.1 Procedimento automático .....	73
4.3.4.2 Procedimento semi-automático .....	80
4.3.4.3 Procedimento manual .....	83
4.3.4.4 Análise comparativa dos três procedimentos .....	85
4.3.4.5 Varredura completa da área de estudo .....	87
4.3.5 Medição e monitoramento .....	90
4.4 Conclusões .....	93

## Capítulo 5

### **Análise Técnica e Jurídica**

5.1 Análise técnica .....	94
5.2 Análise jurídica .....	97

## Capítulo 6

### **Conclusão, Recomendações e Sugestões para Próximos Trabalhos**

6.1 Conclusão .....	105
6.2 Recomendações .....	106
6.3 Sugestões para próximos trabalhos .....	107

<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>109</b>
---	------------

## Capítulo 1

### Introdução

#### 1.1 Radiações eletromagnéticas não ionizantes

Michael Faraday foi o primeiro cientista a constatar que havia relações entre eletricidade e magnetismo. Experimentalmente, verificou que um campo magnético variável induziria um campo elétrico. Para explicar o fenômeno criou a idéia de “linhas de força”, que até hoje é empregada no ensino do magnetismo (FARADAY, 1855).

James Clerk Maxwell, com apenas vinte e quatro anos, se propôs realizar a tarefa de legar às leis de Eletricidade e Magnetismo uma base matemática sólida. Foi Maxwell quem conseguiu achar uma formulação matemática correta da lei de indução de Faraday e quem, além disso, predisse que um campo elétrico variável no tempo induziria um campo magnético. Com o desenvolvimento das conhecidas “Equações de Maxwell”, teoricamente previu a existência de ondas eletromagnéticas, unificando as matérias sobre luz e eletromagnetismo (MCKELVEY e GROTH, 1981)

$$\begin{array}{l}
 \nabla \cdot D = \rho \\
 \nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \nabla \cdot B = 0 \\
 \nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}
 \end{array}$$

Fig. 1: Equações de Maxwell.

Maxwell mostrou através de suas equações, que ondas eletromagnéticas são geradas sempre que forem aceleradas cargas elétricas. Portanto, ele foi capaz de dizer que as ondas eletromagnéticas seriam radiadas por qualquer circuito no qual correntes alternadas, particularmente de frequência muito alta, fluem.

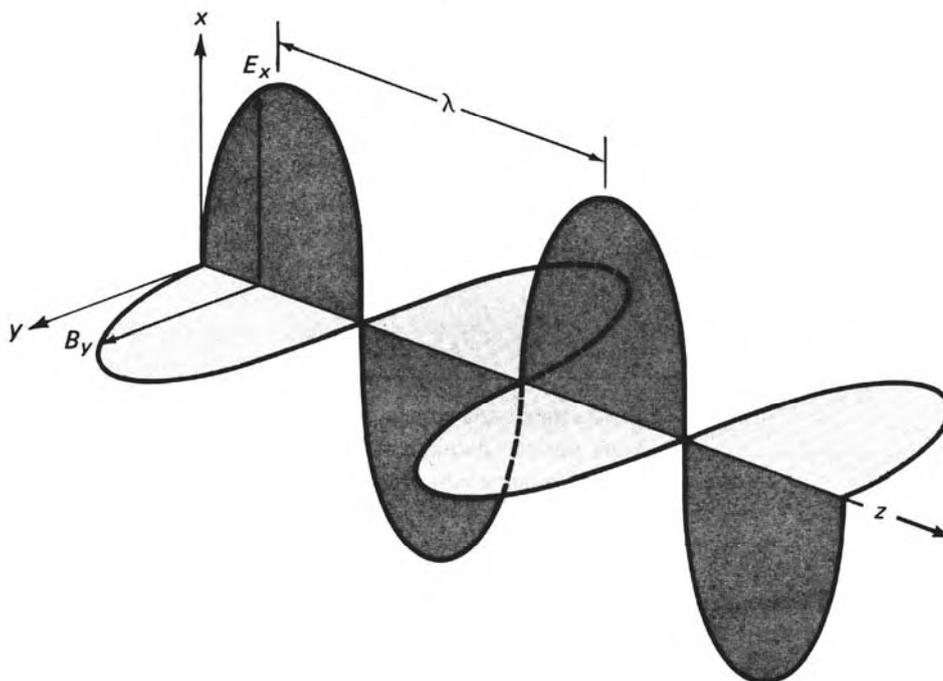


Fig. 2: Representação esquemática de uma onda eletromagnética se propagando na direção z.  $E_x$  é campo elétrico,  $B_y$  o campo magnético e  $\lambda$  o comprimento de onda.

Em 1887, vários anos depois da morte de Maxwell, o físico alemão Heinrich Hertz, verificou experimentalmente as previsões dele, construindo um equipamento que seria o primeiro conjunto transmissor-receptor de ondas eletromagnéticas (MCKELVEY e GROUCH, 1981).

Em 1900, o Italiano Guglielmo Marconi desenvolveu o primeiro rádio de sucesso comercial. Em 1931, já senador da Itália, o cientista Marconi acionou de Roma, via ondas eletromagnéticas, o sistema de iluminação da estátua do Cristo Redentor no Rio de Janeiro, o que foi considerado um grande feito tecnológico para a época (WEGUELIN, 2008).

Portanto, a pouco mais de cem anos, iniciou-se a era das radiações eletromagnéticas, do wireless, do Wi-Fi, das comunicações a distância, tão presentes hoje em quase todos os ambientes.

Diversos cientistas foram aos poucos revelando que a radiação eletromagnética podia assumir muitas formas: luz visível, ondas de rádio, microondas, raios X, infravermelho, ultravioleta, raios gama. Cada uma delas definida em um certo intervalo de comprimentos de onda, frequência e energia. Ao conjunto de todos os valores possíveis de comprimentos de onda da radiação eletromagnética, deu-se o nome de "espectro eletromagnético".

Região	Frequência (Hz)	Comprimento de onda (cm)
Rádio	$< 3 \times 10^9$	$> 10$
Microondas	$3 \times 10^9 - 3 \times 10^{12}$	$10 - 0.01$
Infravermelho	$3 \times 10^{12} - 4.3 \times 10^{14}$	$0.01 - 7 \times 10^{-5}$
Visível	$4.3 \times 10^{14} - 7.5 \times 10^{14}$	$7 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5}$
Ultravioleta	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{17}$	$4 \times 10^{-5} - 10^{-7}$
Raios-X	$3 \times 10^{17} - 3 \times 10^{19}$	$10^{-7} - 10^{-9}$
Raios Gama	$> 3 \times 10^{19}$	$< 10^{-9}$

Tab.1: Espectro eletromagnético (SANTIAGO *et al.*, 2008).

Antes do encerramento do século XIX, sabia-se que quando a luz visível ou ultravioleta é dirigida a uma superfície metálica, os elétrons podem ser ejetados da superfície, gerando o fenômeno conhecido como efeito fotoelétrico. Max Plank matematicamente mostrou que as ondas de luz são radiadas em forma de parcelas, cada uma das quais carrega uma certa quantidade de energia. Estas parcelas ou quanta de energia são referidas como fótons. Em 1905, Einstein reforçou as idéias de quantização de Plank e deu ímpeto à criação da física quântica. A teoria desenvolveu-se bastante até 1930, tendo envolvido grandes físicos do século XX como Bohr, Rutherford, Born, Pauli e Fermi (MCKELVEY e GROATCH, 1981).

Assim, temos hoje dois modelos para explicar a radiação eletromagnética: o modelo ondulatório e o modelo corpuscular. Adota-se então o princípio da complementariedade, segundo o qual os dois modelos são complementares. A escolha do modelo a usar é determinada pelo caráter da medida ou pelo tipo do experimento (GEF, 2008).

A energia de fótons das ondas eletromagnéticas com frequência menor do que 300 GHz é extremamente pequena, sendo difícil detectá-los como fótons, fazendo que prevaleça o caráter de onda. A luz visível e a radiação ultravioleta podem ser descritas como ondas ou como fótons. Segundo as equações deduzidas por Einstein, quanto maior a frequência, maior a energia do fóton (OKUNO e VILELA, 2005):

$$E_{\text{fóton}} = h f$$

( $h$  é a constante de Planck e vale  $6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s} = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ )

Como numa onda eletromagnética  $f \lambda = c$ , onde  $f$  é a frequência,  $\lambda$  o comprimento de onda e  $c$  a velocidade da luz no meio de propagação, a equação anterior pode ser escrita como:

$$E_{\text{fóton}} = \frac{h c}{\lambda}$$

Quando a radiação eletromagnética interage com a matéria, que pode ser um tecido vivo, ela pode arrancar elétrons de átomos que a constituem, transformando-os em íons, se tiver energia suficiente para tal. Nesses casos, ela é classificada como ionizante.

Para que ocorra a ionização em um material biológico, a energia da radiação deve ser superior ao valor da energia de ligação dos elétrons ligados aos átomos desses elementos. As consequências dependerão do papel biológico desempenhado pela molécula atingida. Se for uma molécula de DNA podem acontecer a sua quebra e mutações gênicas. Quanto maiores as doses de radiação absorvida, maiores serão as probabilidades de dano, de mutações precursoras de câncer e de morte celular (NOUAILHETAS *et al.*, 2008).

Do espectro eletromagnético, apenas os raios X e gama são considerados ionizantes. A radiação ultravioleta, cuja faixa de comprimento de onda vai de 100 a 400nm, está no limite entre radiação ionizante e não ionizante e no contexto usual da Radiobiologia, é considerada não ionizante. Entretanto, também a radiação ultravioleta desestabiliza o genoma e facilita mutações celulares, que podem levar ao fotoenvelhecimento, alterações imunológicas e câncer de pele (OKUNO e VILELA, 2005).

Oficialmente, segundo a Resolução 303/2002 da ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações, é considerada radiação não ionizante, todas as radiações do espectro eletromagnético, que não têm energia suficiente para ionizar a matéria. Caracterizam-se por apresentarem energia, por fóton, inferior a cerca de 12eV (doze elétron-volt), comprimentos de onda maiores que 100 (cem) nanômetros e frequências inferiores a  $3 \times 10^{15}$  Hz.

## 1.2 Radiofrequência e microondas

Nos últimos cem anos, após a viabilização do rádio por Marconi, aconteceu uma verdadeira explosão de tecnologias de comunicação por ondas eletromagnéticas, que vêm se acentuando a cada dia. A partir do desenvolvimento da telefonia celular, que por suas características técnicas exige um grande número de antenas, chamadas

de ERBs ou Estações Rádio Base, uma nova preocupação se difundiu com a chamada “poluição eletromagnética”. A proximidade das ERBs com os locais habitados ou freqüentados pela população, tem gerado movimentos sociais em todo o mundo, que lutam pela redução e maiores distâncias dessas estruturas (ABRADECEL, 2002).

Por muito tempo, só foi possível interconectar computadores através de cabos. Mais recentemente, com o advento do Wi-Fi (do inglês “*Wireless fidelity*”) passou a ser possível a interconexão de computadores através de redes sem fios. A implementação desse tipo de rede tem se tornado cada vez mais comum não só nos ambientes domésticos e empresariais, mas também em locais públicos como bares, shoppings, livrarias, aeroportos e instituições acadêmicas. Novas preocupações, agora em relação às radiações eletromagnéticas do Wi-Fi pode ser detectada através da imprensa mundial.

Uma onda de especulações sobre eventuais efeitos nocivos do Wi-Fi à saúde gerou um movimento em escolas inglesas. Uma espécie de fobia levou várias instituições a tirar suas redes sem fio do ar. Professores e pais de alunos culpavam as ondas do Wi-Fi por efeitos como dores de cabeça e náuseas sentidas pelos alunos. A discussão foi parar nas páginas jornal “The Times” que recebeu um grande número de cartas dos leitores (INFOABRIL, 2006).

A ONG francesa “CRIIREM – Centre de Recherche et d'Information Indépendantes sur les Rayonnements ElectroMagnétiques” –, evocando o princípio da precaução, reivindicou uma moratória sobre as ondas Wi-Fi e conseguiu que a Prefeitura de Paris desligasse o Wi-Fi em várias bibliotecas municipais (ENVIRO2B, 2008).

Um grupo de técnicos do IBAMA desenvolveu o trabalho “Modelo de valoração econômica dos impactos ambientais em unidades de conservação”, para empreendimentos de comunicação, rede elétrica e dutos. O documento foi voltado para o cálculo de valores a serem cobrados como compensação ambiental das empresas que instalaram estruturas em unidades de conservação federais (PEIXOTO e WILLMERSDORF, 2002).

Além desse documento, observações pessoais e comunicações de outras pessoas conduziram à possibilidade de uma presença significativa de instalações tecnológicas nas unidades de conservação.

A consideração de que o principal objetivo de uma unidade de conservação, inclusive previsto em lei, é a preservação dos ecossistemas, levaram-nos a imaginar qual a extensão e risco da presença de estruturas de telecomunicações nessas áreas protegidas, levando em conta a possibilidade da

interferência das radiações eletromagnéticas com os organismos componentes das biotas locais.

Tínhamos informações não só da presença de torres de telecomunicações, mas também de linhas de transmissão de energia elétrica. O sistema de potência brasileiro, trabalha na frequência de 60Hz. Portanto, todas as instalações de energia elétrica, sejam elas de geração, transmissão, distribuição ou consumo, operam nessa frequência, que é muito baixa em relação às frequências utilizadas em telecomunicações que podem atingir a ordem de alguns Gigahertz.

A equação  $\lambda = c / f$ , relaciona o comprimento de onda  $\lambda$  com a frequência  $f$ , sendo  $c$  a velocidade da luz no meio considerado. Portanto o comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência. Em 60Hz, o comprimento de onda é muito grande e vale cerca de 5.000km.

Na engenharia de telecomunicações, projetam-se antenas com o tamanho aproximadamente igual ao comprimento de onda da corrente que circula na mesma. Os comprimentos das antenas eficientes geralmente são  $L = \lambda / 2$  ou  $L = \lambda / 4$ , onde  $L$  é o comprimento da antena e  $\lambda$  o comprimento de onda. Para se projetar uma boa antena, operando com uma corrente de frequência igual a 60Hz, seu tamanho deveria ser 2.500 km ou 1.250 km (PAULINO, 2001).

Por isso, considera-se que as linhas de transmissão de energia não produzem ondas, mas apenas campos. Há que considerar que superpostos à frequências de 60Hz, ocorrem correntes indesejadas, com frequências maiores, denominadas harmônicos, produzidas pelos próprios equipamentos do sistema. Entretanto, sua intensidade pode ser considerada de valor desprezível.

Um outro fato que caracteriza as linhas de transmissão de energia elétrica é que elas são construídas no sistema denominado trifásico, constituído por três cabos ou três conjuntos de cabos. As correntes que percorrem esses condutores podem ser muito altas, chegando a 1.000A ou mais. Mas as correntes de cada condutor no sistema trifásico, são senoidais e defasadas entre si de um ângulo de  $120^\circ$ . O sistema é todo construído e operado para que a soma fasorial total das três correntes seja zero ou próxima de zero. Isso faz com que os campos elétricos e magnéticos produzidos pelas correntes também tendam a se anular e as resultantes de pequeno valor ocorrerem apenas nas proximidades da linha, devido à assimetria geométrica construtiva.

Todos esses parâmetros de construção das linhas de potência visam que ela cumpra seu objetivo que é o de conduzir a energia com a menor perda possível.

Mesmo assim, há um consenso internacional da periculosidade dos campos gerados pelos sistemas de potência sobre os seres vivos, principalmente a

possibilidade já verificada em diversos trabalhos científicos sobre o aumento da taxa de incidência de câncer em moradores próximos a linhas de transmissão. A própria “EPA – Environmental Protection Agency” –, agência de proteção ambiental do governo dos EUA, disponibiliza em seu site, documentação sobre os riscos de exposição às radiações provenientes de linhas de transmissão de energia elétrica, onde informa (EPA, 2008):

*Em 1998, um grupo de trabalho de experts, organizado pelo NIEHS – Instituto Nacional de Ciências de Saúde Ambiental, avaliou os efeitos sobre a saúde da exposição às radiações eletromagnéticas de baixíssima frequência, do tipo encontrado em residências próximas a linhas de transmissão de energia elétrica. Baseado em estudos sobre a incidência de leucemia infantil envolvendo um grande número de residências, o NIEHS concluiu sobre a possibilidade dos campos magnéticos das linhas serem a possível causa do câncer. O grupo de trabalho também concluiu que os resultados de experimentos com exposição a campos eletromagnéticos em animais e células, bem como os mecanismos estudados não confirmam nem refutam os resultados encontrados nos estudos com humanos. A Agência Internacional para Pesquisas Sobre o Câncer, da Organização Mundial de Saúde também obteve conclusão similar.*

A EPA ainda alerta:

*Como se proteger:*

- *Mantenha distância: maior distância entre você e as linhas de transmissão reduz sua exposição;*
- *Reduza o tempo: limitando o tempo em que você se mantém próximo às linhas, você reduz sua exposição.*

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - editou em 2006 a norma NBR15415: Métodos de medição e níveis de referência para exposição a campos elétricos e magnéticos na frequência de 50Hz e 60Hz, voltada para a caracterização da exposição humana a campos elétricos e magnéticos quase-estáticos em vários ambientes, como aqueles próximos às linhas de potência. Outra norma, a NBR5422/1985 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica - estabelece as distâncias de segurança e faixas de domínio das redes.

De posse dessas informações, podemos concluir que os campos emitidos pelas linhas de potência se restringem às suas proximidades e que o próprio trajeto da linha sobre o terreno, considerando as faixas de segurança, já demarcam sua atuação. Qualquer estudo sobre as influências dos campos deve ser focado nas imediações da linha, cuja localização já é conhecida.

Diferente das linhas de transmissão, que são construídas para transportar a energia com um mínimo de dispersão, as torres de telecomunicações têm por objetivo, espalhar a energia de suas ondas eletromagnéticas na maior cobertura possível, com o objetivo de maximizar a informação que elas transportam e atingir o

maior número de usuários. Portanto, as ondas irradiadas pelas antenas, além de invisíveis, têm seu campo de ação desconhecido, o que gera maiores preocupações.

Nos sistemas de telecomunicações, as frequências mais baixas são de cerca de 900kHz empregados nas rádios AM e as mais altas, de alguns Gigahertz utilizadas nas mais novas tecnologias de telecomunicações como o celular 3G, o MMDS e o WiMax.

A Organização Mundial de Saúde, no documento intitulado Critérios de Saúde Ambiental nº. 16 – Radiofrequências e Microondas, editado em 1981, separava as faixas denominadas radiofrequências entre 100kHz e 300MHz e as microondas entre 300MHz e 300GHz (WHO, 1981). Já em documento mais recente, denominado Critérios de Saúde Ambiental nº. 137 – Campos Eletromagnéticos –, publicado em 1993, por simplificação, passa a denominar apenas radiofrequências, todas aquelas compreendidas entre 300Hz e 300GHz (WHO, 1993). A ANATEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, na Resolução 303 de julho de 2002, chama de radiofrequências todas aquelas compreendidas entre 9kHz e 300 GHz, abrangendo portanto, todo o espectro usual em telecomunicações.

Por simplificação, no presente trabalho, mencionaremos a palavra “radiofrequências”, para nos referir de forma genérica a todas as tecnologias de comunicação sem fio. Quando for citado o termo “microondas”, será como referência às técnicas de frequências mais elevadas, acima de 300MHz.

### **1.3 Objetivo geral**

A presente dissertação tem como principal objetivo orientar os gestores de Unidades de Conservação na avaliação das radiações eletromagnéticas não ionizantes, estimando possíveis riscos aos ecossistemas.

Conforme justificado nos itens anteriores, a questão das radiações eletromagnéticas gera hoje preocupação devida principalmente às possibilidades de efeitos sobre a saúde humana. Inúmeros trabalhos científicos têm sido desenvolvidos e publicados mostrando os efeitos dos campos eletromagnéticos.

Entretanto, a grande maioria das pesquisas é voltada para os riscos à saúde da população, inclusive as normas atualmente existentes são de limites para a exposição humana.

A partir dos indícios abordados em 1.2, propusemo-nos a investigar a questão das radiações em unidades de conservação da natureza, que são áreas

protegidas por normas legais emanadas do poder público, cujo principal objetivo é a proteção dos ecossistemas naturais presentes naquelas regiões.

Nossos estudos foram voltados para as radiações produzidas pelas instalações de telecomunicações, em todas as frequências usuais, denominadas genericamente de radiofrequências.

A ecologia estuda os ecossistemas, que são constituídos por uma infinidade de organismos que atuam de forma interdependente, em relações químicas e trocas energéticas entre si e com o ambiente físico que os cerca. Essas relações envolvem desde seres microscópicos até os vegetais superiores e os grandes mamíferos. O equilíbrio poderia ser então quebrado, a partir de uma possível ação dos campos eletromagnéticos sobre quaisquer dos componentes da teia ecológica.

Considerando a grande complexidade do assunto, ainda pouco abordado cientificamente, e as limitações naturais de uma dissertação de mestrado, a proposta principal é uma avaliação geral da questão e o oferecimento de ferramentas para os gestores de unidades de conservação e responsáveis por procedimentos de licenciamento ambiental, para a condução dos trabalhos envolvendo campos eletromagnéticos em suas áreas de atuação.

Como justificado também em 1.2, as linhas de transmissão de energia elétrica proporcionam maior visibilidade em relação à possível extensão da atuação de seus campos que se restringem às proximidades da linha, cujo percurso é conhecido e visível sobre o terreno. Já as torres de telecomunicações lançam sua radiação invisível em diversas direções, sendo a princípio desconhecidas suas intensidades e raio de ação. Por esse motivo, o trabalho foi dirigido para os efeitos das estruturas de telecomunicações.

#### **1.4 Objetivos específicos**

- Propor uma tabela de níveis de riscos ambientais com base nas pesquisas científicas internacionais;
- diagnosticar a situação das unidades de conservação federais brasileiras em relação às radiações eletromagnéticas não ionizantes;
- propor um método de mapeamento da radiação com base em técnicas de geoprocessamento;
- analisar os níveis de risco com vistas a subsidiar a gestão das UCs;
- mostrar a importância do monitoramento da variação das intensidades de radiação periodicamente;

- sensibilizar os órgãos ambientais sobre a necessidade de licenciamento das estruturas de telecomunicações no interior e na zona de amortecimento das UCs.

Com base em pesquisas científicas internacionais, foi elaborada uma tabela com cinco níveis de exposição: baixíssimo risco, baixo risco, médio risco, alto risco e altíssimo risco. Tal classificação vai permitir ao gestor a estimativa de cada região, bem como melhorar sua capacidade de análise e condução de ações na unidade de conservação.

A realização de um diagnóstico da situação geral das unidades de conservação federais no Brasil, em relação às radiações eletromagnéticas, foi necessária para dimensionar o tamanho do problema bem como extrair dos gestores sua percepção da questão. Um questionário foi enviado aos chefes de unidades com perguntas que permitiram quantificar a situação das unidades em relação às instalações e aos núcleos urbanos próximos bem como possíveis observações de efeitos sobre os ecossistemas.

A partir da verificação da consistência das informações a respeito da ocorrência de estruturas, tornou-se necessário o desenvolvimento de um método para mapear as intensidades da radiação nas unidades, bem como sua distribuição dentro do perímetro e zona de amortecimento.

A técnica desenvolvida proporciona a integração do mapa de radiação gerado, com os demais mapas constituintes do plano de manejo ou zoneamento da unidade de conservação, permitindo o monitoramento das áreas críticas bem como o direcionamento de pesquisas.

Finalmente, foi feito um estudo das principais normas jurídicas que regem a questão dos impactos ambientais, bem como os processos de licenciamento ambiental, sob a ótica da questão das radiações eletromagnéticas.

As análises desenvolvidas poderão dar suporte no relacionamento com as empresas proprietárias das estruturas e para o órgão gestor elaborar outras normas específicas para equacionar a situação das antenas, no sentido de minimizar os possíveis impactos.

## Capítulo 2

### Efeitos da Radiação Eletromagnética Sobre os Ecossistemas

#### 2.1 Introdução

Nos últimos anos, houve um aumento das discussões e debates a respeito das radiações eletromagnéticas e efeitos sobre a saúde. Contudo, pouco tem sido publicado sobre os possíveis efeitos nos ecossistemas.

Num ecossistema, organismos de diversos portes, desde seres microscópios até grandes mamíferos e vegetais superiores têm uma relação de interdependência. Uma eventual perturbação de um componente deste, pode afetar todo o conjunto.

Os efeitos térmicos das REM sobre os seres vivos são comprovados e neles se baseiam as normas para limites de exposição humana. Entretanto, em relação aos efeitos não térmicos que ocorreriam em baixas intensidades de radiação, há muita discussão e ainda não foi firmado um consenso.

No documento denominado Environmental Health Criteria 16 – Radiofrequency and Microwaves, de 1981, a Organização Mundial de Saúde foi bastante enfática em relação aos riscos das radiações, fazendo afirmações como (WHO, 1981):

*A exposição da população às radiações de microondas e radiofrequências originárias de fontes criadas pelo homem, atualmente excede em muitas ordens de magnitude a das fontes naturais. A rápida proliferação de tais fontes e o incremento nos níveis de radiação produzem a poluição eletromagnética.*

Foi produzido pela OMS, em 1992, um novo documento então denominado Environmental Health Criteria 137 – Electromagnetic Fields, em que as afirmações dos riscos da radiação foram abrandadas e mais enfatizadas as dúvidas sobre o assunto (WHO, 1993).

Em 1996, a OMS criou o Projeto Internacional Campos Eletromagnéticos para avaliar evidências científicas de possíveis efeitos sobre a saúde de campos com frequência até 300 GHz (WHO, 2008).

Em maio de 2006, a OMS publicou a Fact Sheet nº 304 onde concluiu que até aquela data não haviam estudos científicos conclusivos capazes de relacionar REM em níveis não térmicos com efeitos sobre a saúde (WHO, 2006a).

Em outro documento intitulado Agenda de Pesquisa 2006 da OMS para Campos de Radiofrequência, foram recomendados novos estudos de laboratório em seres humanos, animais, sistemas e mecanismos celulares, dosimetria e percepção de risco, todos com o objetivo de investigar possíveis efeitos adversos dos campos eletromagnéticos sobre a saúde (WHO, 2006b).

Mesmo sendo reconhecida internacionalmente, a OMS recebeu do jornal francês *Le Monde Diplomatique* fortes críticas quanto a sua isenção (KATZ, 2008). O jornal publicou artigo de um ex-alto-funcionário da instituição, acusando-a de durante décadas ter sofrido ação de lobbies do fumo, da agroquímica e da petroquímica que teriam sabotado todas as medidas de saúde pública e ambientais capazes de prejudicar seus lucros. Cita também o lobby nuclear como incomparavelmente mais poderoso, abrangendo os governos que desenvolvem atividades nesse campo, principalmente dos Estados Unidos, Grã Bretanha e França, assim como poderosas organizações que os perpassam. Menciona o editorial do periódico científico *The Lancet*, analisando que a corrupção em torno do setor afeta as mais prestigiosas instituições acadêmicas, as quais teriam se transformado em empresas mais interessadas em comercializar suas descobertas do que preservar sua independência.

A falta de consenso científico sobre a questão torna necessário um conhecimento amplo das pesquisas científicas existentes, a fim de se analisar os riscos e formar uma visão crítica.

## **2.2 Efeitos térmicos e não térmicos.**

Após o aumento crescente do interesse pelos efeitos adversos das radiações eletromagnéticas, eles têm sido classificados em térmicos e atérmicos. Os fenômenos energéticos de absorção implicam em aumento da energia térmica. O termo atérmico é largamente aplicado aos bioefeitos das REM, quando o aumento da temperatura dos tecidos não excede uma fração de grau. Nesse caso, o pequeno nível de aquecimento não oferece uma explicação para as respostas verificadas (ADEY, 1981).

Quando a radiação eletromagnética passa de um meio para outro, ela pode ser refletida, refratada, transmitida ou absorvida, dependendo do sistema biológico e da frequência da radiação. Parte da energia absorvida é convertida em calor, interferindo no funcionamento do sistema vivo.

Durante o Simpósio Internacional de Warsaw sobre efeitos biológicos e riscos à saúde da radiação de microondas em 1973, chegou-se a um consenso de que as densidades de potências poderiam ser divididas em três faixas (WHO, 1981):

- acima de 10.000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  : predominância de efeitos térmicos
- 1.000 – 10.000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  : fracos efeitos térmicos
- abaixo de 1.000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ : efeitos térmicos improváveis ou não predominantes.

Efeitos térmicos, causados pelo aumento de temperatura observados em experimentos com animais, são a morte por hipertermia, queimaduras, hemorragias, necrose de tecidos, lesões nos órgãos internos, catarata e outros danos aos olhos (CLEARY, 1978).

Vários outros estudos indicam que também em níveis de intensidade capazes de elevar a temperatura corporal, ocorrem alterações neuro-endócrinas e comportamentais, nas funções neurais e neuromusculares, aumento de permeabilidade na barreira hematoencefálica, alterações nos sistemas imune e hematopoiético, efeitos genéticos e teratogênicos, mudanças na morfologia e funções das células (WHO, 1981).

Nem todos os efeitos dos campos eletromagnéticos podem ser explicados em termos biofísicos de absorção de energia e conversão em calor. Alterações em membranas celulares e estruturas intracelulares, bem como perturbações em complexos biológicos macromoleculares têm sido relatadas. Diferentes explicações para essas interações foram postuladas, mas o mecanismo preciso ainda não foi elucidado. Muitos dados de pesquisas descrevem respostas biológicas de campos de radiofrequências ou microondas em intensidades tão baixas, que não envolvem nenhuma resposta ao aquecimento. Alterações no eletroencefalograma de gatos e coelhos, mobilidade de íons de cálcio em tecidos cerebrais *in vitro*; mudanças na atividade de enzimas envolvidas no crescimento e divisão celular. Segundo a OMS, essas respostas são de difícil confirmação e as conseqüências fisiológicas não são claras (WHO, 1993).

A ICNIRP - Comissão Internacional de Proteção contra Radiações Não-ionizantes -, no documento "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric,

Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)”, de 1998 se manifesta nos seguintes termos em relação aos efeitos não térmicos:

*A literatura sobre efeitos atérmicos de campos eletromagnéticos é tão complexa, a validade dos efeitos relatados tão precariamente estabelecida e a importância dos efeitos para a saúde humana tão incerta, que é impossível usar esse volume de informações como base para estabelecer limites sobre exposição humana a esses campos (ICNIRP, 1998).*

Vários países, entre eles o Brasil, através da ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações -, adotam os limites propostos pela ICNIRP em sua legislação de proteção contra as radiações eletromagnéticas. Portanto, são limites baseados apenas nos efeitos térmicos, ignorando os possíveis efeitos não-térmicos verificados em baixas intensidades de radiação por várias pesquisas.

Muitos estudos científicos, sobre os efeitos das REM sobre biosistemas, têm observado a existência dos chamados “efeitos de janela”. O termo é utilizado quando o resultado observado ocorre apenas em determinadas faixas de intensidade de radiação ou de frequência, não sendo proporcional à variação desses parâmetros (ADEY, 1981).

Também se observa em várias pesquisas a questão da modulação. Uma radiação eletromagnética com determinada frequência e densidade de potência não apresenta nenhum efeito, quando não é modulada, chamada nesse caso de CW ( de continuous wave – onda contínua). Entretanto, quando é pulsada, chamada de PM (de pulse modulated ou onda modulada), determinados efeitos são encontrados, sendo que isso ocorre normalmente em modulação a baixas frequências (HUBER *et al.*, 2002).

Outro fenômeno que pode ser observado é o da reversibilidade, isto é, o aparecimento de efeitos apenas durante ou imediatamente após a aplicação da radiação, desaparecendo depois de determinado período de tempo em que cessou a radiação (ADEY, 1981).

Alguns trabalhos sugerem também a possível ocorrência de adaptação. Determinadas alterações que podem ocorrer na fase inicial do experimento, tendem a desaparecer após longos períodos de exposição, indicando a possibilidade de o organismo ter se adaptado ao agente externo (BLACKMAN *et al.*, 2007).

Diversos estudos são baseados em pesquisas epidemiológicas. A OMS, no documento WHO Research Agenda for Radio Frequency Fields, recomenda que no planejamento de estudos epidemiológicos, deve-se procurar a colaboração internacional, para maximizar o poder estatístico e estimar os riscos. Cita como exemplo o estudo denominado Interfone, que busca determinar se existe uma relação

entre o uso de telefones móveis e tumores no cérebro, em que já foram colecionados 6.000 casos entre pessoas em idades de 30 a 59 anos, cobrindo uma população de dezenas de milhões de pessoas (WHO, 2006b).

Os estudos epidemiológicos devem ser cuidadosamente desenhados do ponto de vista metodológico, para serem capazes de detectar possíveis elevações no nível de risco às exposições aos campos eletromagnéticos. Devem dispor de grandes amostras populacionais sob observação, com uma clara definição da base de estudos em que se originaram casos e controles, garantindo a comparabilidade e controlando variáveis possivelmente intervenientes na associação sob estudo (MATTOS e KOIFMAN, 2004).

Ressaltamos assim mais uma vez a necessidade de uma boa dose de criticismo na análise e interpretação de dados oriundos de pesquisas relativas a efeitos das radiações eletromagnéticas, não só devido ao fato do tema ser ainda muito controverso, mas também pela complexidade que encerra.

### **2.3 Estudos sobre radiações eletromagnéticas e os ecossistemas**

Muitos estudos têm sido feitos sobre espécies particularmente sensíveis às REM. Entretanto, foram realizadas poucas pesquisas sobre efeitos gerais sobre os ecossistemas.

A OMS realizou o seminário “Effects of electromagnetic fields on the living environment”, na Alemanha em 1999, para discutir o assunto e concluiu que as tentativas de análise de efeitos ambientais dos campos eletromagnéticos, com algumas exceções, são pouco objetivas, publicadas esporadicamente e inconsistentes. Cita como exceção alguns estudos de impactos realizados para licenciamento ambientais em diversos países (FOSTER e REPACHOLI, 1999).

No Brasil é comum a crítica aos estudos de impactos ambientais, por serem desenvolvidos pelos próprios interessados nos empreendimentos.

Alguns dos estudos de impactos ambientais, citados no seminário da OMS na Alemanha, foram realizados para instalações militares nos EUA: “Ecological Monitoring Program”, para verificar a influência de sistemas de comunicação nas trocas bioecológicas de alguns ecossistemas aquáticos; “High Frequency Active Auroral Research Program (HAARP)”, pesquisou os riscos para os sistemas ecológicos em alguns aspectos de processos atmosféricos e cósmicos; “Ground Based Radar Program”, estudou o efeito de radares militares sobre a atividade biológica; “The Next Generation Weather Radar System (NEXRAD)”, desenvolvido para a instalação de

175 radares de alta potência; “Ground Wave Emergency Network System (GWEN)”, que é um sistema de comunicações de emergências aéreas militares; “Eletromagnetic Pulse Radiation Environment Simulator for Ships (EMPRESS II)”, criado para simular radiações eletromagnéticas em explosões nucleares fora da atmosfera.

Apesar de algumas investigações terem reportado efeitos, esses foram considerados de menor importância. Os pesquisadores concluíram que não há evidências consistentes ou inequívocas de alterações ecológicas nem efeitos ambientais adversos causados pelos campos eletromagnéticos dos sistemas de comunicação (FOSTER e REPACHOLI, 1999).

Grigoriev critica esses estudos, pela pouca divulgação dos dados obtidos e por terem sido feitos apenas com o objetivo de legalizar as instalações, mostrando que eram suficientemente confiáveis (GRIGORIEV *et al.*, 2003).

O seminário concluiu que há necessidade de mais pesquisas sobre o assunto e quando forem encontrados efeitos ambientais adversos dos campos eletromagnéticos, deverão ser criadas normas específicas de proteção aos ecossistemas, claramente distintas das normas de proteção à saúde humana. Enquanto tais normas não são criadas, os limites para exposição humana recomendados pela ICNIRP aparentemente protegeriam também o meio ambiente (FOSTER e REPACHOLI, 1999).

#### **2.4 Efeitos das radiações eletromagnéticas sobre algumas espécies**

Pesquisas mostram que determinadas espécies são mais sensíveis aos campos eletromagnéticos e poderiam ser perturbadas por radiações que não afetariam humanos.

Tubarões e arraias possuem órgãos sensores elétricos, denominados Ampolas de Lorenzini, que detectam campos elétricos de baixa frequência (KALMIJN, 1982).

Algumas bactérias possuem partículas biomagnéticas e se posicionam segundo o campo magnético da Terra (MARGATO *et al.*, 2007). Diversos insetos sociais como formigas, abelhas e cupins também possuem partículas magnéticas (ABRAÇADO, 2003).

Experimento feito na Alemanha demonstrou que estações base de telefones celulares do tipo DECT (Digital European Cordless Telecommunications), também conhecido como telefone sem fio com ramal, instaladas nos alvados de colméias, interferiram na quantidade de abelhas que retornaram às colônias após a coleta de néctar e pólen (KIMMEL *et al.*, 2003).

Estruturas contendo ferro foram encontradas na pele acima do bico de pombos domésticos e podem atuar como magnetômetros biológicos. O arranjo das partículas de ferro em cada lado do bico mostra uma específica orientação tridimensional e simetria bilateral que permitem à ave detectar sua posição geográfica (FLEISSNER *et al.*, 2007).

Peter Bryant, da “Royal Pigeon Racing Association”, da Inglaterra, considerado um expert em pombos-correio, afirmou, em 2004 à BBC, que houve uma redução no retorno correto das aves nos dois anos anteriores. Baseado em relatos de criadores, atribuiu à proliferação de estações de telefonia celular essa redução (BBC, 2004).

Pesquisa realizada em Valadolid na Espanha, verificou correlação estatística entre o aumento da intensidade de campos eletromagnéticos durante quatro anos e a redução do número de pardais (BALMORI e HALLBERG, 2007).

Estudo russo relata que papagaios são muito sensíveis a radiação eletromagnética, mesmo em baixas intensidades (GRIGORIEV *et al.*, 2003).

Nos estudos, observamos que principalmente espécies que necessitam de algum mecanismo de orientação seriam mais sensíveis aos campos eletromagnéticos.

## **2.5 As intensidades de radiação e os efeitos sobre os organismos**

Existe um grande número de pesquisas científicas desenvolvidas em todo o mundo mostrando efeitos das radiações eletromagnéticas sobre os organismos vivos.

A Bioelectromagnetic Society publica regularmente há 28 anos a revista científica Bioelectromagnetics, especializada na área. Outras publicações como a Electromagnetic Biology and Medicine, trimestral, existe há 26 anos. Várias outras publicações especializadas em biofísica e medicina também divulgam muitos artigos sobre o tema.

A OMS, dentro do projeto EMF, mantém em seu site um banco de dados relacionando pesquisas concluídas ou em andamento que atualmente totalizam cerca de 3000 estudos.

Tradicionalmente, os países da antiga União Soviética, sempre dedicaram muitos esforços à investigação dos efeitos biológicos das radiações. As primeiras normas governamentais para radiações eletromagnéticas foram estabelecidas na Rússia em 1958, mostrando que esse país sempre esteve na vanguarda das pesquisas (GRIGORIEV e GRIGORIEV, 2005). Entretanto, há certa dificuldade de acesso às pesquisas russas, uma vez que poucas são divulgadas internacionalmente.

A maioria é publicada no idioma russo em revistas especializadas locais como a “Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya”.

Após criteriosa revisão da literatura científica do leste europeu, em 1980, Mcree publicou o documento “Soviet and Eastern European Reserch on Biological Effects of Microwave Radiation”, em que observa (MCREE, 1980):

*Infelizmente a literatura soviética em geral não fornece detalhes da montagem do experimento nem da metodologia de pesquisa. Poucas informações são dadas sobre como os animais foram expostos, as características do campo, absorção de energia, ou como os animais controle foram mantidos, além de outros importantes parâmetros que são necessários para descrever a pesquisa. Em muitos casos, a publicação apresenta muitos efeitos biológicos, mas pouca descrição das técnicas usadas para medição das alterações observadas. Em casos onde efeitos sobre seres humanos são relatados, a frequência de exposição é usualmente designada em termos genéricos como microondas. Pouca ou nenhuma discussão sobre como os grupos de controle são constituídos e a possível presença de outros fatores ambientais físicos ou químicos é apresentada. Muitos dos resultados relatados são subjetivos e as técnicas usadas para obtê-los frequentemente não é fornecida.*

*Apesar dessas dificuldades com as pesquisas soviéticas e do leste europeu, o grande volume de dados constitui uma das importantes forças de direcionamento das pesquisas americanas sobre efeitos biológicos das radiações de microondas e da necessidade de continuar pesquisando e avaliando a significância da exposição às microondas. Em relação à replicação de alguns trabalhos soviéticos e do leste europeu, investigadores ocidentais em muitos casos não verificaram as mesmas alterações biológicas. Entretanto, devido à pouca informação na literatura soviética e do leste europeu, é tecnicamente impossível duplicar em alguns aspectos suas pesquisas.*

Adey, em sua revisão “Tissue Interactions With Nonionizing Electromagnetic Fields”, de 1981, também faz comparações entre as pesquisas ocidentais e as do leste europeu (ADEY, 1981):

*Até recentemente, profundas diferenças nas prioridades de pesquisa e metodologias tendem a separar pesquisadores do leste e do oeste. Os estudos do leste europeu têm enfatizado efeitos não térmicos, baseados em parte, a longas exposições, o que raramente é feito no oeste (até bem recentemente). Críticos ocidentais, frequentemente arguem que os resultados dos estudos são pobres em documentação e estatística e em detalhes físicos e do ambiente de exposição.*

*Pelo menos, o ônus de replicação de muitos importantes mas controversos estudos do leste europeu foram aceitos no programa conjunto EUA-URSS no acordo Nixon-Brejnev em 1973. Um exemplo que pode ser citado é o de pesquisadores americanos que replicaram resultados soviéticos de exposição de ratos a 500  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  em 2.450MHz, 7 horas por dia durante 3 meses. Alterações na colinesterase do sangue e atividade da glutathione, significantes mudanças nos níveis de sódio, potássio e dióxido de carbono, e*

*alterações no comportamento coincidiram parcialmente com os resultados soviéticos, sugerindo claramente a necessidade de revisão nos protocolos de exposições crônicas a baixos níveis de microondas. Outro caso, diz respeito à preponderante opinião ocidental de que os efeitos das microondas e campos de radiofrequências são atribuídos apenas a mecanismos de aquecimento, em densidades de potências acima de 10.000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Recentes revisões declaram que 10.000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  é aproximadamente um décimo do nível calculado para causar significativo aquecimento em tecidos humanos, baseado em cálculos fisiológicos e metabólicos, a despeito de recentes evidências de que significativo aquecimento pode ocorrer abaixo de 10.000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . A visão americana preponderante até então é de que não havia evidências indicando a existência de efeitos não térmicos no nível celular ou molecular. O recente ímpeto colaborativo entre bioengenheiros do leste e oeste nas técnicas de exposição e dosimetria de tecidos tem validado alguns recentes resultados e certamente trarão credibilidade a novas observações.*

Como anteriormente descrito, existem muitos estudos, porém muita divergência. Nesta dissertação, que é voltada principalmente para avaliação dos efeitos ambientais, com base em pesquisas científicas, buscou-se identificar em que intensidades de radiação eletromagnética ocorrem efeitos sobre os organismos. O objetivo é proporcionar uma ferramenta para avaliar os riscos a que estão sujeitos as espécies e os ecossistemas.

## **2.6 Materiais e métodos**

Independente das divergências a respeito de possíveis efeitos das radiações eletromagnéticas em níveis não térmicos, é importante analisar todos os estudos feitos a fim de se obter uma visão ampla sobre a questão e, sobretudo, avaliar riscos ambientais.

Foram selecionadas 140 pesquisas científicas, utilizando o critério de citação em outros artigos e revisões. Também aquelas que observaram efeitos, que mencionaram os valores de densidade de potência empregados nos experimentos, bem como a frequência da radiação. Buscou-se também os estudos mais recentes, experimentos com animais, plantas e outros organismos.

As unidades de densidade de potência foram todas transformadas para  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . As intensidades em que se observaram qualquer tipo de efeito sobre os organismos foram plotadas num gráfico cartesiano de dispersão, com as respectivas frequências em MHz. Devido à grande amplitude de valores, foi utilizada a escala logarítmica. O gráfico obtido encontra-se na fig.3.

Os estudos, de acordo com os efeitos observados foram classificados em três classes, lançadas em cores diferentes no gráfico:

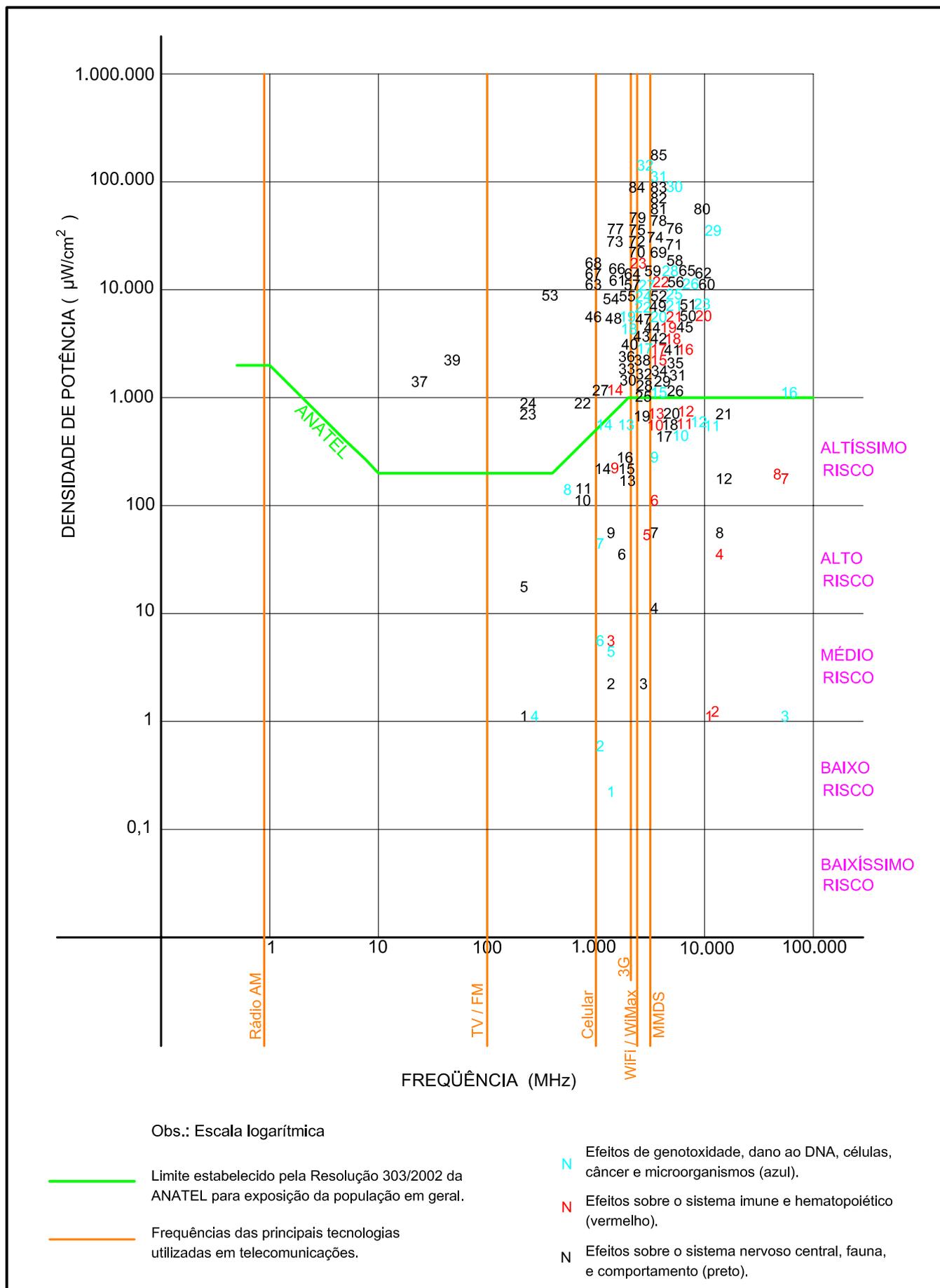


Fig. 3: Pesquisas científicas que verificaram efeitos das radiações eletromagnéticas sobre organismos vivos.

Tab. 2: Descrição das pesquisas plotadas no gráfico da fig.3:

**Pesquisas com efeitos de genotoxicidade, dano ao DNA, células, câncer e microorganismos.**

Nº no gráfico (azul)	MHz	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	Efeito observado	Referência
1	900	0,2	Infertilidade em camundongos.	(MAGRAS e XENOS, 1997)
2	850	1	Aumento da Incidência de câncer humano.	(WOLF, R. e WOLF, D., 2004)
3	41250	1	Alteração no genoma de células de E. coli.	(BELYAEV <i>et al.</i> , 1992)
4	200	1	Aumento da Incidência de câncer humano.	(HOCKING <i>et al.</i> , 1996)
5	900	4	Efeito sobre a expressão gênica de plantas.	(VIAN <i>et al.</i> , 2006)
6	875	5	Produção da enzima ERK, que estimula a divisão celular, em células humanas e de ratos.	(FRIEDMAN <i>et al.</i> , 2007)
7	850	40	Estresse oxidativo, redução da viabilidade e motilidade de espermatozóides humanos, <i>in vitro</i> .	(AGARWAL <i>et al.</i> , 2008)
8	400	130	Aumento de células com aberrações cromossômicas em plantas.	(GRIGORIEV <i>et al.</i> , 2003)
9	2500	250	Decréscimo da fecundidade em camundongos.	(GORDON <i>et al.</i> , 1974)
10	4000	400	Danos em amostras de DNA.	(SEMIN <i>et al.</i> , 1995)
11	7700	500	Aberrações cromossômicas em amostras de sangue humano.	(GARAJ-VRHOVAC <i>et al.</i> , 1992)
12	7700	500	Aberrações cromossômicas em células de hamster.	(GARAJ-VRHOVAC <i>et al.</i> , 1991)
13	1200	500	Aumento de aberrações cromossômicas em sementes de alface.	(GRIGORIEV <i>et al.</i> , 2003)
14	750	537	Resposta de choque térmico em nematóides <i>Caenorhabditis Elegans</i> .	(DE POMERAI <i>et al.</i> , 2000)
15	2450	1000	Alterações no DNA dos testículos e cérebro de camundongos.	(SARKAR <i>et al.</i> , 1994)
16	42000	1100	Alteração no crescimento de cultura da levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	(GRUNDLER <i>et al.</i> , 1977)
17	2450	2000	Quebras em moléculas de DNA em células de cérebro de ratos.	(LAI, 1996)
18	2450	5000	Dano em DNA e cromossomos em células de sangue humano.	(ZHANG, 2002)
19	2450	5000	Alterações no sangue de ratos (eritrócito, hemoglobina e heamatócrito).	(BUSLJETA, <i>et al.</i> , 2004)

20	2450	5000	Aumento de células multinucleadas gigantes em ratos.	(TROSIC 2001)
21	2450	5000	Aumento de micronúcleos produzidos por dano ao DNA em ratos.	(TROSIC <i>et al.</i> ,2002)
22	2450	5000	Aumento de micronúcleos produzidos por dano ao DNA em ratos.	(TROSIC <i>et al.</i> ,2004)
23	2450	5000	Alterações na estrutura de células animais.	(DWIVEDI <i>et al.</i> , 1989)
24	3000	5000	Aumento na multiplicação de culturas de Myxovirus.	(SZMIGIELSKI <i>et al.</i> , 1975)
25	3000	5000	Câncer em coelhos.	(BARANSKI <i>et al.</i> ,1972)
26	2450	10000	Indução de micronúcleos em células de sangue humano.	(ZOTTI-MARTELLI <i>et al.</i> ,2000)
27	1800	10000	Indução de micronúcleos em células de sangue humano.	(ZOTTI-MARTELLI <i>et al.</i> ,2005)
28	3000	10000	Alterações hormonais em ratos.	(MIKOLAJCZYK, 1972)
29	7700	30000	Alterações na síntese e estrutura de DNA em hamster.	(GARAJ-VRHOVAC <i>et al.</i> , 1990)
30	2450	80000	Catarata em coelhos.	(CARPENTER <i>et al.</i> ,1974)
31	2450	100000	Catarata em coelhos.	(GUY <i>et al.</i> ,1975)
32	2800	165000	Isquemia cardíaca em cachorros.	(MICHAELSON <i>et al.</i> ,1967)

#### Pesquisas com efeitos sobre o sistema imune e hematopoiético.

Nº no gráfico (verm)	MHz	$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	Efeito observado	Referência
1	8150	1	Aumento de células natural killers (que atacam células cancerosas) em ratos.	(FESENKO <i>et al.</i> , 1999a)
2	8150	1	Aumento de TNF (fator de necrose tumoral) em camundongos.	(FESENKO <i>et al.</i> , 1999b)
3	1000	4,9	Redução da atividade citotóxica no sangue humano.	(BOSCOLO <i>et al.</i> , 2001)
4	9400	30	Imuno respostas em camundongos.	(VEYRET <i>et al.</i> ,1991)
5	2375	50	Decréscimo de células T (células de defesa) em ratos e cobaias.	(SHANDALA <i>et al.</i> , 1977)
6	2450	100	Elevação da produção de células aticorpos em camundongos.	(ELEKES <i>et al.</i> , 1996)

7	42000	150	Alteração nos índices de imunidade não específica em camundongos.	(KOLOMYTSEVA <i>et al.</i> , 2002)
8	42000	150	Modificação nos índices de resposta imune em camundongos.	(LUSHNIKOV <i>et al.</i> , 2001)
9	900	193	Alterações em cultura de células imune de sangue humano.	(STANKIEWICZ <i>et al.</i> , 2006)
10	2450	500	Alterações na colinesterase, glutathione, sodio, potássio, CO2 e comportamento em ratos.	(LOVELY <i>et al.</i> , 1978)
11	2950	500	Aumento da formação de anticorpos em nódulos linfáticos de camundongos.	(CZERSKI, 1975)
12	2375	500	Produção de anticorpos em ratos.	(RAGAN e PHILIPS, 1978)
13	2950	500	Alteração no ritmo diurno hematopoiético de células tronco em camundongos.	(BARANSKI e CZERSKI, 1976)
14	1300	1000	Influência na atividade imunogênica, em cultura de células sanguíneas humanas.	(DABROWSKI <i>et al.</i> , 2003)
15	2450	2000	Redução na atividade citotóxica das células natural killer (NKCA), em ratas prenhes.	(NAKAMURA <i>et al.</i> , 1998)
16	2450	2000	Disfunções na placenta, útero e ovários em ratas prenhes.	(NAKAMURA <i>et al.</i> , 2000)
17	2450	2568	Alterações na proliferação de células humanas em culturas in vitro.	(CLEARY <i>et al.</i> , 1996)
18	2950	3000	Alteração no ritmo circadiano em coelhos.	(BARANSKI, 1971)
19	2100	5000	Redução do número de linfócitos T (células de defesa) em coelhos.	(NAGESWARI <i>et al.</i> , 1991)
20	2450	5000	Inibição de mitose em cultura de linfócitos de hamster.	(HUANG, <i>et al.</i> , 1977)
21	2880	5000	Alterações celulares na medula óssea de camundongos.	(RAGAN e PHILIPS, 1978)
22	2450	10000	Estresse não-específico em ratas prenhes.	(NAKAMURA <i>et al.</i> , 1997)
23	2450	10000	Respostas de células de nódulos linfáticos, em fetos de ratos expostos no útero.	(SMIALOWICZ <i>et al.</i> , 1977)

**Pesquisas com efeitos sobre o sistema nervoso central, fauna e comportamento.**

<b>Nº no gráfico (preto)</b>	<b>MHz</b>	<b><math>\mu\text{W}/\text{cm}^2</math></b>	<b>Efeito observado</b>	<b>Referência</b>
1	150	1	Alteração no eletroencefalograma humano.	(VON KLITZING, 1995)
2	1000	2	Problemas neuropsiquiátricos em humanos.	(ABDEL-RASSOUL <i>et al.</i> , 2007)
3	2000	2	Sensibilidade em papagaios.	(GRIGORIEV <i>et al.</i> ,2003)
4	2375	10	Alterações no eletroencefalograma de coelhos.	(SHANDALA <i>et al.</i> ,1979)
5	162	16	Alterações de memória, atenção e sistema neuromuscular humanos.	(KOLODYNSKI e KOLODYNSKA, 1996)
6	1300	30	Alterações na barreira hemato-encefálica de ratos.	(ALBERT, 1977)
7	2375	50	Aumento na concentração do neurotransmissor epinefrina em ratos.	(GRIN, 1974)
8	10750	50	Alerações iônicas em culturas de células de embriões de frango.	(D'INZEO <i>et al.</i> , 1988)
9	900	50	Alterações no eletroencefalograma durante o sono de humanos.	(MANN e RÖSCHKE, 1996)
10	450	100	Aumento do fluxo de cálcio em células do cérebro de frangos, in vitro.	(SHEPPARD <i>et al.</i> , 1979)
11	450	100	Aumento no fluxo de cálcio em tecido cerebral de frangos.	(BAWIN <i>et al.</i> , 1978)
12	10000	150	Morte de insetos.	(GRIGORIEV <i>et al.</i> ,2003)
13	1200	200	Aumento na permeabilidade da barreira hemato-encefálica em ratos.	(FREY e FELD, 1975)
14	1200	200	Alterações nas funções dopaminérgicas centrais em ratos.	(FREY e WESLER, 1983)
15	1300	200	Alteração comportamental em ratos.	(MITCHELL, <i>et al.</i> ,1977)
16	1200	200	Modificação no comportamento de ratos.	(FREY <i>et al.</i> , 1975)
17	2375	500	Decréscimo na ingestão de alimentos por ratos.	(RUDNEV, <i>et al.</i> ,1978)
18	2450	500	Efeitos comportamentais e fisiológicos em ratos.	(D'ANDREA <i>et al.</i> , 1986a)
19	2450	500	Aumento na temperatura do cérebro de pequenos mamíferos e pássaros.	(GUY,1975)

20	2950	500	Alteração no ritmo cicardiano de mitoses de células da medula óssea em camundongos.	(CZERSKI <i>et al.</i> , 1974)
21	9300	700	Dessincronização no eletroencefalograma de coelhos.	(BARANSKI e EDELWEJN, 1968)
22	450	750	Aumento no fluxo de íons de cálcio em tecido cerebral de frangos.	(BAWIN <i>et al.</i> , 1975)
23	147	800	Alteração no eletroencefalograma de gatos.	(BAWIN <i>et al.</i> , 1973)
24	147	800	Alteração no fluxo de cálcio em cérebros de pintinhos.	(BAWIN <i>et al.</i> , 1975)
25	1300	1000	Aumento na permeabilidade hemato-encefálica em ratos.	(OSCAR e HAWKINS, 1977)
26	2800	1000	Aumento do fluxo sanguíneo no cérebro de ratos.	(OSCAR <i>et al.</i> , 1981)
27	918	1000	Alterações neurológicas em gatos	(JOHNSON and GUY, 1972)
28	2450	1000	Redução da atividade colinérgica no cérebro.	(LAI <i>et al.</i> , 1987)
29	2450	1000	Alterações nos efeitos de drogas psicoativas em ratos.	(LAI <i>et al.</i> , 1983)
30	2450	1000	Aumento no consumo de solução de açúcar e etanol em ratos expostos.	(LAI <i>et al.</i> , 1984a)
31	2450	1000	Potencialização dos efeitos de d-anfetamina em ratos	(THOMAS e MAITLAND, 1979)
32	2450	1000	Aumento na atividade serotoninérgica no cérebro de ratos.	(LAI <i>et al.</i> , 1984b)
33	2450	1000	Alterações de reflexo condicionado em ratos.	(LAI <i>et al.</i> , 1986)
34	2450	1000	Alterações em funções de memória em ratos.	(LAI <i>et al.</i> , 1989)
35	2950	1000	Alteração no ritmo cicardiano na medula óssea de cobaias e camundongos.	(CZERSKI, 1975)
36	2450	1000	Aumento da temperatura retal em ratos.	(MICHAELSON, 1977)
37	15	1300	Alteração na composição urinária de ratos.	(DEMOKIDOVA, 1977)
38	2450	1500	Alterações encefalográficas em coelhos.	(CHOU, <i>et al.</i> , 1982)
39	30	2149	Padrões anormais no eletroencefalograma de coelhos.	(TAKASHIMA <i>et al.</i> , 1979)
40	2450	2500	Alteração no metabolismo cerebral de ratos.	(WILSON <i>et al.</i> , 1980)
41	2450	2500	Alterações comportamentais em ratos.	(D'ANDREA <i>et al.</i> , 1986b)

42	2450	3000	Aumento da temperatura cerebral em ratos.	(GOLDMAN <i>et al.</i> , 1984)
43	3000	3500	Proliferação de células gliais em cobaias, degeneração da mielina.	(BARANSKI, 1972)
44	3000	4800	Morte de insetos.	(GRIGORIEV <i>et al.</i> , 2003)
45	3000	5000	Alteração no eletroencefalograma de ratos.	(SERVANTIE, <i>et al.</i> , 1975)
46	591	5000	Decréscimo na atividade mitocondrial de ratos.	(SANDERS, <i>et al.</i> , 1980)
47	2450	5000	Decréscimo na atividade motora em ratos.	(D'ANDREA <i>et al.</i> , 1979)
48	915	5000	Alteração na atividade motora de ratos.	(D'ANDREA <i>et al.</i> , 1980)
49	2450	5000	Alteração no comportamento alimentar de ratos.	(GAGE, 1979)
50	2450	5000	Alteração na resposta de ratos a treinamento para obtenção de alimento.	(THOMAS <i>et al.</i> , 1975)
51	2450	5000	Alteração no comportamento condicionado e alimentar de ratos.	(THOMAS <i>et al.</i> , 1976)
52	2800	5000	Alteração na resposta de ratos a treinamento para obtenção de alimento.	(SCHROT <i>et al.</i> , 1980)
53	225	8100	Redução da performance de macacos treinados	(DE LORGE, 1984)
54	2880	9500	Ratos demonstraram preferência por locais sem radiação.	(HJERESEN <i>et al.</i> , 1984)
55	3000	10000	Alterações da morfologia neuronal no cérebro de ratos.	(GORDON, 1970)
56	2450	10000	Alteração na morfologia do cerebelo de ratos.	(ALBERT <i>et al.</i> , 1981)
57	2800	10000	Aumento da permeabilidade da barreira hemato-encefálica em ratos.	(ALBERT, 1979)
58	2450	10000	Aumento da permeabilidade da barreira hemato-encefálica em ratos.	(NEUBAUER <i>et al.</i> , 1990)
59	2450	10000	Morte de camundongos pela passagem de vírus da encefalite para o cérebro.	(LANGE e SEDMAK, 1991)
60	3000	10000	Aumento da concentração de serotonina no cérebro de ratos.	(SNYDER, 1971)
61	3000	10000	Aumento da concentração de serotonina no cérebro de ratos.	(CATRAVAS <i>et al.</i> , 1976)
62	2800	10000	Alteração nas funções neurotransmissoras no cérebro de ratos.	(GHANDHI e ROSS, 1989)
63	591	10000	Alteração no metabolismo cerebral de ratos.	(SANDERS, <i>et al.</i> , 1985)

64	2450	10000	Alteração na resposta comportamental em ratos.	(MITCHELL, <i>et al.</i> , 1988)
65	2450	10000	Alteração da resistência e atividade motora em ratos.	(GALVIN, <i>et al.</i> , 1986)
66	2450	10000	Decréscimo na vigilância comportamental em ratos.	(DE LORGE e EZELL, 1984)
67	591	13800	Alteração no metabolismo cerebral de ratos.	(SANDERS e JOINES, 1984)
68	700	15000	Alteração no sistema colinérgico no cérebro de ratos.	(GANDHI e ROSS, 1987)
69	2450	20000	Alteração na barreira hematoencefálica de camundongos.	(QUOCK <i>et al.</i> , 1987)
70	1600	20000	Alteração na concentração de neurotransmissores e hipertermia no cérebro de ratos.	(MERRITT <i>et al.</i> , 1977)
71	2450	24000	Vacuolação em neurônios no hipotálamo de hamsters.	(ALBERT e DESANTIS, 1975)
72	1700	25000	Decréscimo da síntese de proteínas no cérebro de hamsters.	(ALBERT e DESANTIS, 1976)
73	1700	25000	Alterações em neurônios no cérebro de hamsters.	(McKEE <i>et al.</i> , 1980)
74	2450	25000	Redução na duração de anestesia em camundongos.	(BLACKWELL, 1980)
75	918	25000	Redução no consumo de solução de sacarina por ratos.	(LOVELY e GUY, 1975)
76	2450	27000	Ratos expostos preferiram locais com melhor refrigeração.	(O'CONNOR, 1988)
77	1000	30000	Penetração de droga no cérebro de cachorro.	(CHANG <i>et al.</i> , 1982)
78	3150	30000	Aumento na penetração de droga no cérebro de ratos.	(NEILLY e LIN, 1986)
79	2400	40000	Alteração no eletroencefalograma de coelhos.	(CHIZHENKOVA, 1988)
80	6500	50000	Macacos Rhesus preferem receber radiação em ambiente com baixa temperatura.	(MARR <i>et al.</i> , 1988)
81	2450	50000	Alteração no comportamento condicionado de macacos.	(DE LORGE, 1979)
82	2450	65000	Alteração na permeabilidade da barreira hematoencefálica em ratos.	(WILLIAMS <i>et al.</i> , 1984)
83	2450	72000	Decréscimo na vigilância auditiva em macacos rhesus.	(DE LORGE, 1976)
84	1600	80000	Aumento na concentração de íons metálicos no cérebro de ratos.	(CHAMNESS <i>et al.</i> , 1976)
85	2800	165000	Droga aumenta o efeito térmico em cachorros.	(MICHAELSON <i>et al.</i> , 1961)

Tab. 2: Descrição das pesquisas plotadas no gráfico da fig.3.

Os valores no gráfico podem ser observados nas seguintes faixas:

- Acima de 10.000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , em que se verificam comprovados efeitos térmicos da radiação (WHO, 1981).
- Entre 1.000 e 10.000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , faixa em que poderiam ser observados fracos efeitos térmicos sobre tecidos (WHO, 1981).
- Entre 100 e 1.000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , faixa em que se encontram as intensidades de radiação emitidas pelos aparelhos telefônicos celulares sobre a cabeça, quanto utilizados encostados à mesma (CABRAL e MÜHLEN, 2002; DODE e LEÃO, 2004; FRIEDMAN *et al.*, 2007; STANKIEWICZ *et al.*, 2006).
- Entre 10 e 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , faixa de radiação observada no entorno próximo das antenas de telecomunicações. No mapeamento descrito no capítulo 4, esses valores foram observados em distâncias da ordem de 30 m das torres. Outros autores também citam parâmetros semelhantes (PAULINO, 2001; SALLES e FERNÁNDEZ, 2004).
- Entre 1 e 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , faixa observada em regiões localizadas à média distância das antenas, principalmente em pontos mais altos como topos de morros e cristas. Esses valores foram também verificados no mapeamento descrito no capítulo 4 até a 1 km das torres. Dados semelhantes também são mencionados por outros autores (DODE e LEÃO, 2004; PAULINO, 2001).
- Entre 0,1 e 1  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , intensidades de radiação observadas nas regiões afastadas das antenas, conforme capítulo 4, a partir de 1 km e outros autores (PAULINO, 21).
- Abaixo de 0,1  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , intensidades de radiação verificadas em regiões distantes das antenas e consideradas seguras pela Resolução de Salzburg e pelo relatório Bioinitiative. No mapeamento do capítulo 4, foram observadas distâncias em média a partir de 2 km da concentração de fontes emissoras (BLACKMAN *et al.*, 2007; SALZBURG, 2000).

No eixo X do gráfico, eixo das frequências, encontram-se demarcadas as principais tecnologias utilizadas em telecomunicações, nas respectivas frequências principais, inclusive as tecnologias mais recentes como o WiMax, o MMDS e 3G.

## 2.7 Resultados e discussão

Como descrito nos itens anteriores, há um grande debate sobre a atuação da radiação eletromagnética sobre organismos vivos. Entretanto, existem muitas pesquisas científicas que demonstram a existência de efeitos em diversos níveis de intensidade.

No capítulo 4, é apresentado um método para mapeamento das intensidades das radiações, cujo produto é um mapa com as zonas de intensidades da área estudada em forma de isolinhas. Tal mapa pode compor o método de sobreposição de cartas (overlay mapping), associado à técnica de sistemas de informações geográficas utilizada em análise ambiental.

Propomos a avaliação do mapeamento produzido, utilizando-se os princípios da Análise de Riscos Ambientais, segundo a qual, não existe risco zero. Em geral, essa disciplina trabalha com as probabilidades de ocorrência de acidentes e suas conseqüências para a população e o ambiente (ROCHA, 2000).

Uma das técnicas utilizadas em análise ambiental, é atribuição de notas ou pesos a determinadas características ou parâmetros observados em locais da área em estudo. Se forem associados a valores numéricos, podem inclusive ser cruzados com outras variáveis com auxílio de softwares de geoprocessamento para produzir um resultado analítico final (ROCHA, 2008).

Neste trabalho, propõe-se a divisão das diversas áreas sujeitas a diferentes níveis de radiação eletromagnéticas nas classes, a seguir descritas, conforme o risco de efeitos para os bio-organismos.

- **Baixíssimo risco: até  $0,1\mu\text{W}/\text{cm}^2$**

Há um consenso internacional de que as radiações eletromagnéticas não ionizantes, com intensidades iguais ou inferiores a  $0,1\mu\text{W}/\text{cm}^2$  são seguras. Na Conferência Internacional de Salzburg, realizada em 2000 na Áustria, com a participação de cientistas especialistas na área que reconheceram os efeitos não térmicos, sugeriu-se uma máxima densidade de potência para exposição populacional de  $0,1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Desde então algumas cidades como Salzburg e Viena na Áustria e Catania na Itália, adotaram em sua legislação municipal esse valor como nível máximo permitido (MENDEZ, 2004).

O documento “BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF)”, relatório com mais de 600 páginas, contendo inúmeras evidências científicas dos efeitos das radiações, publicado em 2007 por um grupo internacional de cientistas, também sugere o nível máximo  $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (BLACKMAN et al., 2007).

Essa radiação ocorre nas regiões distantes das antenas emissoras, como medido no capítulo 4, em média a partir de 2 km.

- **Baixo risco: 0,1 a 1  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$**

Conforme pôde ser observado no gráfico descritivo de pesquisas científicas sobre efeitos das radiações eletromagnéticas na fig. 3, apenas dois estudos foram localizado com efeito observado nessa faixa de densidade de potência.

O primeiro, desenvolvido por pesquisadores gregos da Escola de Veterinária da Universidade Aristóteles de Thessaloniki, expôs doze casais de camundongos em torno de uma antena emissora de radiofrequências em 900 MHz, compatível com a frequência utilizada em telefonia celular (MAGRAS e XENOS, 1997). As densidades de potência na área ocupada pelos animais, variaram entre  $0,168 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  e  $1,053 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Foram observadas cinco gerações de camundongos, totalizando 118 animais nascidos. Os filhotes foram medidos, pesados e examinados macro e microscopicamente. Um progressivo decréscimo do número de nascimentos foi observado, até a total infertilidade.

O segundo estudo, foi uma avaliação epidemiológica realizada da cidade de Netanya em Israel e publicada em abril de 2004 no “International Journal of Cancer Prevention” (WOLF, R. e WOLF, D., 2004).

A pesquisa observou 622 indivíduos que moraram nas imediações de uma estação transmissora de telefonia celular, um semicírculo de 350m de raio, comparando com um segundo contingente de 1222 indivíduos não expostos. Em um período de um ano, 8 casos de diferentes tipos de câncer foram diagnosticados na área de exposição e 2 entre os não expostos. Uma comparação do risco relativo revelou também um número de casos 4,15 vezes maior na área de exposição do que na população do país como um todo. O estudo indica uma associação entre o aumento da incidência de câncer e residir próximo a uma estação transmissora de telefonia celular. A antena com 10 metros de altura emitiu uma potência máxima de 1500 watts, quando operando a pleno tráfego. A densidade de potência medida e estimada, na frequência de 850 MHz, em toda a área exposta, ficou abaixo de  $0,53 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Os estudos epidemiológicos devem ser analisados com os cuidados e recomendações descritas em 2.2. Os próprios autores da pesquisa de Netanya declararam ser prematuro extrair conclusões dos resultados, antes que eles sejam confirmados e repetidos por outros pesquisadores, em outras áreas. Mencionaram o fato de uma grande quantidade de trabalhos sobre esse assunto ter mostrado os campos de RF e de freqüências de telefonia móvel como não genotóxicos, não indutores de câncer nem de efeitos genéticos *in vivo* e *in vitro* ou teratogênicos. Os resultados desse artigo podem, entretanto, servir como um alarme e enfatizar a necessidade de novas investigações.

- **Médio risco: 1 a 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$**

Essa é a faixa de densidade de potência observada por medições em topos de morro e cristas a média distância das antenas, em geral cerca de 1 km. No gráfico da fig.3, observamos 10 pesquisas científicas que encontraram efeitos nessa faixa. Cabe ressaltar que 3 estudos, estão na faixa de freqüência próxima ou acima de 10GHz, que não são características das tecnologias utilizadas na difusão de informação para a população. Portando, sinais nesse nível de freqüência não são usualmente dirigidos a grandes áreas geográficas, sendo mais utilizados em telecomunicações ponto a ponto como os rádio-enlaces.

Na classe de efeitos de genotoxicidade, dano ao DNA, células, câncer e microorganismos, plotados na cor azul, destacamos os estudos de números 4, 5 e 6.

O estudo de número 4 comparou a incidência de mortalidade e de câncer entre 1972 e 1990 em nove municípios ao norte de Sydney na Austrália, sendo três deles próximos a torres emissoras de TV. Foi considerada uma área com raio de 4 km, tendo três antenas em seu interior. As densidades de potências foram calculadas a partir dos parâmetros das antenas. No interior do círculo, a densidade calculada foi de  $1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , chegando a  $8\mu\text{W}/\text{cm}^2$  nas proximidades das torres e a  $0,2\mu\text{W}/\text{cm}^2$  na circunferência com raio de 4 km. O estudo encontrou significativo aumento da incidência de leucemia infantil e mortalidade no interior da área. Os dados da área externa foram similares ao restante do estado (HOCKING *et al.*, 1996).

O trabalho de número 5, realizado na França em 2005, mostrou que plantas de tomateiro expostas a um campo eletromagnético de 900 MHz, de curta duração e baixa amplitude ( $4\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ), apresentaram alterações na expressão do mRNA, característica de resposta ao estresse (VIAN *et al.*, 2006).

A pesquisa de número 6, desenvolvida em Israel e publicada em 2007, analisou a exposição de células humanas e de ratos a radiações eletromagnéticas

emitidas em frequência similar à de um telefone celular (900 MHz), mas com baixas intensidades (a partir de  $5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). Cinco minutos depois de iniciada a exposição, os cientistas observaram sinais das enzimas ERK1 e ERK2, que estimulam a divisão celular. Os pesquisadores informaram ser a divisão celular um processo que ocorre naturalmente, quando há crescimento ou renovação dos tecidos, mas destacaram também o fato de poder provocar câncer. A doença se desenvolve quando o organismo não consegue interromper ou prevenir a reprodução excessiva das células, levando ao aparecimento do tumor (FRIEDMAN *et al.*, 2007).

Na classe de efeitos sobre os sistemas imune e hematopoiético, plotados no gráfico na cor vermelha, os estudos numerados como 1 e 2 verificaram respectivamente o aumento de células natural killers, que atacam células cancerosas, em ratos e o aumento do TNF (fator de necrose tumoral) em camundongos. Entretanto, tais reações foram verificadas na frequência de 8.150 MHz, que também não é usual na difusão de sinais de telecomunicações (FESENKO *et al.*, 1999a,b).

O estudo de número 3, desenvolvido na Itália e publicado na revista *The Science of The Total Environment* em 2001, investigou o sistema imune de 19 mulheres com idade média de 35 anos expostas em média por 13 anos a campos eletromagnéticos produzidos por estações emissoras de rádio e TV (500 KHz a 3 GHz) em sua área residencial, em que a densidade de potência média era de  $4,9 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . O grupo de controle foi composto por 47 mulheres de idades semelhantes e residentes numa área com densidade de potência inferior a  $0,86 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . O grupo exposto apresentou redução na atividade citotóxica no sangue periférico. A atividade citotóxica pode ter importante papel na vigilância imunológica contra tumores (BOSCOLO *et al.*, 2001).

Na classe dos estudos de efeitos sobre o sistema nervoso central, fauna e comportamento, plotados no gráfico em cor preta estão os trabalhos numerados de 1 a 3.

O estudo 1, publicado na revista "Physica Medica" em 1995, mostrou que o eletroencefalograma humano, amostrado sob a influência de campos eletromagnéticos de 150 MHz pulsados em baixas frequências por 15 minutos, foi extremamente alterado na atividade alfa, durante e algumas horas depois da exposição. O efeito foi induzido por densidade de potência de  $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  (VON KLITZING, 1995).

O trabalho de número 2, desenvolvido na cidade egípcia de Menoufiya e publicado em 2007 no periódico científico *Neurotoxicology*, relatou a prevalência de distúrbios neuropsiquiátricos como dores de cabeça, alterações de memória, tremores e sintomas de depressão em moradores próximos a uma antena de telefonia móvel,

sobre o grupo de controle. Nenhum participante foi informado dos propósitos em estudo, que se deu com a aplicação de testes neurocomportamentais e exames clínicos. A densidade de potência mínima medida na região ocupada pelo grupo exposto foi de  $2\mu\text{W}/\text{cm}^2$  e a máxima de  $7\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (ABDEL-RASSOUL *et al.*, 2007).

A pesquisa numerada como 3, desenvolvida na Rússia e publicada em 2003, relata alta sensibilidade de papagaios às radiações eletromagnéticas, estando o limiar da sensibilidade em  $2\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (GRIGORIEV *et al.*, 2003).

- **Alto risco: 10 a 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$**

Essa é a faixa de densidade de potência que ocorre no entorno próximo às torres emissoras de radiação eletromagnética. Verificamos no gráfico que 9 pesquisas científicas encontraram resultados nessa faixa.

Entre os trabalhos na área de genotoxicidade, dano ao DNA, células, câncer e microorganismos, assinalados em azul, o de número 7 encontrou efeitos nessa faixa de densidade de potência.

Desenvolvido por pesquisadores norte-americanos e publicado em 2008 no periódico "Fertility and sterility", teve como objetivo avaliar efeitos de ondas eletromagnéticas em radiofrequência de telefone celular sobre sêmen humano. As amostras expostas mostraram significativo decréscimo na viabilidade e na motilidade dos espermatozoides e sinais de stress oxidativo. Os pesquisadores alertaram que o hábito de conduzir o celular ligado no bolso da calça poderia levar à infertilidade masculina (AGARWAL *et al.*, 2008).

Entre as investigações que encontraram efeitos sobre o sistema imune e hematopoiético, numeradas em vermelho, a de número 4, verificou imuno respostas em camundongos sob  $30\mu\text{W}/\text{cm}^2$  sendo desenvolvida na frequência de 9,4 GHz, também não usual em sistemas de comunicação de massa. A de número 5 detectou em ratos e cobaias expostos a  $50\mu\text{W}/\text{cm}^2$  em 2,4 GHz, decréscimo de células T, um tipo de célula de defesa do organismo, com supressão de fagocitose (VEYRET *et al.*, 1991; SHANDALA *et al.*, 1977).

No grupo das pesquisas que verificaram efeitos sobre o sistema nervoso central, fauna e comportamento, plotados em cor preta, verificamos no gráfico 6 estudos, numerados de 4 a 9. Um deles, o de número 8, foi desenvolvido em frequência de 10.750 MHz, também não usual em sistema de difusão de informações.

A pesquisa número 4, desenvolvida por pesquisadores ucranianos, submeteu ratos e coelhos a frequências de 2375 MHz. O resultado das investigações mostrou que microondas a partir de  $10\mu\text{W}/\text{cm}^2$  por 30 dias, durante 7 horas diárias,

causaram alterações na atividade bioelétrica do cérebro e também no comportamento, além de reações citoquímicas (SHANDALA *et al.*, 1979).

O trabalho número 5 descreve os efeitos de uma instalação militar de radar operada durante mais de 25 anos na populosa região de Skrunda, na ex-República da antiga União Soviética, Letônia ou Latvia. Os estudos sobre os efeitos crônicos da radiação eletromagnética em crianças e adolescentes, detectaram alterações de memória e atenção, aumento no tempo de reação a estímulos e decréscimo na resistência do sistema neuromuscular. As freqüências variaram entre 154 e 162MHz e a densidade de potência média observada foi de  $0,3\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , com picos de  $16\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (KOLODYNSKI e KOLODYNSKA, 1996).

A pesquisa nº 6 detectou alterações na barreira hemato-encefálica de ratos em 1,3GHz a  $30\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (ALBERT, 1977).

No nº 7, ratos foram expostos a ondas eletromagnéticas também de 2375MHz por 30dias. Em  $50\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , apresentaram aumento do neurotransmissor epinefrina no cérebro (GRIN, 1974).

No estudo 8 foi verificado alterações de canais iônicos em cultura de células embrionárias de frangos, *in vitro*. O efeito foi observado em  $50\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , entretanto, a freqüência utilizada de 10.750MHz é bem superior às usuais em telecomunicações para uso público (D'INZEO *et al.*, 1988).

O trabalho de número 9 verificou alterações no eletroencefalograma durante o sono de pessoas expostas a campos eletromagnéticos de um aparelho telefônico celular posicionado a 40 cm de distância. O aparelho emitiu em 900MHz uma densidade média de  $50\mu\text{W}/\text{cm}^2$  (MANN e RÖSCHKE, 1996),

- **Altíssimo risco: 100 a  $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$**

Esses altos níveis de radiação, dificilmente são encontrados no ambiente. São característicos das emissões a curtíssima distância das antenas. Nessa faixa estão as emissões dos aparelhos de telefones celulares, quando utilizados encostados à cabeça (FRIEDMAN *et al.*, 2007; CABRAL e MÜHLEN, 2002; DODE e LEÃO, 2004; STANKIEWICZ *et al.*, 2006).

Conforme verificado no gráfico (fig.3), grande número de pesquisas verificou efeitos nessa faixa. Isso demonstra o interesse pela investigação das evidências dos malefícios decorrentes da utilização excessiva dos telefones celulares. Cabe ressaltar que tal utilização, em geral por curtos períodos de tempo, é uma opção pessoal e não pode ser caracterizada como uma forma de poluição ambiental, uma vez que as altas intensidades estão restritas à proximidade da antena do aparelho.

Merece destaque também a linha plotada em verde no gráfico, que indica o limite de emissões aceito pela ANATEL. Verificou-se que muitas pesquisas encontraram resultados abaixo dos níveis máximos admitidos, o que sugere a não concordância do órgão governamental com esses resultados.

Acima de  $1.000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , estão situados os efeitos da maioria dos estudos. Muitos deles demonstram que mesmo abaixo de  $10.000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , que é o limite aceito para os efeitos térmicos, podem ocorrer reações dos organismos vivos, evidenciando também a existência de efeitos atérmicos.

## 2.8 Conclusões

Após o desenvolvimento do método para mapear as intensidades de radiação descrito no capítulo 4, carecíamos de parâmetros para interpretar os resultados indicados pelo mapa traçado.

Foram analisadas 140 pesquisas científicas, que verificaram efeitos das radiação eletromagnéticas sobre organismos vivos. Utilizou-se de um gráfico plotado com as intensidades de radiação e frequências nas quais se verificaram efeitos, bem como de informações auxiliares como os limites da ANATEL e as frequências das tecnologias mais utilizadas nas telecomunicações.

Apoiado na teoria de avaliação de riscos ambientais e na interpretação do gráfico traçado com os resultados das pesquisas, foi possível estabelecer cinco níveis de risco na exposição à radiação eletromagnética nas faixas de radiofrequências:

- Baixíssimo risco: até  $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$
- Baixo risco:  $0,1$  a  $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$
- Médio risco:  $1$  a  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$
- Alto risco:  $10$  a  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$
- Altíssimo risco:  $100$  a  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$

É importante ressaltar que os níveis de risco foram estipulados para exposição de longo prazo às radiações emitidas no ambiente por antenas de telecomunicações. Não se aplicam, portanto, a exposições curtas, temporárias ou ocasionais, como as decorrentes do uso comum de aparelhos de telefonia celular.

Essa é uma diferença de situações que fazemos questão de ressaltar. Os aparelhos emitem altas densidades de potência na cabeça do usuário, porque sua

antena interna é utilizada muito próxima ao ouvido. No entanto, esse uso em geral é por curtos períodos de tempo e se constitui em uma ação voluntária do indivíduo.

As emissões das torres de telecomunicações se espalham por todo o entorno, permeando o meio ambiente como um todo, de forma permanente. Não há por parte dos seres atingidos qualquer liberdade de opção em receber ou não as ondas. Elas penetram a totalidade do corpo do ser vivo exposto e não apenas na cabeça como o aparelho de telefone celular.

Portanto, entre muitas providências necessárias em relação à poluição eletromagnética, reputamos como muito necessário, uma maior visibilidade dos níveis de radiações tanto de aparelhos quanto dos emitidos pelo conjunto de antenas transmissoras.

Independente das divergências quanto aos efeitos das ondas eletromagnéticas sobre os organismos, todos têm o direito de saber qual o nível de radiação a que estão sujeitos. Para isso, o método de mapeamento desenvolvido no capítulo 2, pode trazer grandes contribuições.

No caso dos aparelhos de telefonia móvel, seria de grande utilidade para o usuário, que fossem amplamente divulgados os níveis de emissão de cada modelo, para que o consumidor pudesse optar, por exemplo, por aquele que emitir menos.

Existem pesquisas com antenas internas de aparelhos, que têm sua direção de emissão máxima no sentido contrário ao ouvido, buscando atingir a estação rádio-base mais próxima e não a cabeça do usuário. Entretanto, tal técnica não vem sendo aplicada pelos fabricantes de telefones celulares (SALLES e FERNÁNDEZ, 2004).

Em julho de 2008 em memorando ao corpo de funcionários professores e alunos do Instituto de Câncer da Universidade de Pittsburgh nos EUA, seu diretor, Dr. Ronald B. Heberman, advertiu:

*Tenho tomado conhecimento do crescimento das pesquisas relacionando o uso por longos períodos do telefone celular com possíveis efeitos adversos sobre a saúde, incluindo o câncer. Apesar das evidências serem ainda até agora controversas, estou convencido de que há dados suficientes para recomendar o uso com precaução do telefone celular (HERBERMAN, 2008).*

Citando declarações de experts internacionais, patologistas, oncologistas e especialistas em saúde pública, bem como medidas tomadas em diversos países, o Dr. Heberman propõe então em seu memorando, um elenco de dez recomendações de precauções no uso do celular, como a restrição ao uso por crianças, manter o aparelho o mais longe possível do corpo, usar o viva-voz ou fones bluetooth, evitar o

uso em locais públicos como ônibus para não expor outras pessoas e escolher aparelhos de baixa emissão.

Portanto, no caso do meio ambiente exposto, prevalecendo a dúvida, o melhor encaminhamento para a questão deve ser a transparência e o direito à informação.

## Capítulo 3

### Diagnóstico das Unidades de Conservação Federais no Brasil em relação às Radiações Eletromagnéticas.

#### 3.1 Introdução

Em 18 de julho de 2000, foi sancionada a Lei Federal Nº 9.985, regulamentando o artigo 225 da Constituição, instituindo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, conhecida como Lei do SNUC (SNUC, 2000).

Segundo o Artigo 4º, as Unidades de Conservação têm os seguintes objetivos:

- I - contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;*
- II - proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;*
- III - contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;*
- IV - promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;*
- V - promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;*
- VI - proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;*
- VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;*
- VIII - proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;*
- IX - recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;*
- X - proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;*
- XI - valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;*
- XII - favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;*
- XIII - proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.*

Portanto, entre os objetivos principais de uma Unidade de Conservação está a preservação dos ecossistemas naturais.

A palavra ecologia foi definida e empregada pela primeira vez em 1886, pelo pesquisador alemão e defensor da teoria da evolução das espécies de Darwin, Ernst Haeckel .

Em 1877, Karl Möbius, discípulo de Haeckel e professor da Universidade de Kiel na Alemanha, publicou os resultados de suas pesquisas sobre os bancos de ostras do mar báltico e lançou pela primeira vez o conceito de biocenose, que constituiu a pedra fundamental para o conceito moderno de ecossistema (ESTEVES, 1998).

O termo ecossistema foi cunhado em 1935 por A. G. Tansley para definir todo o complexo de organismos e o ambiente físico que habitam. Nas décadas de 50 e 60, Eugene P. Odum passou a descrever a estrutura e funcionamento do ecossistema baseado nas trocas energéticas dos seres vivos entre si e o meio físico (RICLEFS, 1996).

Segundo Odum, nos ecossistemas operam mecanismos homeostáticos, que atuam como controles e balanços corrigindo oscilações e atuando como reguladores (ODUM, 1977).

Portanto, os ecossistemas vivem em parâmetros de equilíbrio. É possível então, que as radiações eletromagnéticas atuando em prejuízo de algum dos seres vivos componentes do ecossistema venham a causar um desequilíbrio de todo o conjunto.

A absorção da energia contida nas ondas eletromagnéticas pelos organismos vivos, depende de vários parâmetros, entre os quais, das propriedades elétricas do corpo como a constante dielétrica e condutividade. Tecidos com mais água absorvem mais energia do que aqueles que contêm, por exemplo, mais gordura. Tecidos mais sólidos como ossos e carapaças também absorvem menos energia (DODE e LEÃO, 2004).

A “SAR”, sigla em inglês de “Specific Absorption Rate” ou Taxa de Absorção Específica, é a medida dosimétrica que tem sido amplamente adotada em radiofrequências superiores a 100 kHz. A SAR pode ser expressa pela equação:

$$SAR = E^2 \frac{\sigma}{2\rho} \text{ (mW / g)}$$

Em que  $E$  é o valor de pico do campo elétrico,  $\sigma$  a condutividade e  $\rho$  a massa específica (SALLES *et al.*, 2003)

Outro fator que interfere na absorção de energia é o tamanho do organismo. Cada corpo atua como uma antena receptora de radiação. Conforme explicado em 1.2, o tamanho de uma antena, para que seja mais eficiente, deve ser proporcional ao comprimento de onda. Assim, dependendo da frequência da onda eletromagnética, determinado organismo pode absorver mais que outro, em função de seu tamanho.

A tabela 3 descreve a absorção de energia bem como a frequência de ressonância, que é aquela em que há maior índice de absorção, para alguns seres vivos. Observe que os organismos de menor tamanho, têm frequências de ressonância maiores, o que corresponde a menores comprimentos de onda.

	Homem	Coelho	Esquilo	Rato	Camundongo
Frequência de Ressonância MHz	70	400	500	600	2000
Absorção de Energia em W/kg num campo de 10W/m <sup>2</sup> , na frequência de ressonância	0,26	0,8	0,3	0,8	1,7
Relação entre absorção de energia animal e humana na mesma frequência	1	20	7,5	20	42

Tab. 3: Comparação da energia absorvida no homem e alguns animais. (Adaptada de FOSTER e REPACHOLI, 1999).

Dessa forma, Unidades de Conservação sujeitas a índices elevados de radiação, podem não estar cumprindo sua função de preservação dos ecossistemas naturais.

O presente capítulo descreve a investigação da situação das UCs brasileiras em relação às radiações eletromagnéticas.

### 3.2 Materiais e métodos

Estados, Municípios e o Governo Federal mantêm Unidades de Conservação da Natureza, com os objetivos descritos no SNUC. As Unidades de Conservação Federais, atualmente em número de 291, conforme mostrado no mapa da fig. 4, estão localizadas em todo o território brasileiro.

A fim de verificar a questão das radiações eletromagnéticas, utilizou-se de um questionário enviado aos responsáveis pelas UCs, com perguntas sobre a presença de estruturas emissoras, efeitos, gestão da unidade e licenciamento ambiental, conforme fig.5.

Na formulação das perguntas, buscou-se o máximo de objetividade, para produzir um questionário sucinto como forma de incentivar e estimular os gestores de unidades a respondê-lo rapidamente. Em geral, questionários extensos muitas vezes têm seu preenchimento postergado e podem acabar sendo esquecidos.

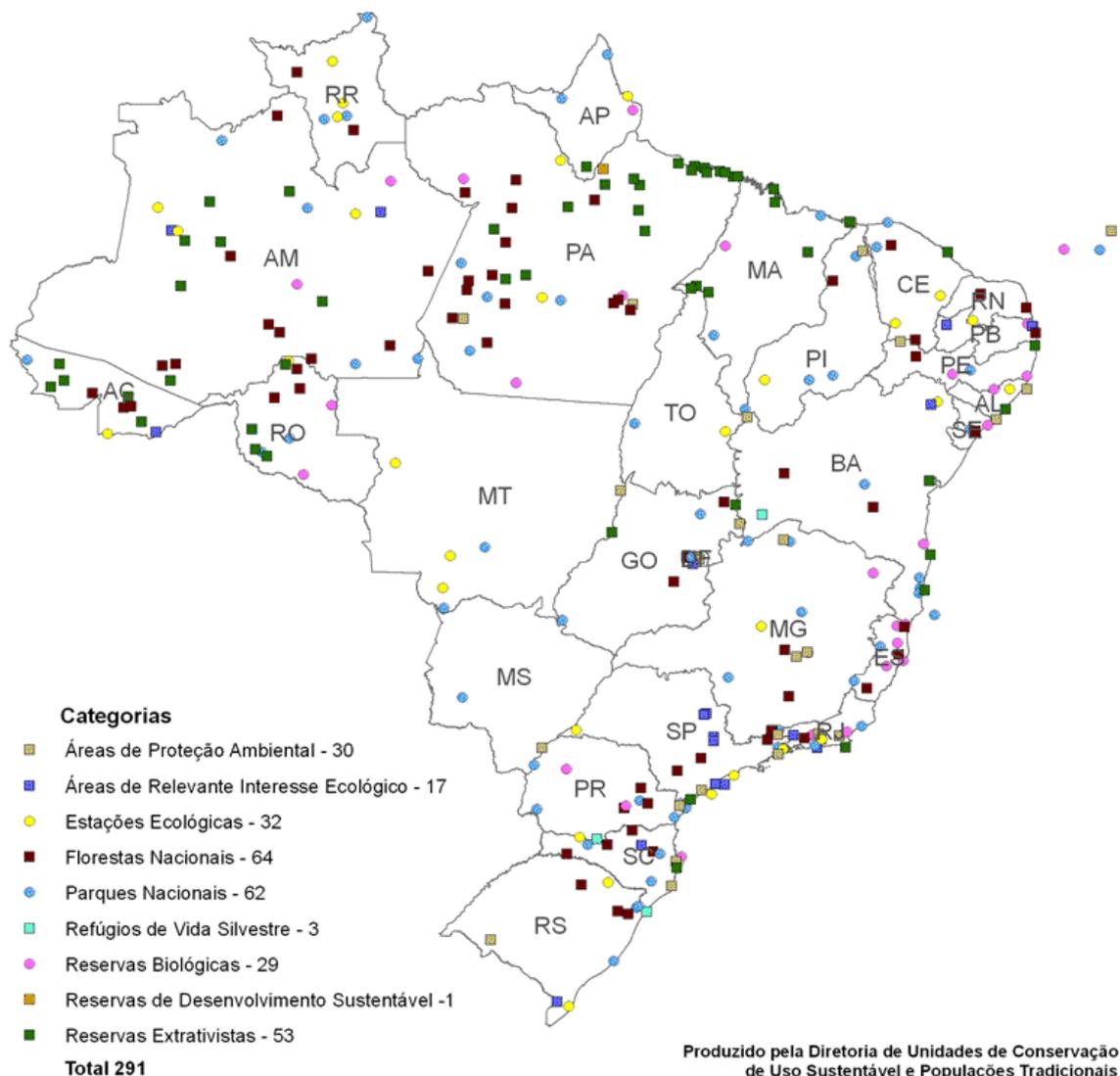


Fig. 4: Mapa das Unidades de Conservação Federais Brasileiras – Fonte: ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

Dentre as 291 unidades, 30 são APAs - Áreas de Proteção Ambiental. As APAs, categoria de unidade de uso sustentável, conforme descreve a Lei do SNUC, são em geral áreas extensas, com ocupação humana e têm função de disciplinar o processo de ocupação, assegurando a sustentabilidade dos recursos naturais.

Existem APAS que se superpõe a diversos municípios, incluindo áreas urbanas e algumas abrangem território de mais de um estado como a APA da Mantiqueira que tem seus limites em terras de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

Portanto, numa APA já se pressupõe a existência de atividades econômicas algumas impactantes ao meio ambiente. Por esse motivo, as APAS foram excluídas da pesquisa, por sua própria função admitir a presença de estruturas emissoras de radiação eletromagnética em seu interior. Portanto, o universo a ser atingido pela pesquisa foi de 261 UCs.

Quando se iniciou a pesquisa, as UCs ainda estavam sob gestão do IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Em 28 de agosto de 2007 foi criado o ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, uma autarquia também vinculada ao Ministério do Meio Ambiente cuja principal missão institucional é administrar as unidades de conservação federais.

Inicialmente foi solicitada autorização à DIREC – Diretoria de Ecossistemas do IBAMA, para a aplicação do questionário.

A primeira fase do trabalho foi de levantamento das unidades a serem pesquisadas. No site do IBAMA, estavam relacionadas 189 unidades de conservação, já excluídas as APAS. Esse número, menor do que o total de UCs atualmente divulgado pelo ICMBIO, se refere às unidades efetivamente implantadas à época do levantamento.

Foi elaborada um planilha com as UCs, de cada estado da federação, uma vez que no organograma administrativo do IBAMA existe uma superintendência em cada estado. A planilha permitiu a impressão dos questionários em impressora a laser, em formato de mala direta, com endereçamento individual a cada chefe de unidade.

Os primeiros questionários foram enviados através do malote interno do órgão. Foram grupados em um envelope encaminhado ao NUC – Núcleo de Unidades de Conservação de cada Superintendência Estadual, juntamente com uma carta explicativa.

Numa segunda etapa, foi feito um levantamento na Intranet do IBAMA dos e-mails funcionais dos responsáveis pelas UCs que não responderam ao questionário enviado por malote. Foram então enviadas 53 mensagens de correio eletrônico, com os mesmos questionários anteriores.

Após a criação do ICMBIO, contabilizados os questionários respondidos por malote e e-mail, foi feita uma última remessa de questionários pelos Correios, com objetivo de atingir as UCs que ainda não haviam respondido. Foram levantados os

endereços postais de 53 unidades. Os mesmos questionários foram novamente enviados, já devidamente selados para envio da resposta.

As três etapas de envio de questionários ocorreram no período de março a dezembro de 2007.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe alguma estrutura de energia elétrica ou telecomunicações no interior ou proximidades da unidade que não é para uso exclusivo da própria UC (Linha de Transmissão de Energia Elétrica, Antena de Telecomunicações, Antena Transmissora de TV, Antena de Telefonia Celular, etc.)? _____ Descreva: _____</li> <li>• Quais as empresas proprietárias ou responsáveis pelas estruturas? : _____</li> <li>• As estruturas possuem licenciamento ambiental? _____ Se afirmativo, poderia fornecer alguns dados sobre o licenciamento (Número do processo, data de aprovação, órgão ou setor responsável pelo licenciamento?): _____</li> <li>• Já observou ou ouviu relato de alguma possível interferência das radiações eletromagnéticas emitidas pelas instalações sobre o ecossistema local, fauna ou flora? Descreva: _____</li> <li>• A unidade possui algum instrumento de planejamento ou gestão (Plano de Manejo, Zoneamento, etc.). Qual?: _____ Aprovado em que ano? : _____</li> <li>• A unidade se encontra total ou parcialmente em área urbana ? : _____</li> <li>• O aglomerado residencial, comercial ou industrial mais próximo se encontra a _____ km e pertence ao município de _____</li> <li>• Informações fornecidas por (Nome): _____</li> </ul>
--

Fig. 5: Perguntas do questionário enviado às Unidades de Conservação.

### 3.3 Resultados e discussão

Dos 189 questionários enviados por malote, foram respondidos 76, correspondendo a 40%. Entre os 53 e-mails, ocorreram 26% de respostas, totalizando 13 mensagens respondidas. A pesquisa feita pelo correio, obteve 16 respostas em um total de 53 cartas remetidas ou 30%. O gráfico da figura 6 mostra os percentuais de resposta em cada sistema de envio.

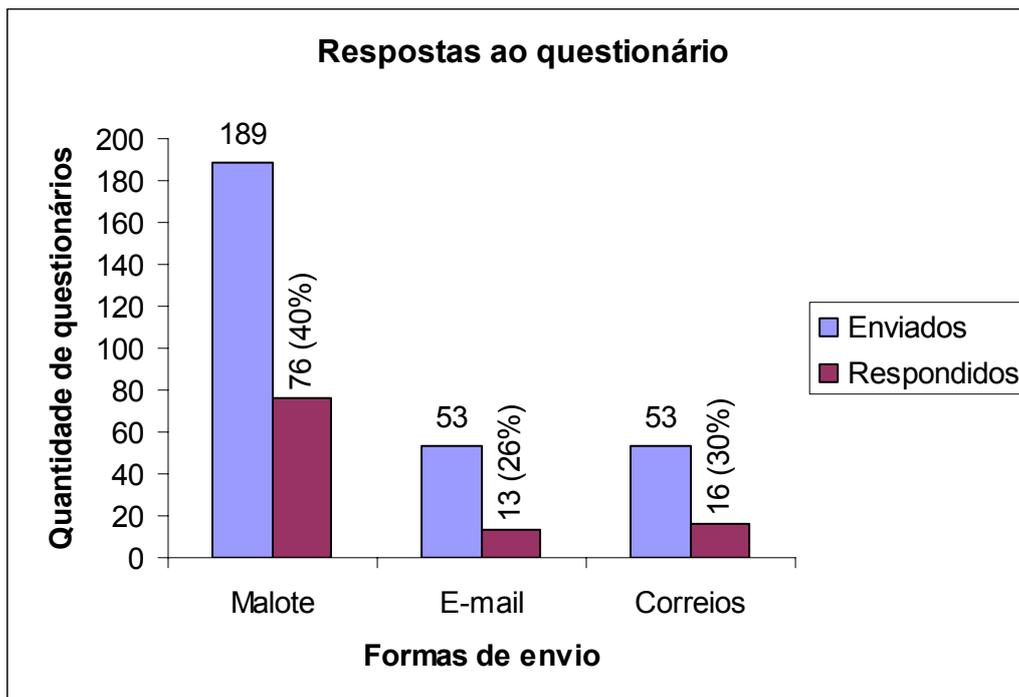


Fig. 6: Formas de envio dos questionários e percentuais de respostas.

O maior retorno, portanto, foi pelo malote interno do IBAMA. Em relação aos percentuais de respostas obtidas, deve-se levar em conta que muitas unidades de conservação se localizam em áreas distantes, com comunicação difícil. Em geral têm poucos funcionários que acumulam funções técnicas, administrativas e de fiscalização. Nem sempre há disponibilidade de tempo para responder as correspondências não oficiais.

Deve-se levar em consideração também que o envio por malotes seguiu o seguinte trajeto: de Juiz de Fora para Belo Horizonte, de lá para Brasília, de Brasília para cada capital de estado. Em cada superintendência estadual foi à chefia do NUC – Núcleo de Unidades de Conservação, retornando ao protocolo para envio à unidade destinatária. Em cada estágio passou pela seção de protocolo.

Outra dificuldade foi o período de transição entre órgãos gestores ocorrida no período, passando do IBAMA para o Instituto Chico Mendes. Houve certa dificuldade na obtenção dos e-mails funcionais dos chefes de unidade, uma vez que os cadastros disponíveis informam alguns e-mails, mas em boa parte das unidades não há endereços indicados.

O sistema de comunicação digital de dados do IBAMA é recente e sua implantação foi complexa devido à extensão territorial do país e ao isolamento geográfico de muitas unidades, obrigando o emprego de soluções individuais via satélite. Muitos questionários enviados retornaram com mensagens de caixa cheia, indicando que o e-mail funcional não estava sendo utilizado regularmente.

A defasagem entre o número total de unidades informadas atualmente pelo ICMBIO totalizando 261 e o número de 189 endereços disponibilizados à época pelo IBAMA, também denotou falta de atualização dos dados fornecidos aos pesquisadores.

Computando as respostas obtidas nas três formas de envio, tivemos 105 num universo de 261 unidades de conservação federais ou 40% (fig. 7).

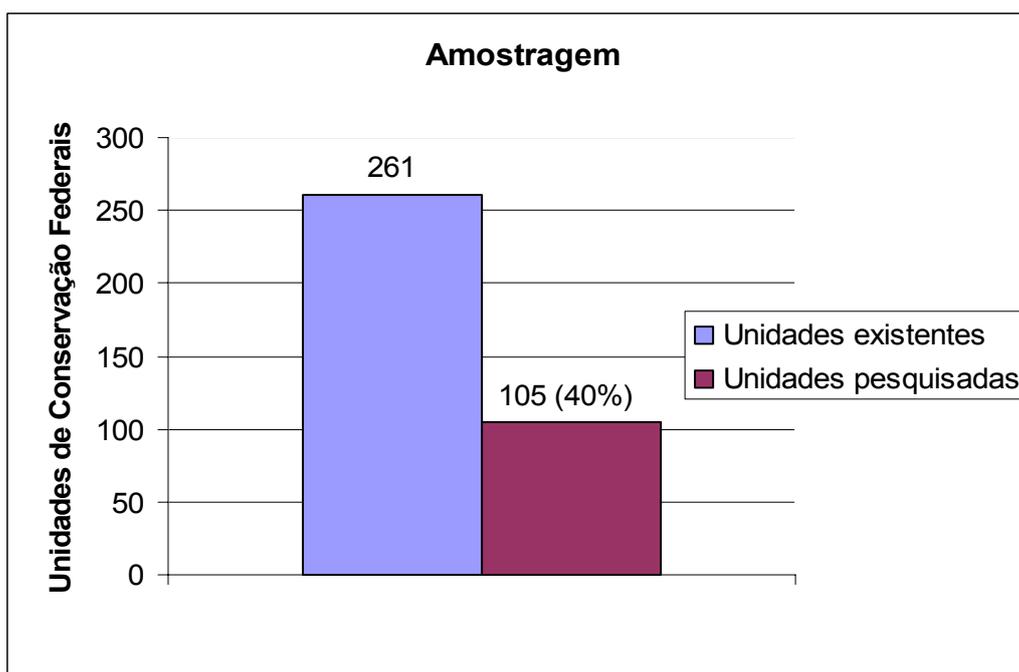


Fig.7: Universo de unidades de conservação federais e unidades amostradas.

Considerando que o trabalho se propõe a traçar um perfil da situação das radiações eletromagnéticas em unidades de conservação de todo o país, a questão da localização geográfica das unidades pesquisadas também foi analisada.

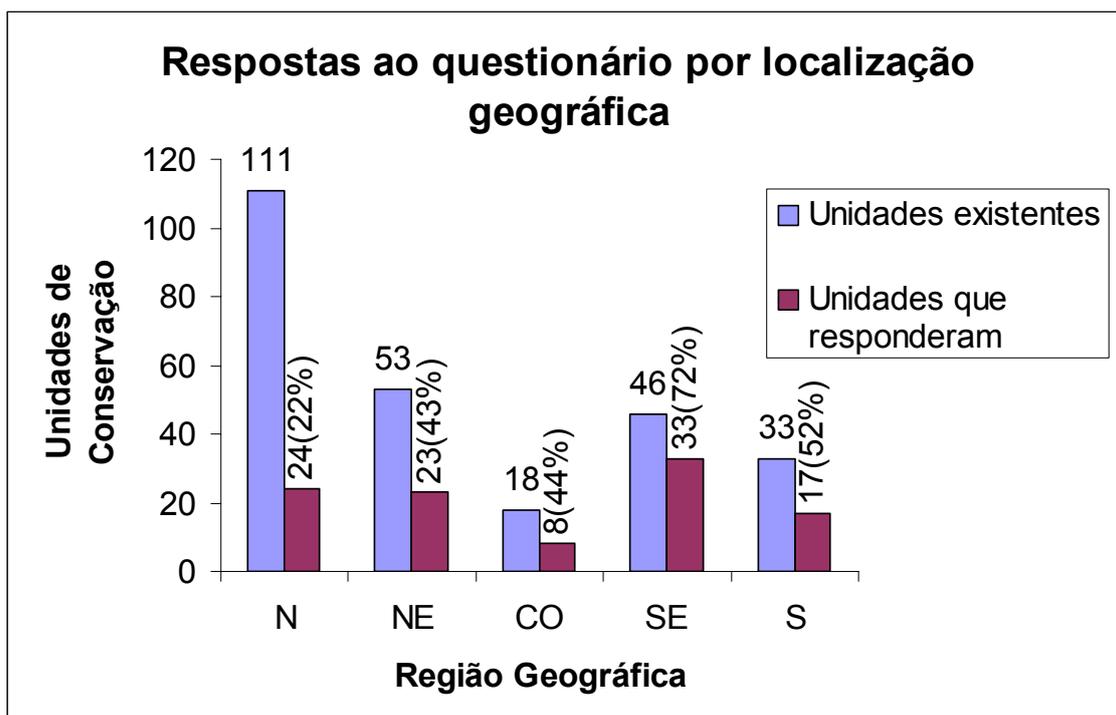


Fig.8: Quantidades unitária e percentual de respostas por região geográfica.

Observando o gráfico da fig. 8, que relata as respostas ao questionário, conforme a região geográfica de localização da unidade de conservação, pode ser verificado que o índice mais baixo de respostas, 24%, ocorreu na região Norte. Isso delinea bem as dificuldades de comunicação e operacionais das unidades localizadas naquela região.

As regiões Nordeste e Centro-Oeste tiveram respectivamente 43% e 44% de respostas, números próximos da média geral que foi de 40%.

No Sudeste e Sul, os questionários foram respondidos em 72% e 52% das unidades existentes, denotando que nessas regiões existem maiores facilidades de comunicação, bem como maior capacidade funcional nas UCs.

As unidades de conservação que responderam à pesquisa estão relacionadas na tabela 4.

<b>UNIDADE DE CONSERVAÇÃO PESQUISADA</b>	<b>UF</b>
ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO ILHA AMEIXAL	SP
ÁREA DE RELEV. INTER. ECOL. ILHAS QUEIMADA GRANDE E PEQUENA	SP
ÁREA DE RELEV. INTER. ECOL. MANGUEZAIS DA FOZ DO MAMANGUAPE	PB
ÁREA DE RELEV. INTER. ECOL. SERRA DAS ABELHAS E RIO DA PRATA	SC
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ANAVILHANAS	AM
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CARACARAÍ	RR
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CARIJÓS	SC
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE IQUÊ	MT
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE MURICI	AL
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE PIRAPITINGA	MG
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE TAIAMÃ	MT
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE TAMOIOS	RJ
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE URUÇUÍ-UMA	PI
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO JARI	PA
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO SERIDÓ	RN
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO TAIM	RS
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DOS TUPINIQUINS	SP
ESTAÇÃO ECOLÓGICA JUAMI-JAPURÁ	AM
ESTAÇÃO ECOLÓGICA NIQUIÁ	RR
ESTAÇÃO ECOLÓGICA RASO DA CATARINA	BA
ESTAÇÃO ECOLÓGICA RIO ACRE	AC
ESTACAO ECOLOGICA SERRA GERAL DO TOCANTINS	TO
ESTAÇÃO ECOLÓGICA TUPINAMBÁS	SP
FLORESTA NACIONAL DE AÇU	RN
FLORESTA NACIONAL DE CAÇADOR	SC
FLORESTA NACIONAL DE CAPÃO BONITO	SP
FLORESTA NACIONAL DE CHAPECÓ	SC
FLORESTA NACIONAL DE CONTENDAS DO SINCORÁ	BA
FLORESTA NACIONAL DE GOYTACAZES	ES
FLORESTA NACIONAL DE IBIRAMA	SC
FLORESTA NACIONAL DE IPANEMA	SP
FLORESTA NACIONAL DE IRATÍ	PR
FLORESTA NACIONAL DE NÍSIA FLORESTA	RN
FLORESTA NACIONAL DE PACOTUBA	ES
FLORESTA NACIONAL DE PASSA QUATRO	MG

FLORESTA NACIONAL DE PASSO FUNDO	RS
FLORESTA NACIONAL DE RITÁPOLIS	MG
FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO	AC
FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO DE PAULA	RS
FLORESTA NACIONAL DE SARACÁ-TAQUERA	PA
FLORESTA NACIONAL DE SILVÂNIA	GO
FLORESTA NACIONAL DE SOBRAL	CE
FLORESTA NACIONAL DE TRÊS BARRAS	SC
FLORESTA NACIONAL DO JAMARI	RO
FLORESTA NACIONAL DO MACAUÃ	AC
FLORESTA NACIONAL DO RIO PRETO	ES
FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS	PA
FLORESTA NACIONAL MÁRIO XAVIER	RJ
PARQUE NACIONAL CAVERNAS DO PERUAÇU	MG
PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DIAMANTINA	BA
PARQUE NACIONAL DA LAGOA DO PEIXE	RS
PARQUE NACIONAL DA SERRA DA BOCAINA	SP
PARQUE NACIONAL DA SERRA DA BODOQUENA	MS
PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA	MG
PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CIPÓ	MG
PARQUE NACIONAL DA SERRA GERAL	RS
PARQUE NACIONAL DA TIJUCA	RJ
PARQUE NACIONAL DAS EMAS	GO
PARQUE NACIONAL DAS SEMPRE VIVAS	MG
PARQUE NACIONAL DE APARADOS DA SERRA	RS
PARQUE NACIONAL DE CAPARAO	MG
PARQUE NACIONAL DE ITATIAIA	RJ
PARQUE NACIONAL DE JERICOACOARA	CE
PARQUE NACIONAL DE SAINT-HILAIRE/LANGE	PR
PARQUE NACIONAL DE SÃO JOAQUIM	SC
PARQUE NACIONAL DE UBAJARA	CE
PARQUE NACIONAL DO JAÚ	AM
PARQUE NACIONAL DO MONTE PASCOAL	BA
PARQUE NACIONAL DO MONTE RORAIMA	RR
PARQUE NACIONAL DOS LENÇÓIS MARANHENSES	MA
PARQUE NACIONAL DOS PONTÕES CAPIXABAS	ES

PARQUE NACIONAL GRANDE SERTÃO VEREDAS	MG
PARQUE NACIONAL MONTANHAS DO TUMUCUMAQUE	AP
PARQUE NACIONAL RESTINGA DE JURUBATIBA	RJ
PARQUE NACIONAL SERRA DA MOCIDADE	RR
PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA	SE
REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE DA ILHA DOS LOBOS	RS
RESERVA BIOLÓGICA AUGUSTO RUSCHI	ES
RESERVA BIOLÓGICA DA CONTAGEM	DF
RESERVA BIOLÓGICA DA MATA ESCURA	MG
RESERVA BIOLÓGICA DE COMBOIOS	ES
RESERVA BIOLÓGICA DE PEDRA TALHADA	AL
RESERVA BIOLÓGICA DE POÇO DAS ANTAS	RJ
RESERVA BIOLÓGICA DE SOORETAMA	ES
RESERVA BIOLÓGICA DE UNA	BA
RESERVA BIOLÓGICA DO ABUFARI	AM
RESERVA BIOLÓGICA DO ATOL DAS ROCAS	RN
RESERVA BIOLÓGICA DO CÓRREGO DO VEADO	ES
RESERVA BIOLÓGICA DO CÓRREGO GRANDE	ES
RESERVA BIOLÓGICA DO GUAPORÉ	RO
RESERVA BIOLÓGICA DO JARÚ	RO
RESERVA BIOLÓGICA DO RIO TROMBETAS	PA
RESERVA BIOLÓGICA GUARIBAS	PB
RESERVA BIOLÓGICA MARINHA DO ARVOREDO	SC
RESERVA EXTRATIVISTA AUATÍ-PARANÁ	AM
RESERVA EXTRATIVISTA BARREIRO DAS ANTAS	RO
RESERVA EXTRATIVISTA DE CURURUPU	MA
RESERVA EXTRATIVISTA DO EXTREMO NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS	TO
RESERVA EXTRATIVISTA DO MANDIRA	SP
RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO DO CAUTÁRIO	RO
RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO OURO PRETO	RO
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA DA BAÍA DE IGUAPE	BA
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA DA LAGOA DO JEQUIÁ	AL
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA DO CORUMBAU	BA
RESERVA EXTRATIVISTA MÉDIO JURUÁ	AM

Tab. 4: Unidades de Conservação pesquisadas.

### 3.3.1 Respostas ao questionário

#### 3.3.1.1 – Questão 1:

- **Existe alguma estrutura de energia elétrica ou telecomunicações no interior ou proximidades da unidade que não é para uso exclusivo da própria UC (Linha de Transmissão de Energia Elétrica, Antena de Telecomunicações, Antena Transmissora de TV, Antena de Telefonia Celular etc.)? Descreva.**

Essa questão visa detectar a presença de estruturas emissoras de radiação eletromagnética de grande porte em unidades de conservação. O trabalho é voltado para telecomunicações, mas aproveitou-se a pesquisa para detectar também a presença de linhas elétricas, com vistas a um futuro estudo. A exclusão das instalações para uso próprio, se deve ao fato de em quase todas as UCs existir disponibilidade de energia elétrica, bem como equipamentos de radiocomunicação. Entretanto, são sistemas de baixa potência e curto alcance, não devendo ser classificados como estruturas poluidoras. O gráfico da fig. 9 descreve o resultado da questão.

Analisando o índice de respostas positivas que foi de 60 em 105 pesquisadas, vemos que a presença de estruturas poluidoras de radiação eletromagnética em unidades de conservação é de 60%. Um índice alto, considerando que os objetivos da UC são principalmente de conservação dos ecossistemas. Outro prejuízo são os impactos visuais causados, uma vez que muitas estão abertas à visitação.

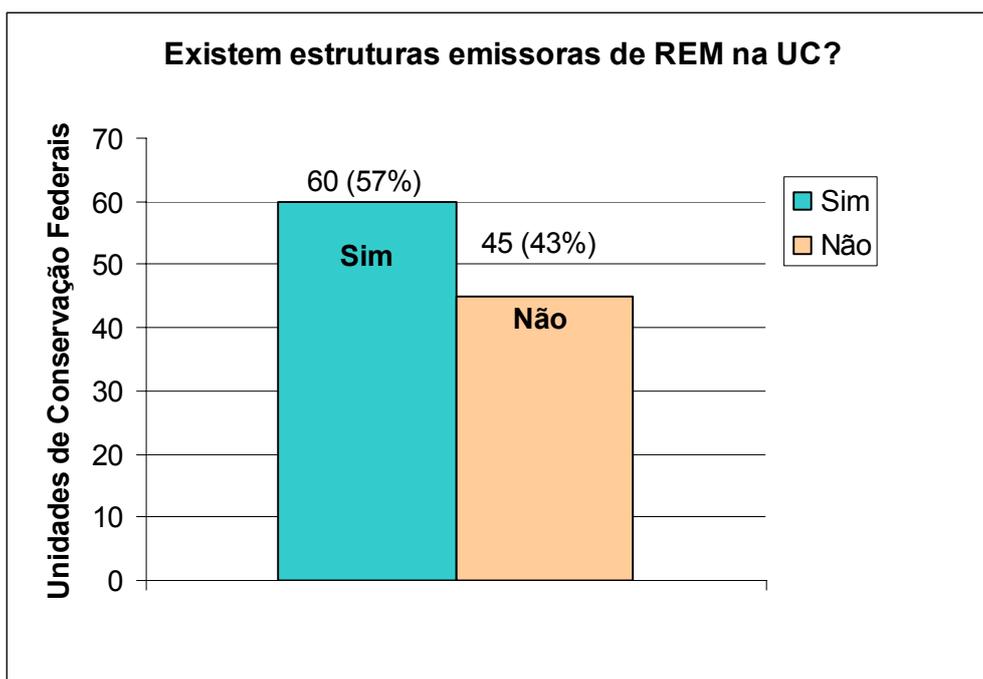


Fig. 9 : Índices de respostas à primeira questão do questionário.

Esse alto índice de presença de estruturas em UCs, pode ser explicado pelo fato de muitas abrigarem pontos de grande altitude, impróprios para ocupação humana e adequados para a preservação, mas também indicados para a localização de antenas de telecomunicações pela boa visibilidade. As grandes extensões acabam também tornando inevitável o corte por linhas de transmissão de energia elétrica.

Outro fato, também mencionado nas respostas, é que algumas estruturas foram instaladas antes da transformação da área em UC.

Alguns dos equipamentos citados estão no entorno da unidade, considerada legalmente como zona de amortecimento e devido à proximidade os efeitos da radiação possivelmente poderiam se estender ao interior dos limites da UC.

Os tipos de estruturas existentes foram descritos no gráfico da fig.10. O maior número de ocorrências, 33% do total de 105 UCs pesquisadas, é para unidades onde existem simultaneamente instalações de energia e telecomunicações. As UCs em que ocorrem apenas um tipo de estrutura de energia ou telecomunicações foram simultaneamente 14% e 9%. Em 1% foi verificada a existência também de instalação de radar pertencente ao sistema de monitoramento de tráfego aéreo juntamente com linhas de energia e torres de telecomunicações.

Lembramos que o foco deste trabalho é dirigido para instalações emissoras de radiofrequência. O alto índice de ocorrência de linhas de transmissão de energia justificaria também uma outra pesquisa específica para emissões de baixa frequência, característica das instalações de potência elétrica.

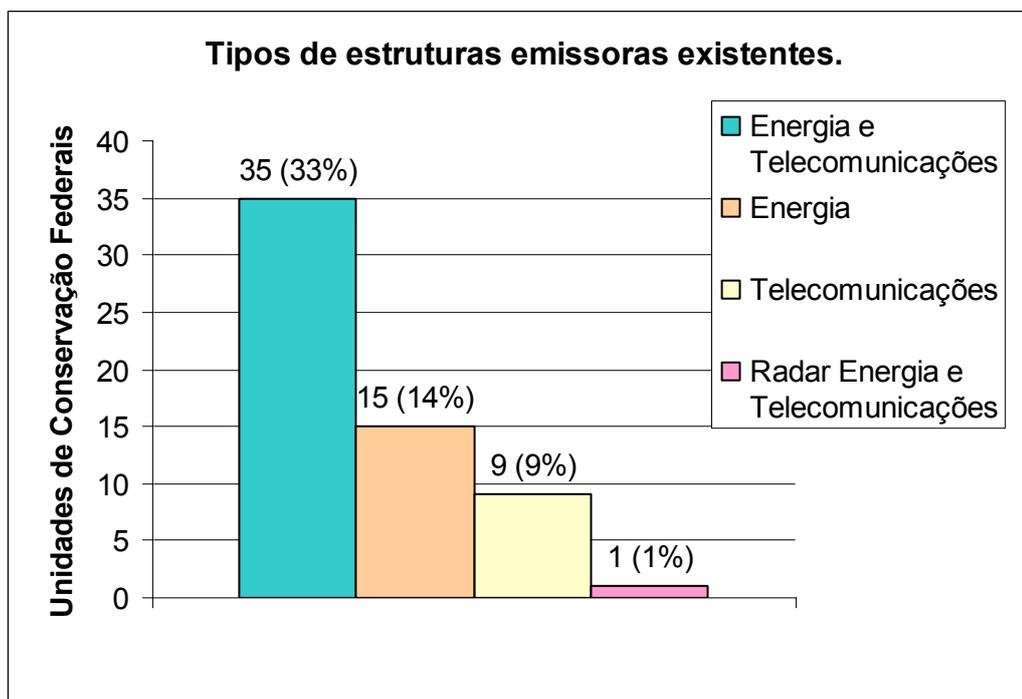


Fig.10: Ocorrência de instalações emissoras de REM nas UCs.

A pergunta complementar à questão principal foi quais as empresas proprietárias ou responsáveis pelas estruturas. O gráfico da fig.11 mostra os índices obtidos. Nas respostas predominaram as concessionárias dos serviços de energia e telecomunicações. Em 58, ou seja, em 97% do total de 60 unidades com presenças de estruturas de irradiação de campos eletromagnéticos, as concessionárias são as proprietárias. Em seguida aparecem as emissoras de TV e rádio, presentes em 15 UCs, correspondendo a 25%. As empresas privadas de mineração, agropecuária, petróleo, cimento e usinas de açúcar e álcool estão presentes em 6 unidades de conservação, representando 10% do total. Finalmente, órgãos de segurança e defesa possuem estruturas em 3 UCs, o que corresponde a 5%.

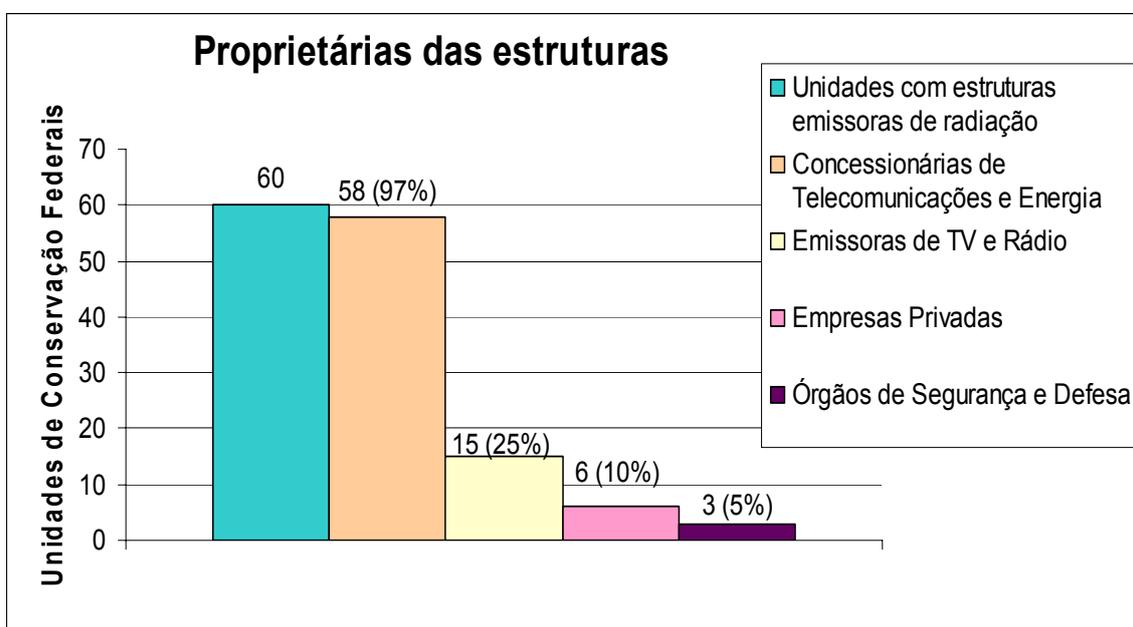


Fig.11: Instituições proprietárias de instalações emissoras de REM nas UCs.

### 3.3.1.2 – Questão 2:

#### • As estruturas possuem licenciamento ambiental ?

O licenciamento ambiental é um procedimento legal em que são previstas medidas mitigadoras e compensatórias por eventuais danos ao meio ambiente causados pelo empreendimento. É o momento em que podem ser impostas restrições e controle às fontes de poluição.

As respostas a essa pergunta estão estampadas no gráfico da fig.12. Nele pode ser observado que em 85% das 60 unidades com estruturas de REM, não foi feito o licenciamento ambiental das instalações. Apenas em 9 UCs foi declarada a existência do processo de licenciamento, correspondendo a 15%.

Em algumas respostas pôde ser percebida a existência de dúvida quanto à exigência legal do licenciamento para esse tipo de empreendimento, tendo sido inclusive mencionada a justificativa de serem de baixo impacto ambiental.

Quanto a solicitação de fornecimento do número do processo de licenciamento, apenas 2 UCs mencionaram esse dado. Em 3 respostas foi indicada a Divisão de Licenciamento do IBAMA em Brasília como responsável pelo processo e que esse setor poderia informar o número. Uma UC indicou o Núcleo de Licenciamento Ambiental da Superintendência Estadual do IBAMA como responsável e ainda uma outra unidade respondeu como sendo o órgão estadual de meio ambiente que conduziu o licenciamento e poderia fornecer o número. Duas unidades não responderam a questão.

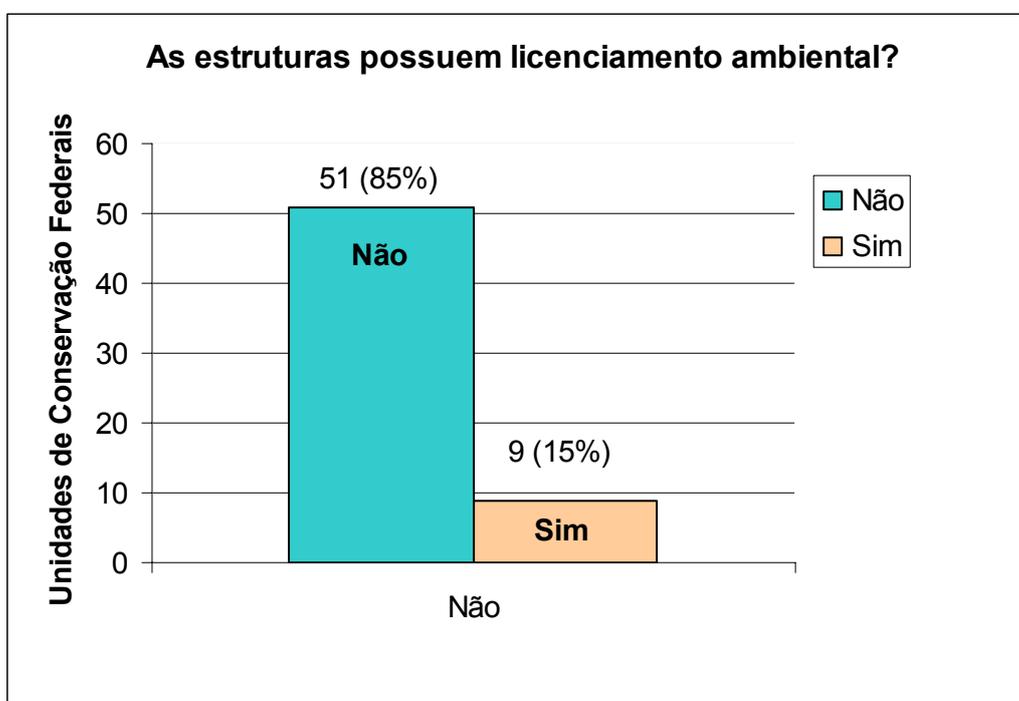


Fig.12: Ocorrência de licenciamento ambiental de instalações emissores de REM nas UCs.

### 3.3.1.3 – Questão 3:

- Já observou ou ouviu relato de alguma possível interferência das radiações eletromagnéticas emitidas pelas instalações sobre o ecossistema local, fauna ou flora? Descreva.

Essa questão pode ser considerada como uma das mais importantes do questionário aplicado, pois visa detectar se há interferências visíveis ao meio ambiente de cada unidade de conservação devido à presença de campos eletromagnéticos emitidos por estruturas instaladas em seu interior ou entorno.

O gráfico da fig. 13 demonstra o resultado das respostas.

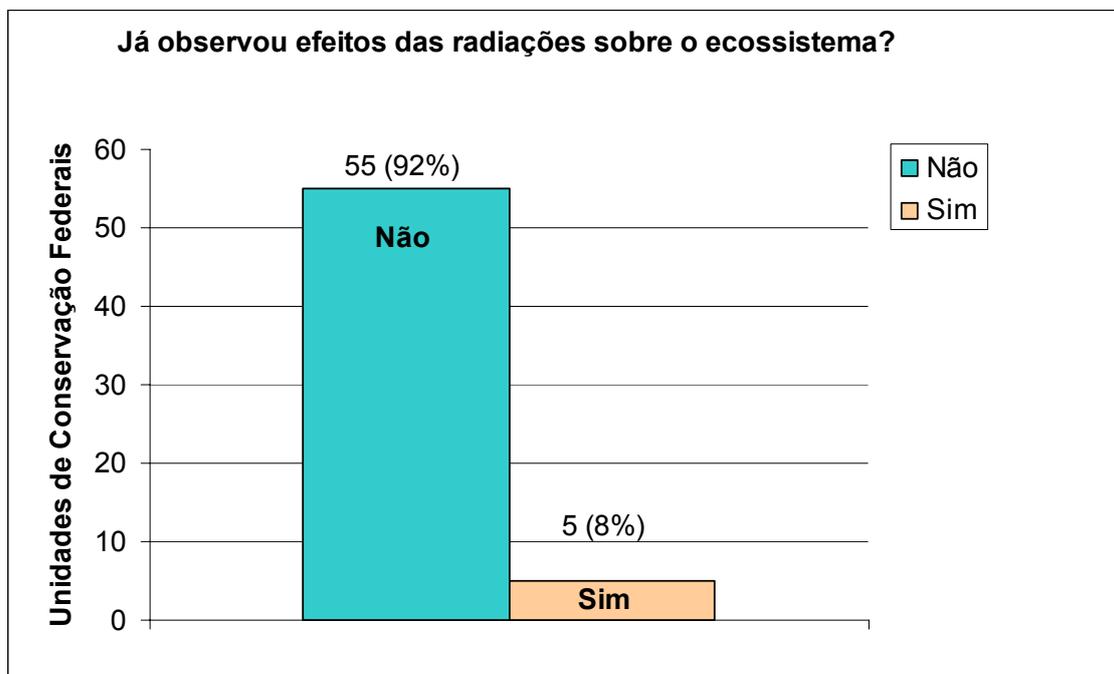


Fig.13: Percepção de interferências das radiações eletromagnéticas sobre o ecossistema das UCs.

Entre as 60 unidades que declararam a existência de instalações capazes de emitir campos eletromagnéticos, apenas 5 gestores informaram já ter percebido ou ouvido relato de algum tipo de influência sobre a fauna e flora, o que representa apenas 8% do total.

Um dos informantes declarou a ocorrência de choques de pássaros contra as paredes das casas, de cor branca, suspeitando de possível desorientação das aves pela presença de radiação.

Outra resposta relata a baixa população de fauna ao longo de uma linha de transmissão de energia elétrica que corta a UC.

Num terceiro questionário, a resposta diz que há um grande número de árvores morrendo no entorno das antenas de celulares e que há fotos e um processo já aberto sobre o assunto.

Uma das UCs respondeu que a sede da unidade se localiza sob duas linhas de transmissão de alta tensão e que funcionários têm relatado dores de cabeça,

atribuindo como causa a localização da construção na faixa de domínio da rede elétrica.

A última unidade de conservação, dentre as cinco que positivamente responderam, apenas declarou já ter observado interferências bem como ter ouvido relatos. Entretanto não descreveu os efeitos.

Analisando as respostas recebidas vemos que é baixo o índice de observação de possíveis efeitos de radiações sobre o ecossistema. Dentre as cinco respostas, duas se referem a linhas de transmissão de energia, que não é o foco do presente trabalho. Há muitos estudos sobre os efeitos das baixas frequências das instalações de energia elétrica. A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – publicou em 30 de novembro de 2006, a norma NBR 15415 que estabelece métodos de medição e níveis de referência, para exposição a campos elétricos e magnéticos, nas frequências de 50 e 60Hz (ABNT, 2006). Outra norma, de número 5422, que trata de projetos de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica, também estabelece critérios e distâncias de segurança (ABNT, 1985).

Uma das UCs que respondeu negativamente à pergunta, complementou entretanto, que nunca foi feito nenhum estudo sobre o assunto e que o Plano de Manejo da unidade determinou que essa questão deve ser analisada.

#### **3.3.1.4 – Questão 4:**

- **A unidade possui algum instrumento de planejamento ou gestão (Plano de Manejo, Zoneamento, etc.). Qual ?**

Essa pergunta visa obter informações sobre o nível de planejamento das unidades de conservação, uma vez que a proposta principal deste trabalho é fornecer subsídios para a gestão das UCs.

Do total de 105 unidades pesquisadas, 58 declararam possuir ou estar em execução algum tipo de documento de planejamento, o que representa 55%.

A obrigatoriedade do plano de manejo para as UCs foi estabelecida pela Lei do SNUC, de 18 de julho de 2000, em seu Art. 27 e que deve abranger também a zona de amortecimento (SNUC, 2000).

Portanto, quase metade das UCs ainda não se adequou a esse importante item, necessário para prever e minimizar impactos ambientais.

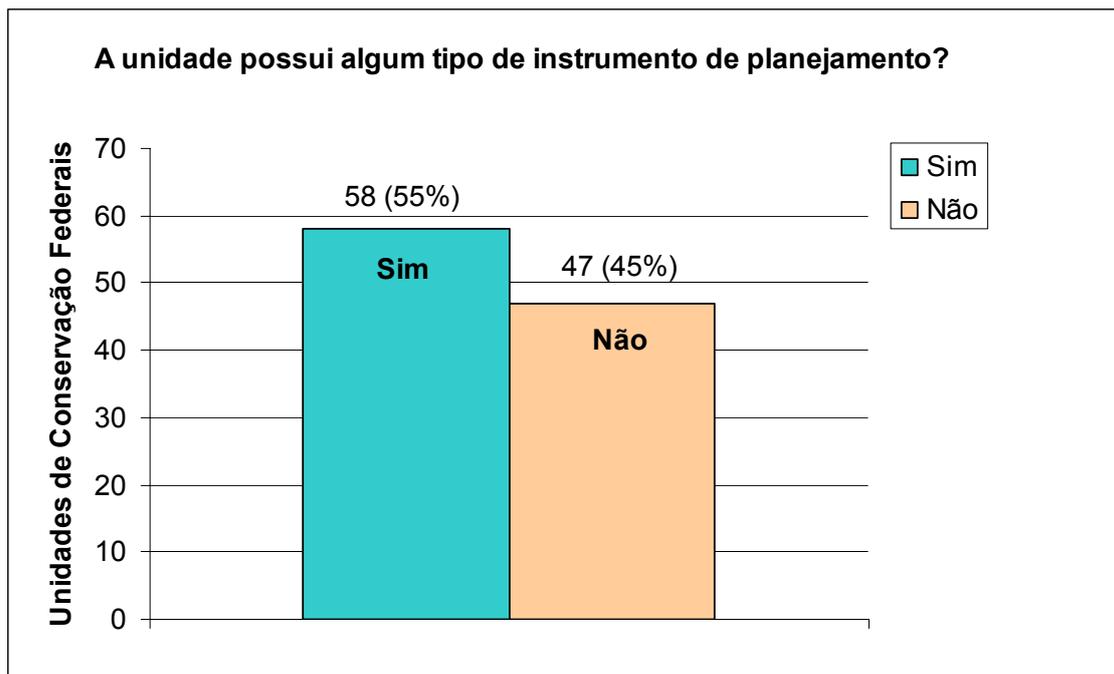


Fig.14: Existência de Plano de Manejo ou outro instrumento nas UCs.

A complementação da resposta visa saber que tipo de documento a unidade possui ou está elaborando.

Dentre as 58 UCs que afirmaram possuir algum documento de planejamento, 50 são Planos de Manejo, 1 PAE - Plano de Ação Emergencial, que é um instrumento provisório de elaboração rápida e é adotado até que se tenha o Plano de Manejo, 1 planejamento participativo e 6 Planos de Utilização, sendo que 5 desses em unidades de uso sustentável que são aquelas que segundo o SNUC admitem algum tipo de utilização direta de seus recursos.

Quanto ao ano de aprovação do instrumento, 18 UCs informaram que é anterior a 2000 e portanto, anterior à vigência da Lei do SNUC. Entretanto, dentre os 18 documentos, 7 estão em processo de revisão. Deve ser ressaltado que entre os 40 Planos de Manejo posteriores a 2000, 9 ainda estão em fase de elaboração.

Analisando o conjunto de números e considerando que a Lei do SNUC é relativamente recente e destacando também todas as dificuldades administrativas e políticas de gestão de áreas protegidas, pode-se considerar que atualmente há certo dinamismo na produção e revisão das normas de planejamento de unidades de conservação no Brasil.

### 3.3.1.5 – Questão 5:

- **A unidade se encontra total ou parcialmente em área urbana?**

O objetivo desse questionamento é detectar a possibilidade de instalações urbanas, emissoras de radiação eletromagnética, virem a interferir no ecossistema de unidades de conservação próximas.

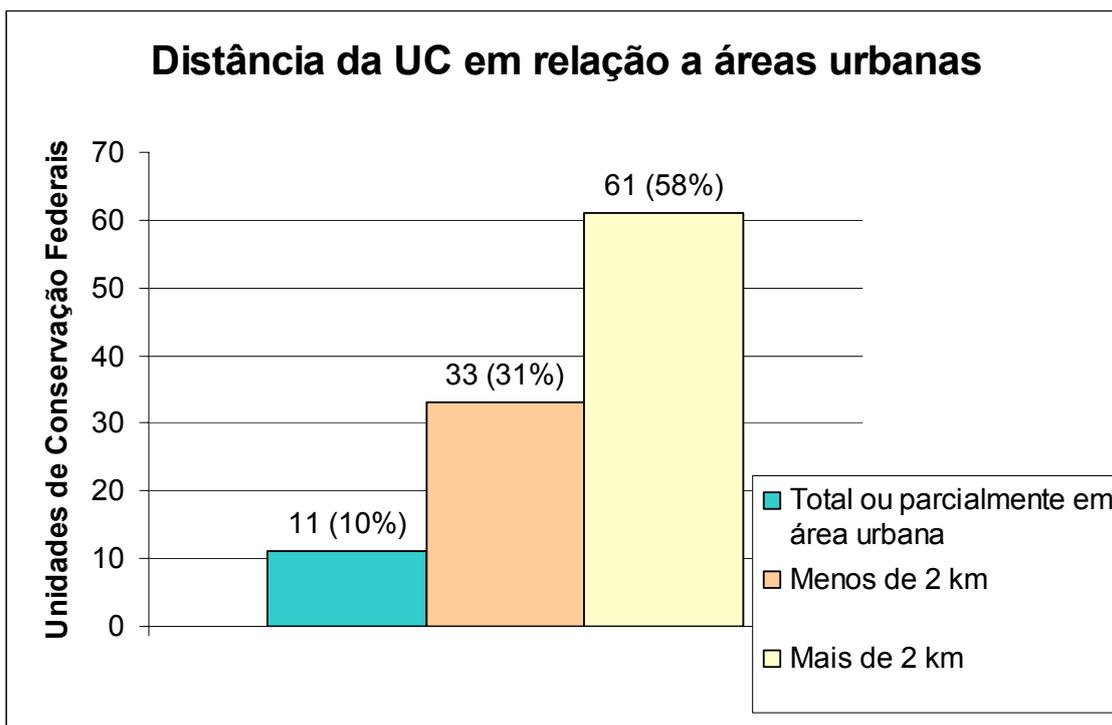


Fig.15: Localização da área protegida em relação a aglomerados urbanos.

No gráfico da fig.15, pode-se verificar que mais da metade das unidades de conservação pesquisadas se encontra acima de 2 km de áreas urbanas. A partir das medições efetuadas, conforme descrito no Capítulo 4 e analisadas pelos índices propostos no Capítulo 2, podemos indicar o parâmetro 2 km como significativo para interferências eletromagnéticas. Portanto, computando as unidades localizadas total ou parcialmente em cidades, bem como as que estão a menos de 2 km, concluímos que 41% estariam suscetíveis a influências de campos eletromagnéticos oriundos dos equipamentos urbanos de radiofrequências e microondas.

Na questão 1, observamos que 57% das unidades declararam ter algum tipo de instalação no interior ou entorno da unidade. Nesta última questão verificamos que 41% têm proximidade com áreas urbanas tal que poderiam estar recebendo influências dos equipamentos. Portanto, percebe-se que as possibilidades de efeitos nos ecossistemas das UCs, merecem ser estudadas mais detalhadamente.

### 3.4 Conclusões

Considerando que o objetivo principal de uma unidade de conservação é a preservação do ecossistema, a ocorrência de instalações de telecomunicações e energia, capazes de emitir radiação em mais da metade, isto é em 57% das UCs, pode ser considerado um número alto. Deve-se levar em consideração que essas estruturas por si só já constituem elementos estranhos, que geram impactos visuais, sonoros e exigem a presença periódica de pessoas e veículos para sua manutenção. Além disso, a possibilidade de interferência dos campos sobre a fauna e flora deve ser considerada.

As estruturas mais presentes (97%) são de propriedade de empresas concessionárias de serviços públicos de energia ou telecomunicações e que portanto, operam sob autorização do poder público federal. No entanto, é muito baixo o índice de licenciamento ambiental: apenas 15% passaram por esse processo, importante para prevenir ou minimizar impactos.

De positivo verificou-se que mais da metade (55%) das unidades já têm um instrumento de gestão, preconizado pela lei do SNUC de 2000. Esse documento é fundamental para orientar as ações preventivas de possíveis interferências antrópicas no ambiente natural.

Outro número também expressivo, é a quantidade de unidades próximas de aglomerados urbanos. Uma parcela de 41% está total ou parcialmente localizada em cidades ou a menos de 2 km. Esse valor também surpreende, uma vez que em geral se espera que áreas silvestres protegidas estejam localizadas em distâncias capazes de impedir os impactos naturalmente decorrentes das atividades urbanas.

Entretanto, apenas 8% dos gestores consultados, declararam já ter observado algum efeito das radiações eletromagnéticas em suas unidades de conservação. Considerando ainda as variações nas respostas, esse número pode ser considerado pequeno e um indicador de que as possíveis interferências não existem ou são de pequeno porte, imperceptíveis mesmo por um observador experiente no trato de questões ambientais.

Os números obtidos com a aplicação do questionário devem ser analisados em conjunto com os resultados dos Capítulos 2 e 4, para uma conclusão mais abrangente a respeito dos efeitos das radiações eletromagnéticas sobre os ecossistemas das unidades de conservação. Nos Capítulos 5 e 6 são avaliados conjuntamente os resultados desses três capítulos.

## Capítulo 4

### Proposta de Método para Mapear e Monitorar as Intensidades de Radiação numa Unidade de Conservação

#### 4.1 Introdução

A poluição, em suas mais diversas formas, em geral necessita ser mensurada através de instrumentos, para que possa ser avaliada. São conhecidas as estações de monitoramento da qualidade da água, bem como as de qualidade do ar, que produzem relatórios periodicamente divulgados para a população. Essa deve ser uma das atribuições da ciência: tornar visível ao leigo, uma situação aparentemente invisível, mas que pode afetar a toda a coletividade.

Para a poluição eletromagnética, denominada “electrosmog”, principalmente por ser invisível e imperceptível, também se torna necessária a intervenção do técnico para qualificação e detalhamento da mesma.

A ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações –, responsável pela regulação das telecomunicações no Brasil, no anexo à *Resolução N° 303 de 2 de julho de 2002 - Regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz* -, propõe que a avaliação da exposição às radiações eletromagnéticas, pode ser efetuada por meio de análises teóricas, baseadas nas características da estação transmissora ou por meio de medições diretas (ANATEL, 2002).

No cálculo teórico, utilizam-se as equações de propagação de ondas e os parâmetros das antenas. Para as medições diretas, a norma descreve basicamente três métodos de medição.

Como a norma se refere a limites para exposição humana, o primeiro método sugere a medição ao longo de uma linha, acompanhando o eixo do corpo da pessoa na posição provável em que ela se encontraria no ambiente. O segundo método é a varredura planar, em que as medições são efetuadas num plano horizontal. O terceiro, a varredura volumétrica, em que as medidas são efetuadas através de um volume no espaço que teria ocupação humana.

Nos três casos, as medidas realizadas em pontos distantes, no máximo 20 cm, produzem um valor médio da radiação a que estaria exposto o indivíduo.

Em locais “multi-usuários”, isto é, naqueles onde existem mais de uma estação transmissora, a ANATEL propõe que os responsáveis devem cooperar na avaliação do local como um todo, fornecendo informações técnicas. Mas define também, que não havendo acordo entre as partes envolvidas, poderá arbitrar os valores.

Para cálculo das intensidades de radiação através de equações matemáticas, torna-se necessário também o livre acesso a todas as informações técnicas e parâmetros das antenas. Isso pode se tornar difícil, visto que em geral as empresas são concorrentes e protegem as informações técnicas como segredo comercial, além de temerem reações da população civil se forem divulgados os resultados. Outra dificuldade reside no fato de que os parâmetros podem ser mudados a qualquer momento pelas operadoras.

O cálculo teórico das intensidades para uma antena, quando se conhecem todos os parâmetros, é relativamente simples, mas se torna muito complexo quando há várias antenas contribuindo para a radiação. Podem ser torres de sistemas com tecnologias diferentes, operando em diversas frequências e ocupando posições geográficas variadas. Nesses casos, para facilitar, em geral se utilizam equações logarítmicas que permitem o cálculo do ganho das antenas em dB (decibéis).

A empresa sul-africana EMSS, comercializa o software Ixus que calcula e traça um gráfico da radiação a partir da antena, mostrando através de colorações diferentes as diversas intensidades (EMSS, 2008).

O CPqD – Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações –, desenvolveu o programa CPqD RNI Monitor (fig. 17) com o objetivo de monitorar as radiações não ionizantes em áreas urbanas. Um piloto do programa foi instalado em convênio com a Prefeitura de Americana – SP, no ano de 2004 (CPQD, 2004).

O sistema RNI Monitor do CpQD, abastecido com os dados das antenas instaladas na cidade, fornece um mapeamento teórico das emissões eletromagnéticas. Prevê também a instalação de sensores de radiação nos pontos de maior intensidade. Esses sensores, de operação remota, enviam dados por rede de comunicação sem fio para a central de monitoramento.

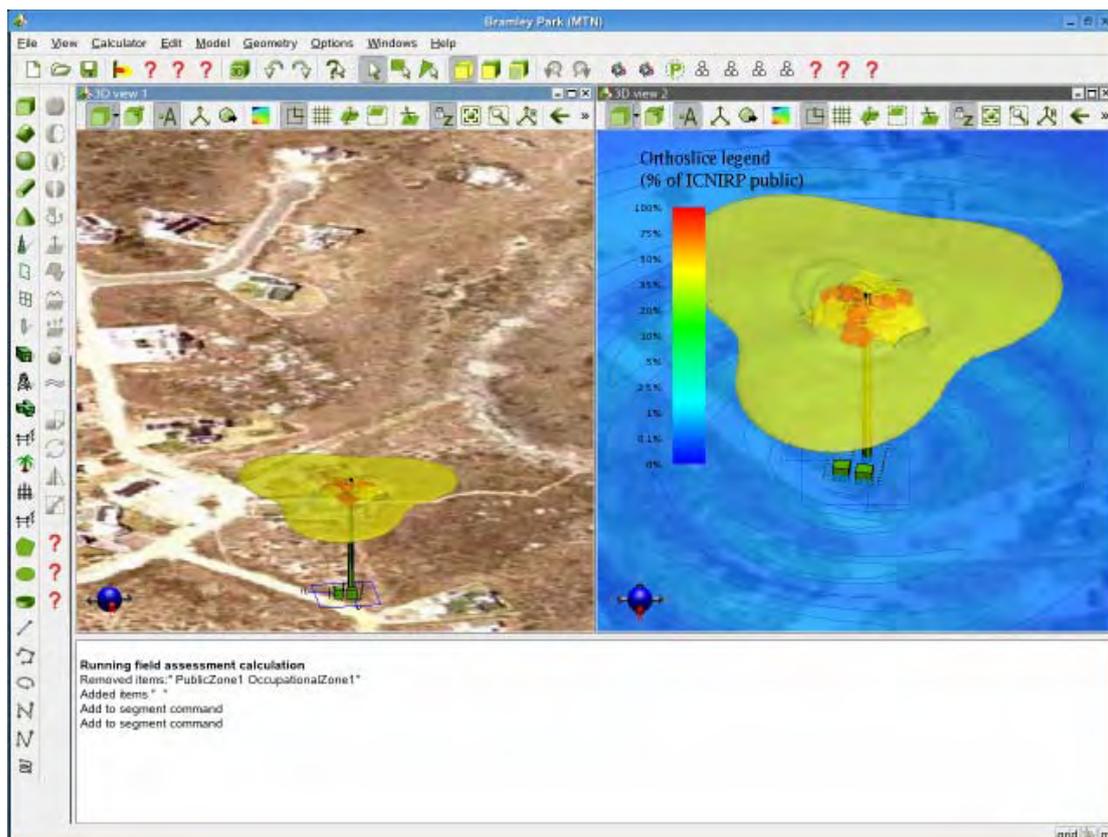


Fig. 16: Tela do Software Ixus. As diferentes colorações da radiação da antena informam os percentuais dos limites de emissão da ICNIRP.

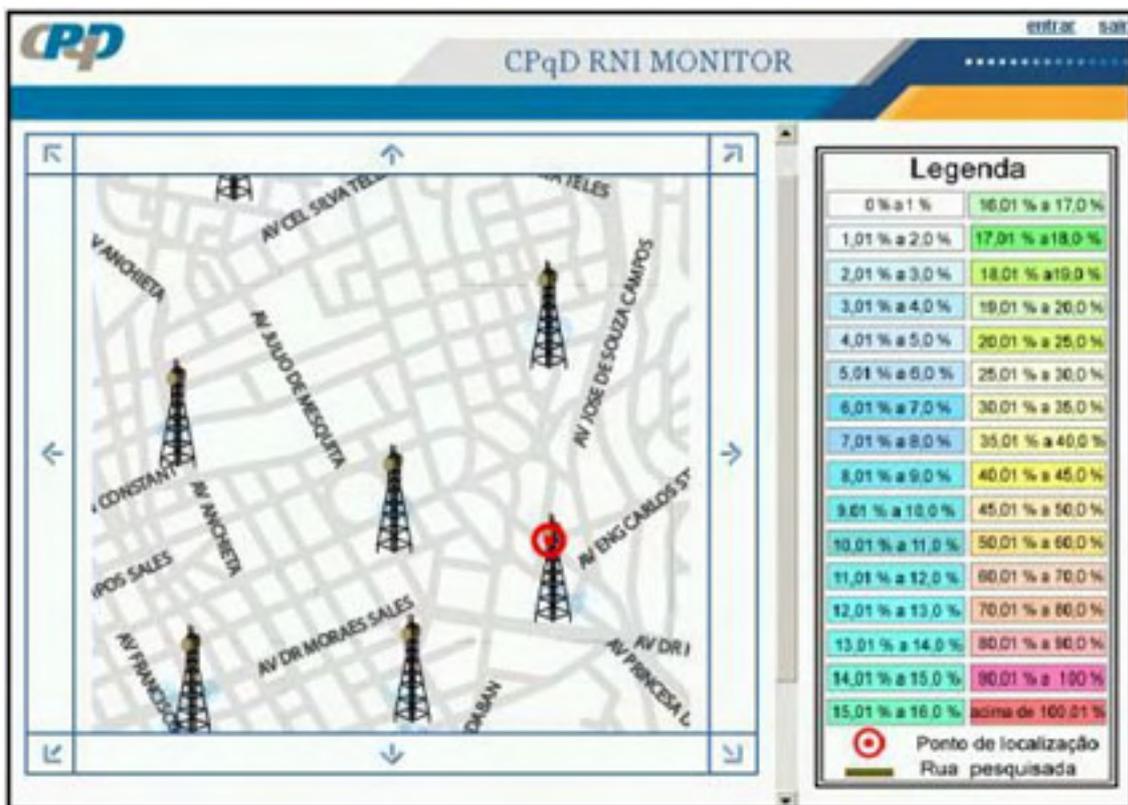


Fig. 17: Tela do software RNI Monitor, desenvolvido pelo CPqD.

No presente trabalho é apresentado um sistema de mapeamento das intensidades de radiação, a partir de medições de campo, isto é, sem depender do fornecimento de informações das operadoras e sem se valer de avaliações teóricas. Ou seja, permite visualizar a real distribuição de campos eletromagnéticos na área. Para isso foram utilizadas além das técnicas de medição de radiação, técnicas de geoprocessamento.

Muito utilizados em gestão ambiental, os Sistemas de Informações Geográficas permitem classificar o espaço, criar zoneamentos, construir cenários e avaliar riscos (CÂMARA, 1996).

Por lei, as Unidades de Conservação devem possuir um Plano de Manejo, documento esse baseado no mapeamento e zoneamento da unidade (SNUC, 2000).

Com as técnicas de geoprocessamento, o mapa de campos eletromagnéticos pode ser superposto ao zoneamento da UC, permitindo avaliar a exposição dos elementos do ecossistema local a esse fator externo, dando suporte a gestão e ao licenciamento ambiental das estruturas emissoras de radiação.

## 4.2 Materiais e métodos

### 4.2.1 Medição de radiação

Para medição das intensidades de radiação eletromagnética, foi utilizado o instrumento EMR-300, fabricado pela empresa alemã Narda Safety Test Solution (Fig. 18), equipado com uma sonda Tipo 8, projetada para medir campos elétricos entre 100 kHz e 3 G Hz, faixa de interesse do presente projeto, conforme justificado em 1.2.



Fig. 18: NARDA EMR 300 – Instrumento utilizado para medições de radiação.

A sonda utilizada é do tipo isotrópica, isto é, não direcional. Possui três sensores de campo elétrico ortogonais (x, y, z), que medem o campo nas três direções. O instrumento processa os valores e fornece a intensidade total do campo no ponto de medição.

O aparelho pode ser conectado ao computador via porta serial, por um cabo de fibra ótica, evitando influências externas de outras fontes de radiação, passando a ser operado por um software de transferência de dados produzido pela empresa Wandel & Goltermann, o qual acompanha o instrumento. Através desse software podem ser desmembradas as intensidade de campo nas três direções e estimada a origem da radiação.

Conforme descrito em 1.1, a radiação eletromagnética é composta por dois campos perpendiculares que se propagam no espaço: campo elétrico e campo magnético. Em regiões muito próximas da antena, denominada região de campo próximo, os campos não são perpendiculares e nem proporcionais, devendo ser mensurados separadamente. Entretanto, na região de campo distante, basta medir um dos campos para obtermos a intensidade total da radiação, através de cálculos matemáticos.

A sonda tipo 8, aqui utilizada, mede apenas o campo elétrico, devendo portanto, ser empregada na região de campo distante, para se obter o valor da radiação total.

A fronteira entre o campo próximo e o campo distante é dada por (ANATEL, 2002):

$$d = 2 L^2 / \lambda$$

em que:

$d$  é a distância em metros da fronteira, a partir da antena;

$\lambda$  é o comprimento de onda em metros;

$L$  é a dimensão máxima total da antena transmissora, em metros.

Na engenharia de telecomunicações, para se obter maior eficiência, procura-se construir cada antena em tamanho próximo do comprimento de onda, portanto  $L$  é função de  $\lambda$  (PAULINO, 2001).

Na prática, como regra geral, considera-se  $d = 3\lambda$  (NARDA, 2001).

Como  $\lambda = c / f$ , sendo  $c$  aproximadamente a velocidade da luz no vácuo ( $3 \times 10^8$  m/s), em termos da frequência, teremos:

$$d = \frac{3 \times 3 \times 10^8 \text{ (m/s)}}{f \text{ (Hz)}}$$

Neste trabalho, foram investigadas principalmente emissões de antenas de TV e rádios FM, que têm frequências da ordem de 100 MHz, e de telefonia celular, que utiliza faixas próximas a 1 GHz, como o sistema GSM que opera em 1,8 GHz.

Assim, as distâncias mínimas de medição com o EMR-300, devem ser de 10m para antenas de TV/FM e 1m para celular. Considerando que em geral as antenas são instaladas em torres com dezenas de metros de altura, mesmo abaixo da torre estaremos na região de campo distante.

Para compensar variações de temperatura, o instrumento medidor EMR-300 possui um sistema de zeramento automático, que a cada 6 minutos é acionado. Isso dispensa a regulagem prévia do aparelho em um local com campo nulo. Há também uma memória interna para armazenar até 1500 valores medidos. Pode-se calibrar o intervalo de tempo entre medições automáticas, bem como a unidade de medida que pode ser V/m para campo elétrico ou mW/cm<sup>2</sup> e W/m<sup>2</sup>, para densidade de potência, grandeza também denominada Vetor de Poynting (VIEIRA, 2005).

Como a sonda capta campo elétrico, para fornecer valores de densidade de potência o instrumento utiliza um processamento matemático interno.

A densidade de potência é dada por (ANATEL, 2002):

$$S = E^2 / 377 \quad (1)$$

onde:

$S$  é a densidade de potência da onda plana equivalente em W/m<sup>2</sup>;

$E$  é a intensidade do campo elétrico, em V/m;

377 é o valor da impedância de espaço livre, em Ohms.

Destacamos que o valor de  $E$  deve ser o valor eficaz (RMS) do campo elétrico (MCKELVEY e GROTCHE, 1981). O EMR300 possui alternativas para fornecer os valores instantâneo ou médio da grandeza medida. Portanto, para calcularmos matematicamente o valor da densidade de potência, conforme a equação (1), o instrumento deve ser regulado para o modo AVRGM, que fornecerá os valores eficazes do campo elétrico, no intervalo de tempo considerado. Outra alternativa seria regular o aparelho para fornecer diretamente a densidade de potência.

A fim de verificar a correspondência dos valores medidos e calculados para a densidade de potência, o seguinte experimento foi realizado em laboratório: o instrumento foi posicionado no tripé próximo a uma fonte de radiação eletromagnética, no caso um monitor de computador convencional, com a tela fixa numa imagem. Programado para registrar uma leitura a cada 4s e inicialmente em W/m<sup>2</sup> foram feitas 20 leituras. Sem alterar a posição do instrumento, nem a tela do monitor, a unidade foi alterada para V/m no modo AVRGM, e gravadas novamente 20 leituras, conforme a tab.5.

MEM#	VALUE	UNIT	RESULT	AXIS	TIME	DATE	CAL	PROBE	
1	0,0076	W/m2	AV	EFF	15:44:21	23/10/2007	1	TYPE	8
2	0,0075	W/m2	AV	EFF	15:44:25	23/10/2007	1	TYPE	8
3	0,0075	W/m2	AV	EFF	15:44:29	23/10/2007	1	TYPE	8
4	0,0075	W/m2	AV	EFF	15:44:33	23/10/2007	1	TYPE	8
5	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:44:37	23/10/2007	1	TYPE	8
6	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:44:41	23/10/2007	1	TYPE	8
7	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:44:45	23/10/2007	1	TYPE	8
8	0,0075	W/m2	AV	EFF	15:44:49	23/10/2007	1	TYPE	8
9	0,0075	W/m2	AV	EFF	15:44:53	23/10/2007	1	TYPE	8
10	0,0075	W/m2	AV	EFF	15:44:57	23/10/2007	1	TYPE	8
11	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:45:01	23/10/2007	1	TYPE	8
12	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:45:05	23/10/2007	1	TYPE	8
13	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:45:09	23/10/2007	1	TYPE	8
14	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:45:13	23/10/2007	1	TYPE	8
15	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:45:17	23/10/2007	1	TYPE	8
16	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:45:21	23/10/2007	1	TYPE	8
17	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:45:25	23/10/2007	1	TYPE	8
18	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:45:29	23/10/2007	1	TYPE	8
19	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:45:33	23/10/2007	1	TYPE	8
20	0,0074	W/m2	AV	EFF	15:45:37	23/10/2007	1	TYPE	8
21	1,67	V/m	AV	EFF	15:46:13	23/10/2007	1	TYPE	8
22	1,66	V/m	AV	EFF	15:46:17	23/10/2007	1	TYPE	8
23	1,67	V/m	AV	EFF	15:46:21	23/10/2007	1	TYPE	8
24	1,68	V/m	AV	EFF	15:46:25	23/10/2007	1	TYPE	8
25	1,67	V/m	AV	EFF	15:46:29	23/10/2007	1	TYPE	8
26	1,66	V/m	AV	EFF	15:46:33	23/10/2007	1	TYPE	8
27	1,66	V/m	AV	EFF	15:46:37	23/10/2007	1	TYPE	8
28	1,66	V/m	AV	EFF	15:46:41	23/10/2007	1	TYPE	8
29	1,65	V/m	AV	EFF	15:46:46	23/10/2007	1	TYPE	8
30	1,65	V/m	AV	EFF	15:46:50	23/10/2007	1	TYPE	8
31	1,65	V/m	AV	EFF	15:46:54	23/10/2007	1	TYPE	8
32	1,65	V/m	AV	EFF	15:46:58	23/10/2007	1	TYPE	8
33	1,66	V/m	AV	EFF	15:47:05	23/10/2007	1	TYPE	8
34	1,7	V/m	AV	EFF	15:47:09	23/10/2007	1	TYPE	8
35	1,72	V/m	AV	EFF	15:47:13	23/10/2007	1	TYPE	8
36	1,73	V/m	AV	EFF	15:47:17	23/10/2007	1	TYPE	8
37	1,72	V/m	AV	EFF	15:47:21	23/10/2007	1	TYPE	8
38	1,71	V/m	AV	EFF	15:47:25	23/10/2007	1	TYPE	8
39	1,72	V/m	AV	EFF	15:47:29	23/10/2007	1	TYPE	8
40	1,72	V/m	AV	EFF	15:47:34	23/10/2007	1	TYPE	8

Tab. 5: Verificação de valores médios e calculados pelo EMR-300.

As primeiras 20 leituras da densidade de potência apresentaram um valor médio de 0,0074 W/m<sup>2</sup>. Aplicando-se a equação (1) da página anterior, aos valores do campo elétrico medido nas leituras 21 a 40 e calculando-se a média aritmética, encontramos o valor 0,0075 W/m<sup>2</sup>. A pequena diferença na quarta casa decimal pode ser atribuída a flutuações no campo de fundo do ambiente do laboratório. Deduz-se

assim, que a conversão interna de campo elétrico para densidade de potência realizada pelo instrumento é confiável.

As medidas de radiação em campo foram realizadas numa altura de 2m da ponta da sonda em relação ao solo. Nos levantamentos de varredura, o operador segurou o instrumento com os braços esticados acima da cabeça, para evitar interferências do seu próprio corpo. Nas medições de precisão em períodos de seis minutos, o aparelho foi instalado em tripé de madeira. Em todos os casos observou-se a inexistência de grandes massas metálicas nas proximidades para evitar acoplamentos capacitivos e mudança de impedância do sensor (DODE e LEÃO, 2004).



Fig. 19: Medição em tripé.

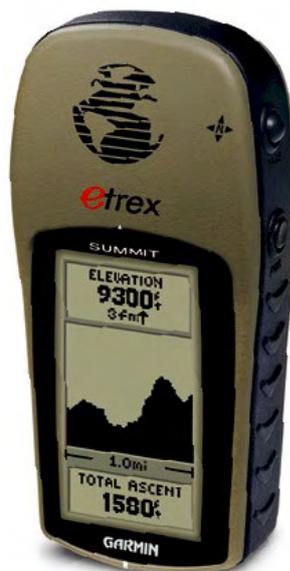


Fig. 20: GPS Garmin Etrex Summit.

#### 4.2.2 Posicionamento geográfico

Para traçado dos mapas de radiação utilizando-se das técnicas de geoprocessamento, torna-se necessária a obtenção das coordenadas de cada ponto de medição. Um dos processos utilizados foi com o aparelho GPS marca Garmin modelo Etrex Summit. (Fig.20). Trata-se de um GPS de navegação cujo erro médio associado é de 5m. A importância desse nível de precisão varia conforme a escala de trabalho. Considerando que o olho humano percebe pontos a partir de 0,2mm de diâmetro, em escalas de 1:25.000 ou menor, o erro do GPS é desprezível (ROCHA, 2003).

O GPS possui dois sistemas de armazenamento interno de coordenadas. Um automático que grava o trajeto percorrido em registros denominados “tracklogs”, e outro a partir de pontos determinados pelo operador, chamados de “waypoints”.

O “Garmin Etrex Summit” possui uma memória para armazenamento de 500 waypoints e 10 tracklogs. Uma vez gravados os dados, eles podem ser descarregados em computador através de um cabo serial. Foram utilizados os softwares “GPS TrackMaker” e “MapSource”, para obtenção dos dados.

Outra forma de se obter a localização dos pontos é pela observação direta de cartas topográficas, fotografias aéreas e imagens de satélite georreferenciadas. No presente trabalho, foram utilizadas ortofotos da área de estudo cedidas pela Prefeitura Municipal de Juiz de Fora, cartas topográficas 1:50.000 do IBGE e imagens de satélite obtidas do “Google Earth”.

Uma das limitações do GPS é a localização dos satélites em áreas de mata fechada. Receptores que possuem o chip SiRFstarIII, operam melhor nessas condições. Quando ocorreu essa situação e o instrumento não conseguiu capturar as

coordenadas, a localização foi por interpolação dos pontos adjacentes ou pelas fontes descritas no parágrafo anterior.

Para processamento geográfico das informações, foram utilizados os Softwares Autodesk Map, ArcGIS e TopoCal; nas manipulações numéricas o MSEXcell.

### **4.3 Mapeamento**

#### **4.3.1 Etapas**

Conforme mencionado em 4.1, a ANATEL prevê que as avaliações de áreas de ocupação humana sujeitas à radiação podem ser feitas por medidas localizadas ou por varredura. Tal técnica se refere a locais relativamente pequenos como residências ou ambientes de trabalho.

O método aqui desenvolvido para avaliação de grandes áreas, como unidades de conservação, normalmente com centenas ou milhares de hectares, prevê o trabalho em três etapas: varredura, medição e monitoramento.

A varredura consiste numa primeira medição em muitos pontos, mostrando como se distribui a radiação na UC, denunciando principalmente locais críticos com altas intensidades. Na varredura as técnicas de medição são mais simplificadas, fornecendo uma grande quantidade de informações em menor tempo, mesmo que com menor precisão.

Após essa primeira etapa, já conhecendo a distribuição de radiações da região em estudo, pode-se planejar a segunda etapa, agora sim com medições mais precisas e em menor quantidade de pontos.

Após essa segunda medição, com o mapa de radiações já traçado com maior rigor, pode ser planejado o monitoramento, isto é medições temporárias que permitam detectar como estão evoluindo as intensidades ao longo do tempo e do espaço. Variações podem surgir principalmente a partir de modificações nos sistemas pelas operadoras, como: quantidade, potência, localização e direcionamento de antenas.

#### **4.3.2 Área de estudo**

Para desenvolvimento do mapeamento, foi escolhida a região do Morro do Imperador, na zona urbana de Juiz de Fora – MG, também denominada Morro do Cristo. Essa área é tombada pelo poder público municipal (DECRETO 4312/1990), com muitos remanescentes de Mata Atlântica. No topo do morro estão instaladas diversas torres de TV e telefonia celular (Fig. 22). Foi considerada uma área de estudo de 164ha, delimitada conforme a fig. 21.

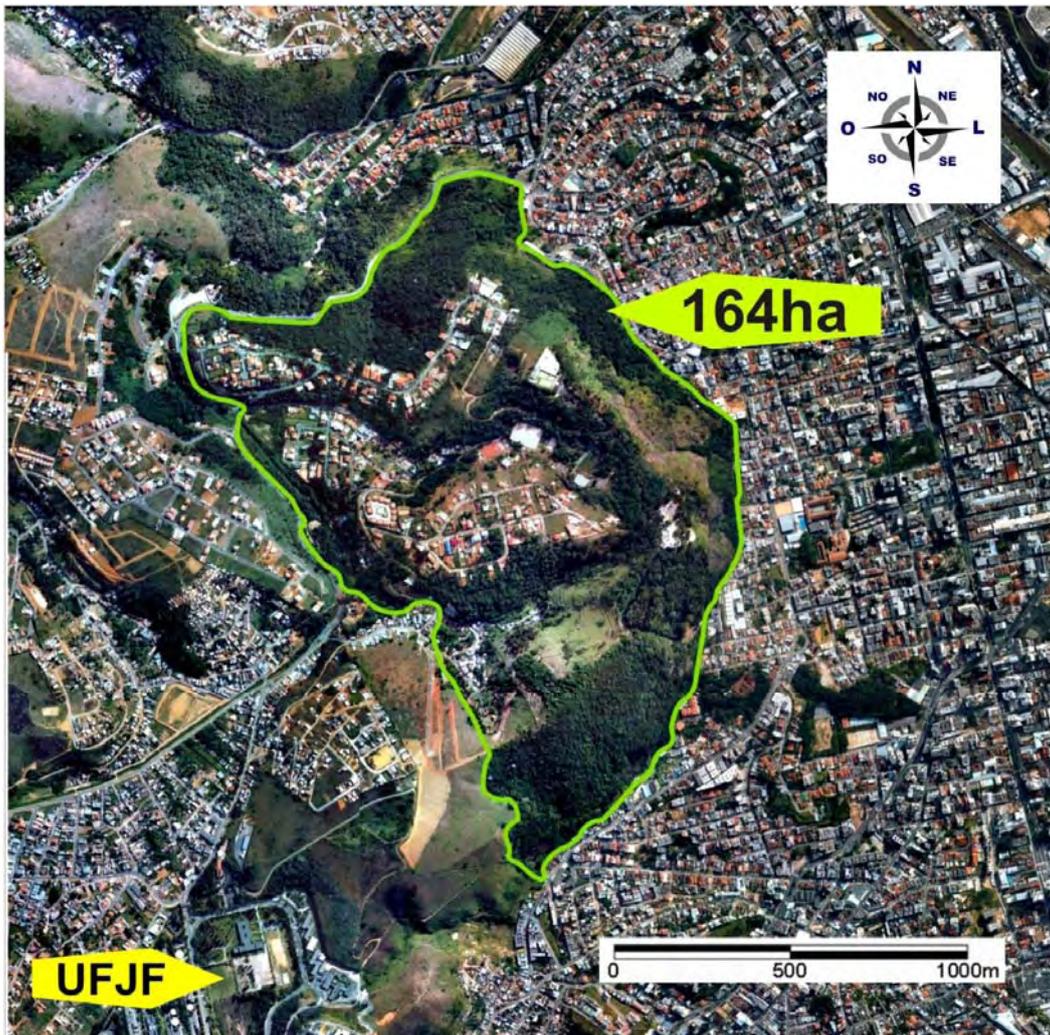


Fig. 21: Área de estudo.



Fig. 22: Vista das antenas no topo do morro

### 4.3.3 Verificação prévia da radiação

Considerando que a área de estudo tem dimensão tal que não permite fazer todas as medições em intervalo de tempo curto, procurou-se investigar a variação temporal da radiação. Para isso foram escolhidos dois pontos do entorno e um do interior da área para serem monitorados (Fig. 23). Devido aos longos períodos de medição, para segurança do equipamento os pontos foram localizados em edificações. O instrumento EMR-300 foi programado para obter valores de densidade de potência a cada 1min.

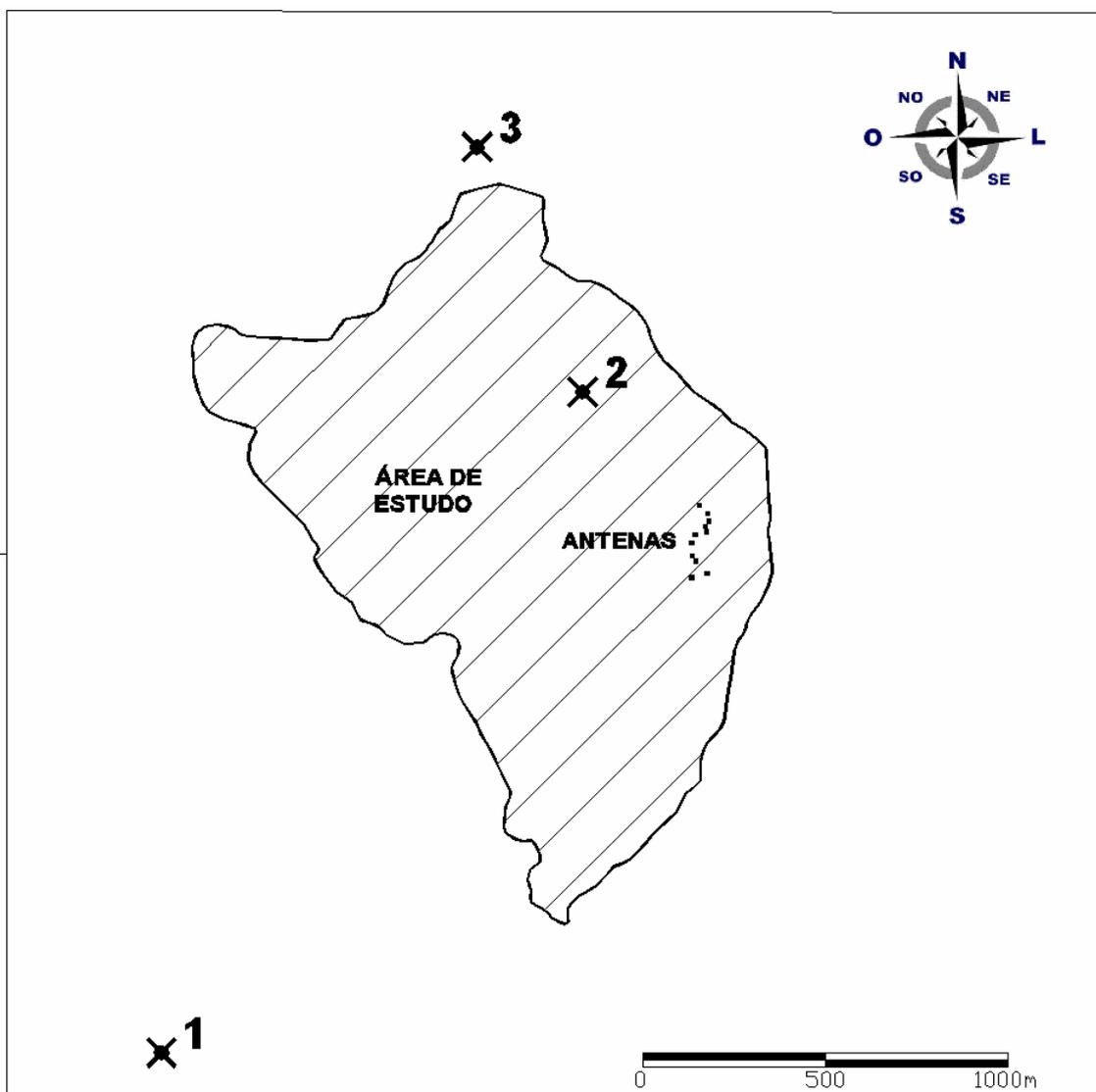


Fig. 23: Localização dos pontos de observação da radiação

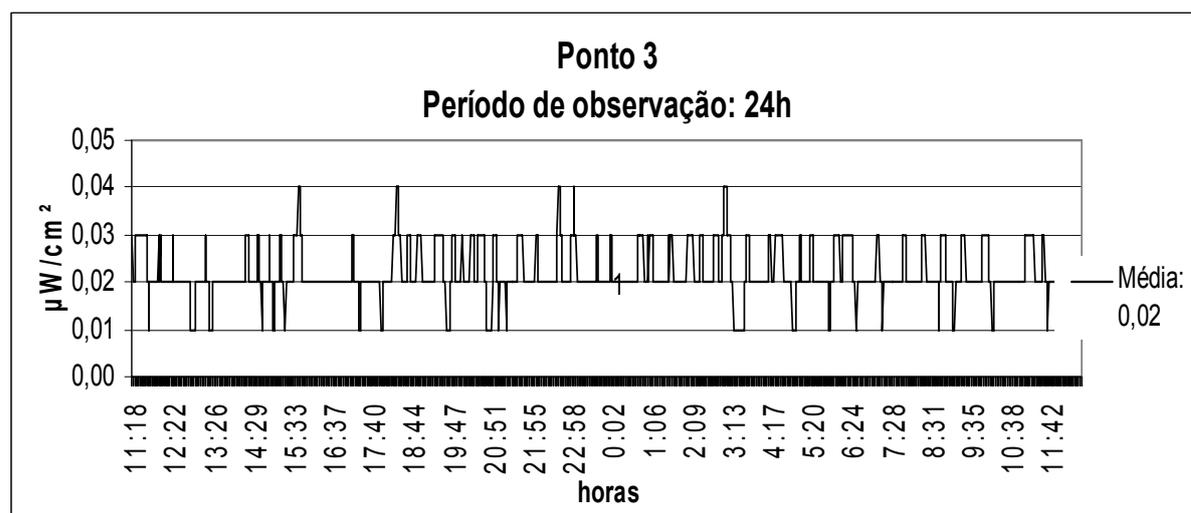
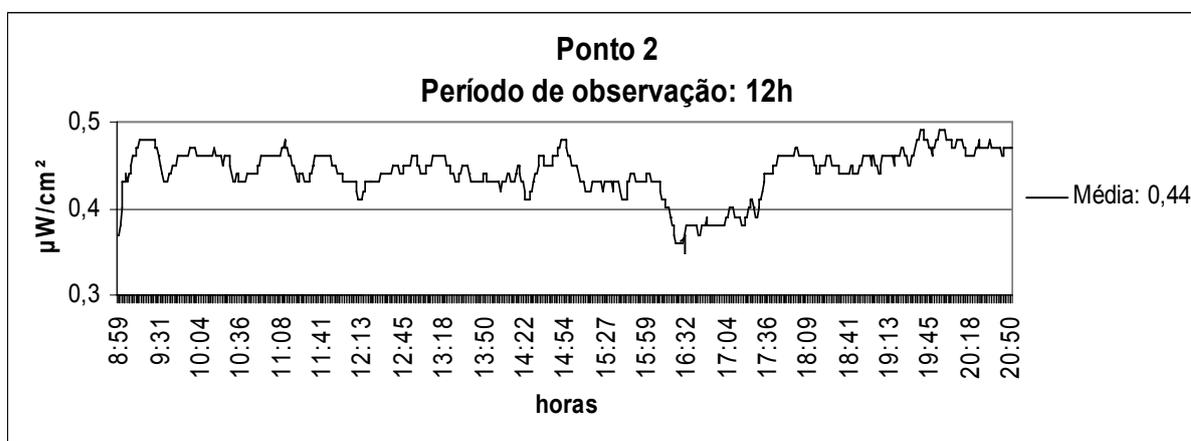
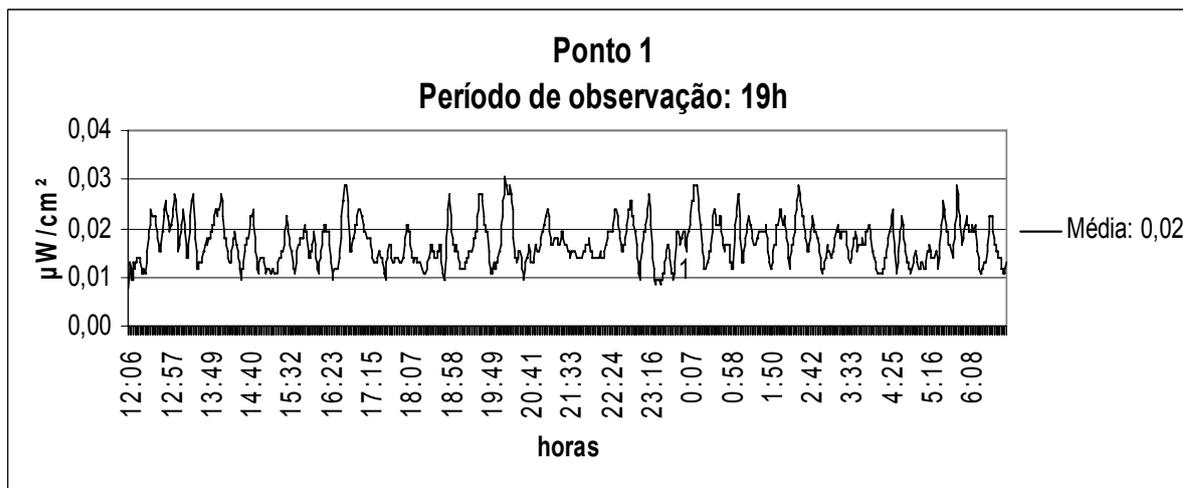


Fig. 24: Resultados das medições de longo prazo

Os valores obtidos são relativamente baixos, devido ao fato da edificação em que foi posicionado o instrumento funcionar como blindagem, atenuando a

radiação. Como era de se esperar os valores do entorno são inferiores aos mais próximos das antenas, sendo estes aproximadamente 20 vezes maiores.

A densidade de potência variou ao longo do dia, mantendo-se entretanto, dentro de patamares da mesma ordem de grandeza.

Pelas observações, pudemos concluir que as medições realizadas, mesmo em horários diferentes de um mesmo dia, podem ser utilizadas no traçado do mapa de radiação, uma vez que haverá pouca probabilidade de extrapolarem a margem de variação esperada.

Analisando as intensidades de radiação encontradas nos pontos 1, 2 e 3, com base nas classes de risco propostas no capítulo 2, verifica-se que os pontos 1 e 3 estão sob baixíssimo risco e o ponto 2 sob baixo risco, lembrando que são áreas internas de edificações, onde a radiação é naturalmente menor.

#### **4.3.4 Varredura**

A fim de proceder a etapa inicial de varredura, que permitirá conhecer como se distribui a radiação eletromagnética na região de estudo, foram testados três procedimentos. No primeiro, o mais automatizado, o aparelho medidor de radiações eletromagnéticas EMR-300 foi programado para gravar o valor da densidade de potência automaticamente a cada 4s. O operador se deslocou pela área considerada transportando o aparelho e o GPS ligado, gravando o “tracklog”, isto é, o percurso feito. O GPS possui relógio interno que obtém a hora diretamente dos satélites, com grande precisão. O relógio interno do EMR foi acertado com o relógio do GPS, para quando do processamento, a sincronização das medidas de radiação com a posição pudesse ser feita utilizando-se o tempo da leitura como referência.

No segundo procedimento testado, que poderia ser chamado de semi-automático, a leitura automática do EMR foi mantida a cada 4s e durante o percurso, aproximadamente a cada 20m foi gravado um “waypoint” no GPS. Como o display do EMR informa a posição de memória que está sendo gravada, foram anotados numa tabela o número da posição de memória e o número do “waypoint”, para a posterior correspondência.

No terceiro procedimento, que pode ser denominado manual, as leituras de radiação foram gravadas manualmente na memória do EMR aproximadamente a cada 20m, bem como o “waypoint” correspondente no GPS, ambos anotados em uma tabela.

Nos três procedimentos, procurou-se fazer o mesmo percurso nas imediações das antenas. Não há necessidade que os percursos sejam exatamente iguais, uma vez que não buscamos valores pontuais, mas sim determinar a distribuição das intensidades de radiação na região considerada.

A verificação dos procedimentos foi feita na região do topo do morro, onde estão concentradas as antenas. As leituras foram feitas sempre em horários comerciais, quando é maior o tráfego telefônico.

#### **4.3.4.1 Procedimento automático**

Inicialmente foi preparada a base cartográfica de trabalho. Um conjunto de ortofotos da área foi georreferenciado com o software ArcGIS, utilizando pontos de controle obtidos na carta digital 1:50.000 do IBGE. Como essa carta utiliza coordenadas UTM e o datum Córrego Alegre, o GPS foi programado para fornecer as coordenadas com esses parâmetros. Após os primeiros testes, observamos que na composição do mosaico de aerofotos houve uma junção exatamente na área de estudo, que prejudicou a precisão pretendida. Obtivemos então uma imagem de satélite do Google Earth, que após georreferenciada e algumas correções no contraste, passou a ser utilizada.

O levantamento foi feito em 5 de julho de 2007. O GPS foi ligado para localização dos satélites em um local sem árvores ou construções e posteriormente deslocou-se até o ponto inicial do percurso. Esse procedimento de captura do sinal dos satélites pode ser feito mais facilmente, mesmo em locais com obstáculos, quando o receptor GPS é dotado de antena de alta sensibilidade, como aqueles que possuem o chip SiRFstarIII. Após o acerto do relógio interno do EMR com o do GPS, iniciou-se o trajeto pelas trilhas existentes no entorno das antenas. Procurou-se cobrir todas as direções, havendo entretanto, a limitação da porção leste, que constitui uma encosta com grande declividade, tendo sido impossível percorrê-la. Quase todos os trajetos foram feitos duas vezes, na ida e na volta, o que ofereceu maior quantidade de informações, proporcionando maior precisão.

A primeira leitura do EMR foi registrada às 09h48min22s e a última às 10h31min29s, totalizando 645 leituras no modo AVRГ, que fornece o valor RMS a cada 4s, em 43min de trabalho.

O GPS registrou automaticamente 480 “trackpoints”, sendo o primeiro às 09h30min36s e o último às 10h32min48s.

Adquiridas as coordenadas dos pontos através do software GPS TrackMaker, com o TopoCal foram lançados sobre a imagem georreferenciada no Autodesk Map, apresentando a distribuição mostrada na fig. 25.



Fig. 25: Pontos obtidos com o GPS - os quadrados vermelhos indicam as antenas.

Ao observar-se o posicionamento dos pontos na imagem, verificou-se que houve um erro de translação dos pontos obtidos com o GPS em relação ao trajeto feito no terreno, tornando-se necessária uma correção geométrica.

Uma imagem do tipo raster é constituída por um conjunto de pontos (píxeis), sendo que a cada pixel está associada uma intensidade de cor. Registrar uma imagem é o processo que busca aproximar os pontos da imagem das suas coordenadas reais. Existem softwares que fazem essa aproximação sem modificar as posições relativas entre os píxeis, como o GPS TrackMaker ou o Autodesk Map. Outros como o ArcGIS e o Spring realizam correções geométricas entre os píxeis, produzindo um georreferenciamento mais preciso. Em ambas as situações, os chamados pontos de controle, que são as referências reais, podem ser obtidos diretamente no terreno com GPS ou em mapas já georreferenciados. A identificação

do ponto da imagem ou do mapa que servirá como referência é obtida por identificação visual.

No presente trabalho, para registrar os pontos obtidos com o GPS, isto é, aproximar os pontos do trajeto real feito no terreno, foi feito um deslocamento lateral do conjunto de pontos, sem modificar as posições relativas entre eles. Após o registro feito no Autodesk Map, os pontos passaram a ter a posição mostrada na fig. 26.



Fig. 26: Pontos após o registro

O conjunto de pontos após a correção foi salvo em arquivo dxf, importado pelo TopoCal e as novas coordenadas salvas em planilha.

O próximo passo foi o encontro da intensidade de radiação com a coordenada do ponto onde foi feita a medição. Como os dois instrumentos, EMR e GPS, trabalharam de forma automática, necessariamente não houve coincidência do instante em que foi medida a radiação com o de aquisição do "trackpoint". Entretanto,

como o EMR memorizou a cada 4s, e a menor unidade de tempo em que os dois aparelhos gravam é o segundo, a defasagem máxima entre um ponto do GPS e a leitura de radiação mais próxima será de 2s. Considerando uma velocidade de deslocamento a pé de 1m/s, o erro máximo esperado será de 2m, que é compatível com o erro esperado para o GPS.

O EMR gravou 645 leituras e o GPS 480 pontos. Para proporcionar maior fidelidade nas variações das intensidades de radiação, foram aproveitadas todas as medidas feitas e as coordenadas dos pontos obtidas por interpolação linear.

O procedimento anteriormente descrito de interpolação linear de coordenadas, pode ser melhor compreendido e avaliado considerando a teoria do radiador isotrópico, uma antena hipotética que irradia igualmente em todas as direções, como se fosse uma fonte pontual.

Sendo  $P_t$  a potência irradiada pela antena, como o transmissor irradia igualmente através de uma superfície esférica em volta da antena, a densidade  $S$  do fluxo de potência ou vetor de Poynting a uma distância  $r$  é dada por,

$$S = \frac{P_t \text{ (W)}}{4 \pi r^2 \text{ (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

Cabe ressaltar que uma antena real não irradia isotropicamente. Os fabricantes de antenas fornecem diagramas angulares horizontais e verticais, que permitem calcular o ganho em dB (decibéis) na direção desejada. Uma mesma torre pode emitir mais de uma onda portadora em frequências diferentes, que devem ser consideradas nos cálculos.

Para distâncias suficientemente grandes de uma antena qualquer e considerando uma área pequena, a equação acima pode ser aplicada. Assim, entre dois pontos afastados  $r_1$  e  $r_2$  da antena, a densidade de potência terá uma variação inversamente proporcional ao quadrado da distância.

No gráfico da fig. 26, a curva  $C_1$  mostra a variação da densidade de potência entre dois pontos A e B, de coordenadas conhecidas, conforme a equação (2). Supõe-se que entre os pontos A e B foram feitas 5 medições de densidades de potência, porém em locais de coordenadas desconhecidas. Se os pontos de medição forem distribuídos em intervalos de igual distância entre A e B, teremos uma curva  $C_2$  de variação da radiação, que é uma aproximação da curva real  $C_1$ .

Como o EMR gravou 645 leituras e o GPS capturou 480 “trackpoints”, as coordenadas dos pontos desconhecidos foram obtidas numa planilha Excel, através de interpolação linear, com a distribuição em distâncias iguais entre os dois pontos conhecidos adjacentes, verificados pela seqüência temporal.

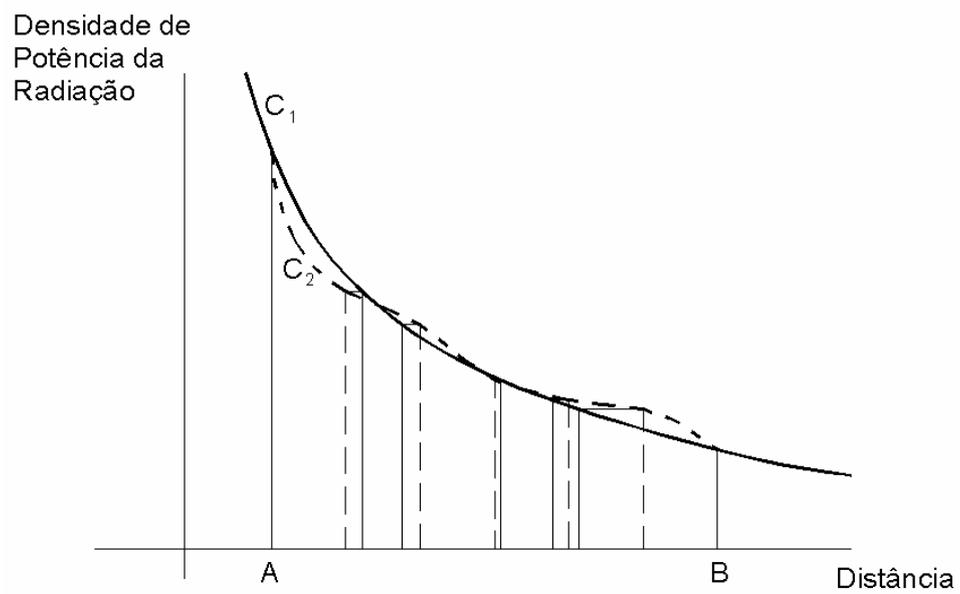


Fig.26: Interpolação de coordenadas.

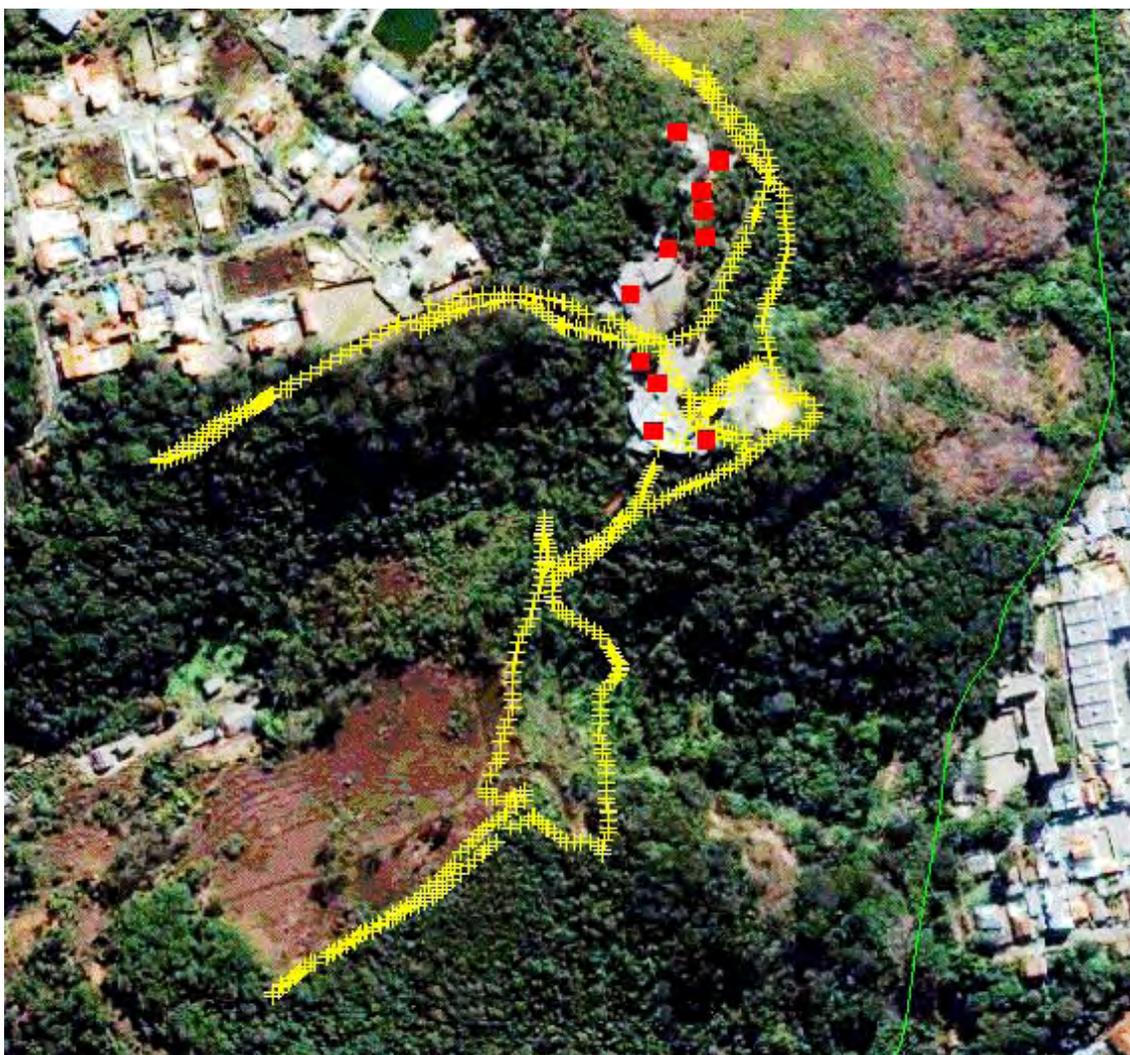


Fig.27: 645 pontos do procedimento automático após a interpolação.

Uma vez obtidos todos os pontos e as respectivas coordenadas, com o software TopoCal, foram traçadas isolinhas referentes às intensidades de radiação em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Para observar o posicionamento das isolinhas sobre o terreno, foi gerado um arquivo dxf e exportado para o Autodesk Map com a imagem de satélite do local, devidamente georreferenciada com o mesmo sistema de coordenadas utilizado no TopoCal. As isolinhas sobre a imagem apresentaram a distribuição mostrada na fig.28.

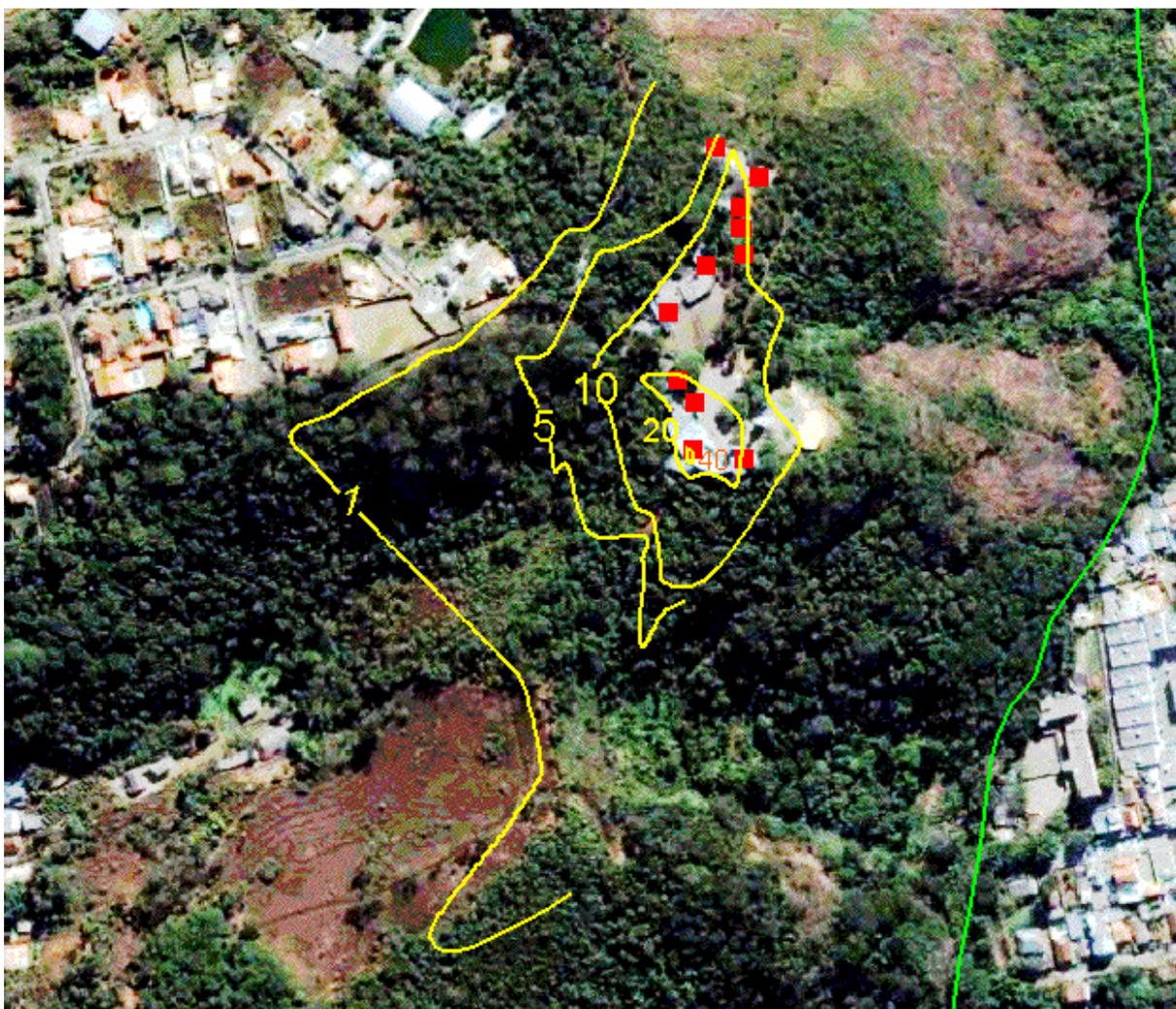


Fig. 28: Isolinhas em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  do procedimento automático.

Foram também traçadas isolinhas a cada  $0,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , para a visualização em três dimensões mostrada na Fig. 29, onde pôde ser observada a distribuição da radiação no entorno das antenas. Verificou-se a existência de picos de intensidade nos valores de  $44\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $29\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $41\mu\text{W}/\text{cm}^2$  e  $21\mu\text{W}/\text{cm}^2$  e a rápida queda dos valores com o afastamento das torres. Tal variação é condizente com a equação (1), que mostra a variação da densidade de potência com o inverso do quadrado da distância da fonte.

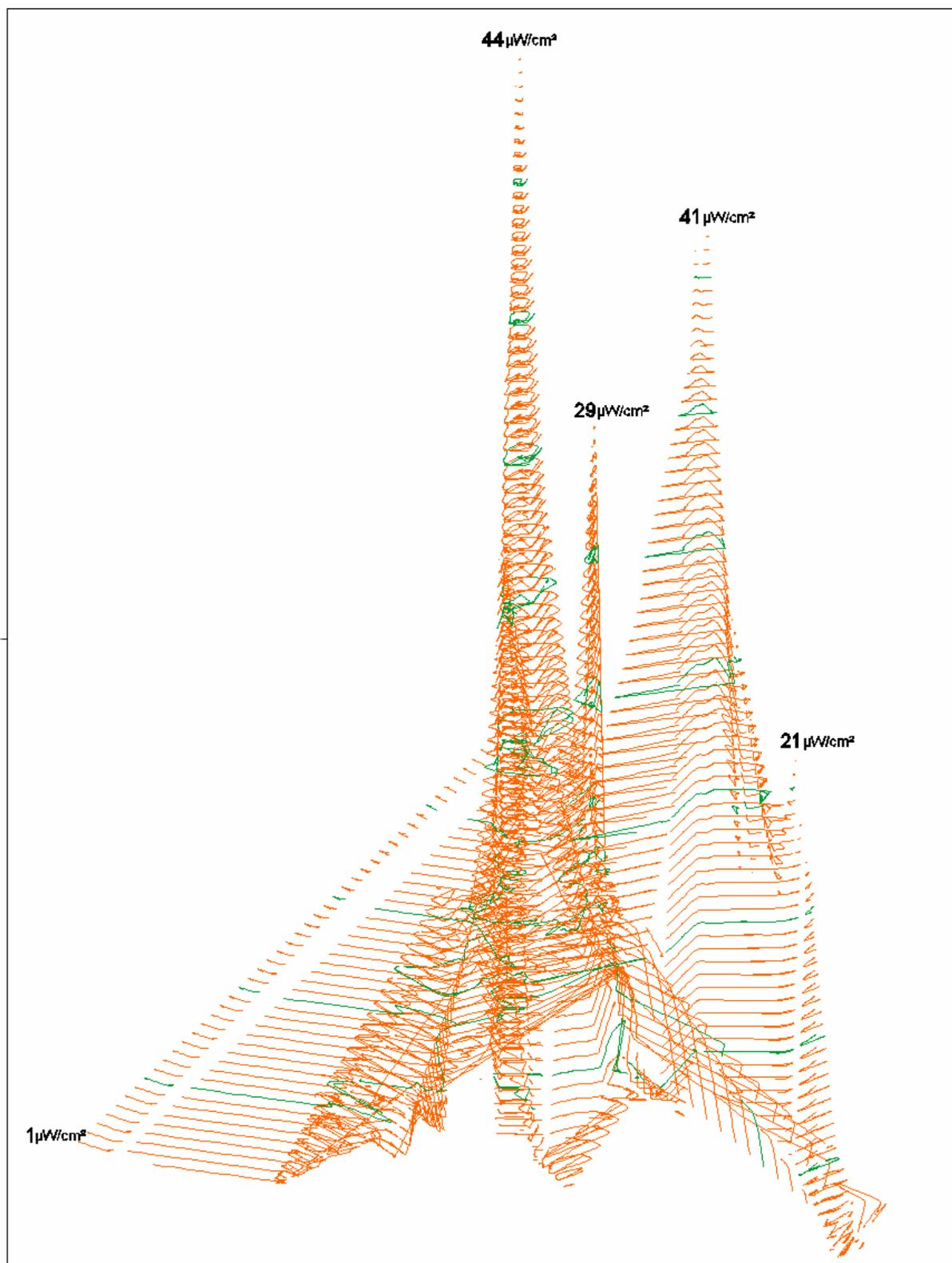


Fig. 29: Visualização em três dimensões das isolinhas da densidade de potência a cada  $0,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  do procedimento automático.

#### 4.3.4.2 Procedimento semi-automático

Em nova medição realizada em 19 de julho de 2007 no mesmo local, em percurso semelhante iniciado às 15h22min, durante 48min foram coletados 721 valores de radiação com o EMR gravando automaticamente o valor médio (AVRG) a cada 4 segundos. Foram assinalados 55 waypoints no GPS. Cada posição da memória do EMR em processo de gravação e mostrada no display do aparelho foi anotada em uma planilha e relacionada com o número do waypoint correspondente.

Os pontos foram descarregados do GPS e, após o registro, lançados sobre a imagem, apresentando a distribuição mostrada na fig. 30.



Fig. 30: Procedimento semi-automático: pontos do GPS.

Como foram feitas 721 medidas de radiação para 55 waypoints, com o Excel por interpolação linear, foram determinadas coordenadas para todas as medições, conforme mostrado na fig. 31.

Com o TopoCal, foram traçadas isolinhas referentes à variação da densidade de potência, que apresentaram a disposição da fig. 32.

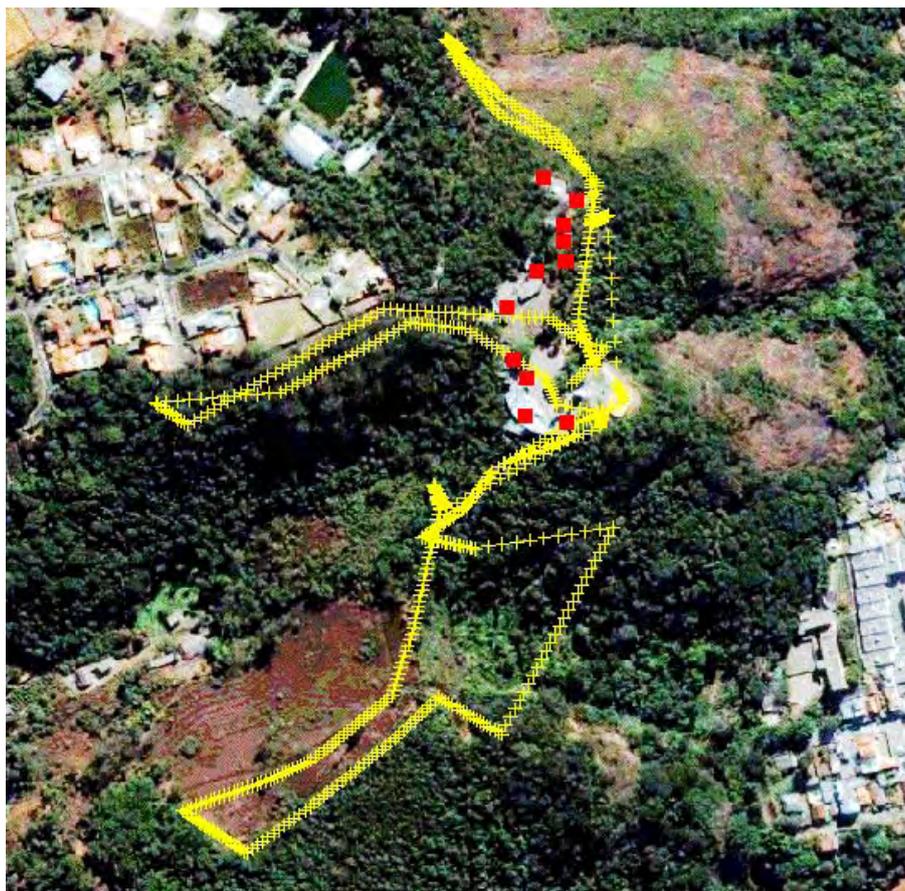


Fig. 31: Pontos interpolados no procedimento semi-automático.

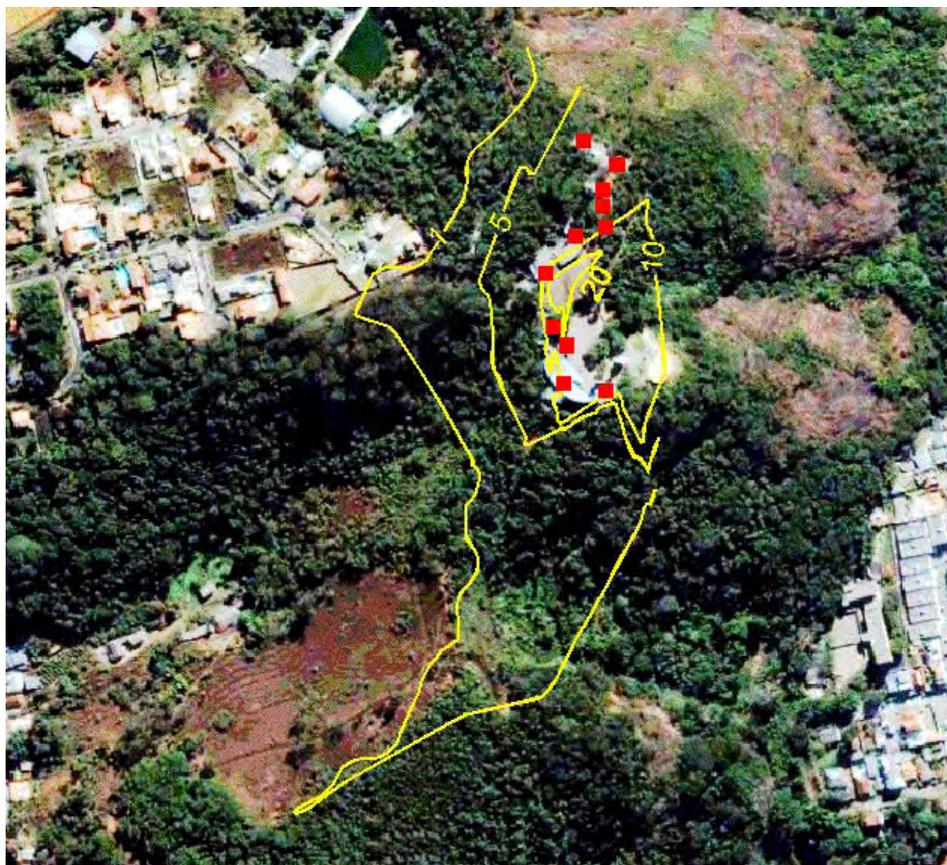


Fig. 32: Isolinhas em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  do procedimento semi-automático.

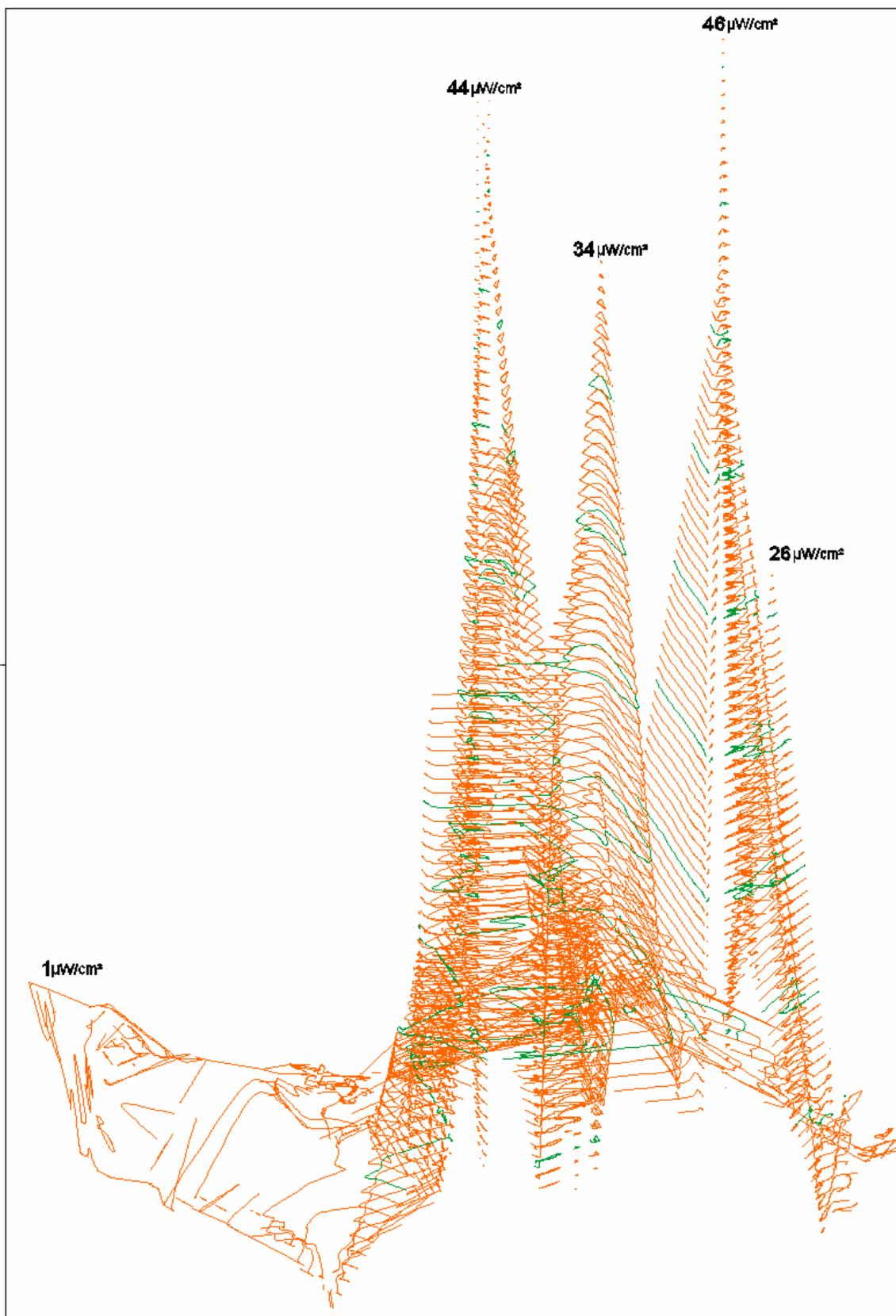


Fig. 33: Vista 3D das isolinhas do procedimento semi-automático a cada  $0,5\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Com base na classificação de riscos proposta no capítulo 2, vimos que a área medida apresenta regiões de médio e alto risco de exposição à radiação.

#### 4.3.4.3 Procedimento manual

Em 19 de setembro de 2007, com início às 10h31min e término às 11h42min foram feitas 56 medições na mesma região, percorrendo trajeto semelhante aos anteriores. Em cada ponto, o EMR foi utilizado manualmente para gravar a densidade de potência no modo AVRГ, num período de leitura de 4s. Com o GPS foram marcados os “waypoints” correspondentes.

Posteriormente, em quatro pontos próximos às antenas, foram feitas medições em períodos de seis minutos, que é o intervalo de tempo recomendado pela ANATEL para avaliação do atendimento aos limites de exposição (ANATEL, 2002).

Foram traçadas, utilizando-se o software TopoCal, as isolinhas, apenas com os 56 pontos obtidos em leituras de quatro segundos, que apresentaram a distribuição da fig. 34.

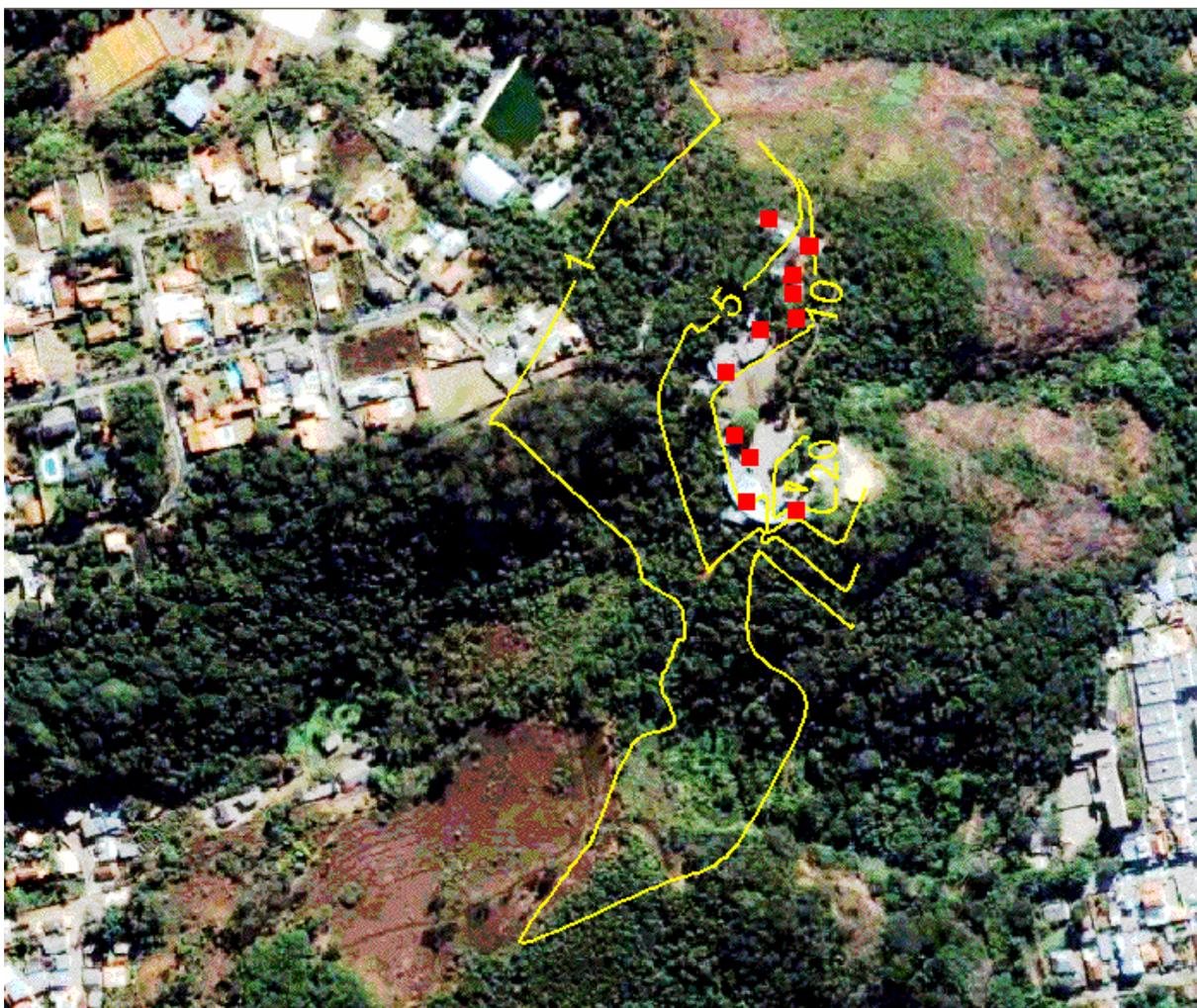


Fig. 34: Isolinhas do procedimento manual em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Os pontos das medições feitas em intervalos de seis minutos foram plotados sobre o mapa de isolinhas (fig. 35). Pôde ser observado que os valores médios obtidos são compatíveis com as isolinhas.

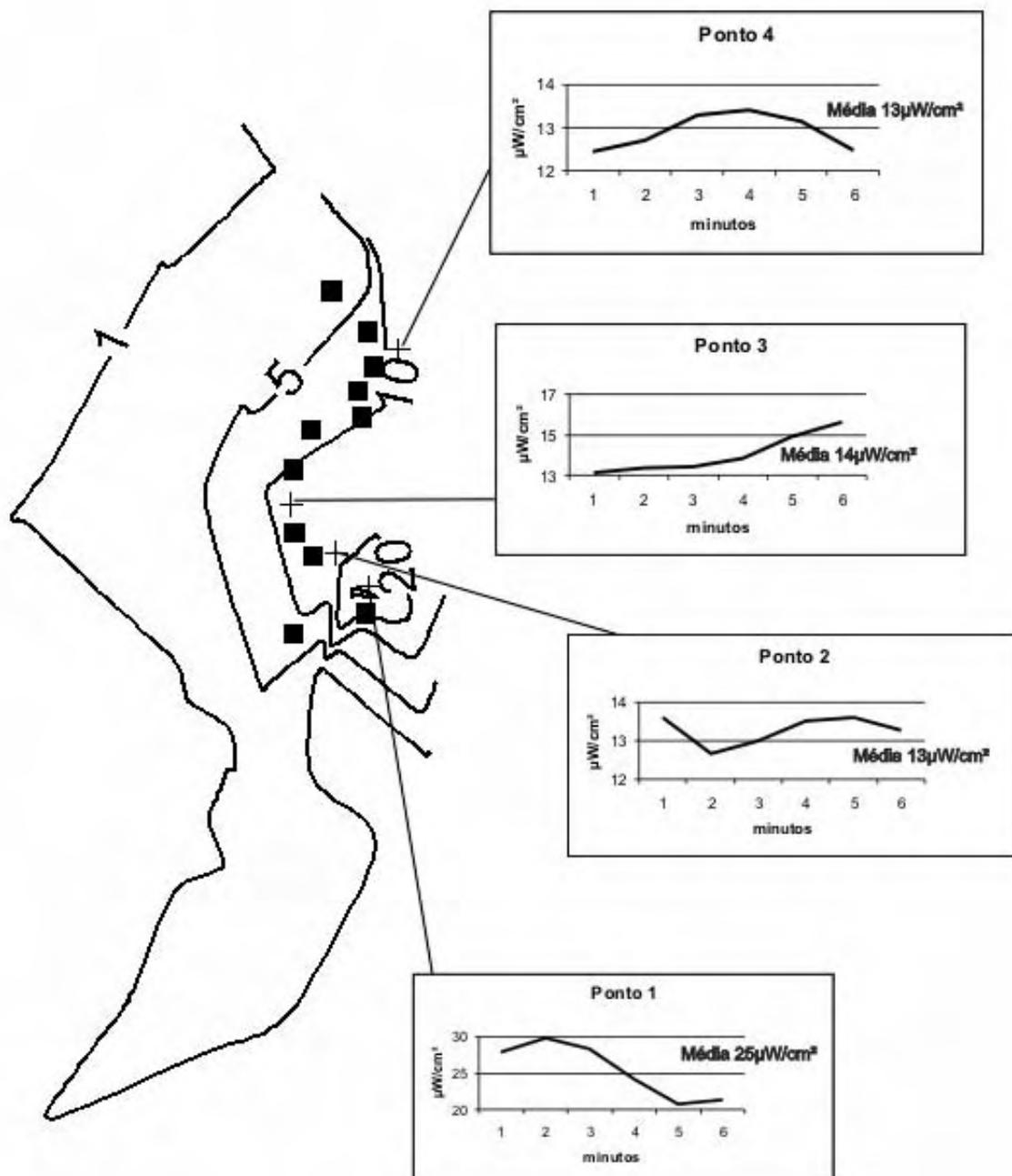
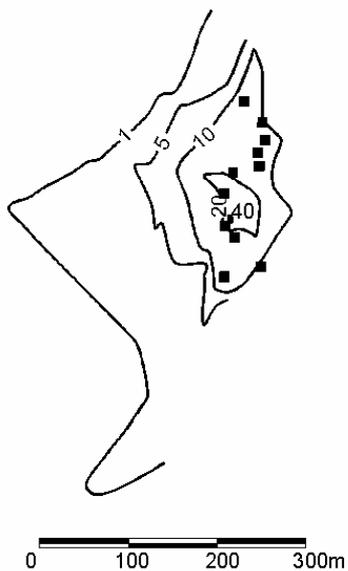


Fig. 35: Isolinhas do procedimento manual em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  e pontos 1 a 4 em que foram efetuadas medições médias de seis minutos.

#### 4.3.4.4 Análise comparativa dos três procedimentos



##### Procedimento Automático

05/07/2007 - 09h48min às 10h31min

680 leituras no EMR

480 pontos no GPS



##### Procedimento Semi-automático

19/07/2007 – 15h22min às 16h10min

721 leituras com o EMR

55 pontos no GPS



##### Procedimento Manual

19/09/2007 – 10h31min às 11h42min

56 leituras com o EMR

56 pontos no GPS

Fig. 36: Comparação dos procedimentos para varredura (isolinhas em  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ).

Conforme apresentado em 2.3.1, a proposta de mapeamento deste trabalho se desenvolve em três etapas: varredura, medição e monitoramento.

Para a etapa de varredura, em que se pretendeu verificar de forma expedita como se distribui a radiação na área de estudo, foram testados os três procedimentos mostrados resumidamente na fig. 36.

Os três procedimentos executados em datas e horários diferentes, mostraram a distribuição da radiação na área de forma semelhante: radiação muito intensa nas proximidades das torres, que suportam as antenas emisoras, sendo numa pequena área superior a  $20\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , caindo rapidamente a medida que se afasta das fontes. Ressalta-se que a geometria das isolinhas se apresentou também bastante parecida, mostrando um alongamento na direção norte-sul e uma protuberância na direção leste-oeste.

Como a finalidade da varredura foi amostrar a distribuição de radiação para planejar a medição propriamente dita, os três procedimentos se mostraram adequados a esse objetivo, cabendo avaliar as vantagens e desvantagens de cada um.

No procedimento automático, foi feito um deslocamento com o instrumento, durante a medição. Isso pode acarretar um erro de leitura devido às possíveis cargas estáticas presentes na sonda. Se esse deslocamento é muito rápido, o acréscimo na leitura pode ser da ordem de alguns V/m, o que pode representar erro significativo. Portanto, o deslocamento deve ser feito em baixa velocidade (NARDA, 2001).

Outra dificuldade é que apesar do EMR fornecer os horários das medições em hora – minuto – segundo, o acerto do relógio é feito em hora e minuto. Logo, para sincronismo do aparelho com o GPS, deve-se esperar um instante com zero segundos para fazer o acerto. Entretanto, como essa ação leva alguns segundos, acaba gerando uma pequena defasagem entre os relógios dos dois instrumentos. Como o deslocamento a pé é em torno de 1 m/s, cada segundo de erro representa 1 m de erro de posicionamento. Sendo o erro do GPS da ordem de 5 m, esse pequeno erro pode ser desconsiderado.

O modelo de GPS utilizado não apresenta a opção de regulação do período de aquisição dos “trackpoints”, fazendo a operação de forma automática. Assim para obtermos as coordenadas dos pontos de leitura do EMR, foi necessária uma operação de interpolação linear no Excel. Tal operação é bastante trabalhosa, o que poderia ser minimizado, por exemplo, com o emprego de rotinas computacionais em softwares como o Malab. Outra maneira seria a eliminação da necessidade da interpolação, com o uso de um GPS que permita a regulação do tempo de aquisição dos “trackpoints”. O modelo Garmin GPS Map 76CSx aceita até um segundo para essa operação. Com “trackpoints”, marcados a cada segundo, e leituras no EMR, a cada quatro segundos,

o trabalho de processamento dos dados seria o de eliminação dos trackpoints adquiridos fora dos instantes das leituras de radiação.

Outra limitação do procedimento automático é a necessidade de um deslocamento contínuo, o que exige que existam trilhas ou estradas na região estudada.

Uma vantagem dos procedimentos automático e semi-automático, que mede a intensidade da radiação em grande quantidade de pontos, é sua utilização em regiões com “pontos quentes”, definidos pela ANATEL como aqueles locais em que existem reflexões e distribuições não uniformes de campos (ANATEL, 2002).

O procedimento semi-automático amostra um grande número de pontos e evita o erro de sincronismo dos relógios dos dois instrumentos, mas exige também a interpolação.

Como vantagens do procedimento manual, pôde ser verificada sua melhor aplicabilidade em regiões de difícil acesso, a possibilidade de se obter coordenadas mais precisas dos pontos e um pós-processamento mais fácil. Entretanto, nos “pontos quentes” pode deixar de amostrar valores importantes de densidade de potência.

#### **4.3.4.5 Varredura completa da área de estudo**

Conforme descrito em 4.3.2, a etapa seguinte foi a varredura em toda a área de estudo para avaliar como se distribui a radiação.

Nas proximidades das torres por haver muitas variações nos campos eletromagnéticos, adotou-se o procedimento semi-automático. Tal escolha se deu pela facilidade de deslocamento contínuo em trilhas existentes e por não necessitar do sincronismo entre os relógios do GPS e do EMR. O relacionamento entre as leituras de intensidade e as coordenadas dos pontos foi feito através da anotação em planilha no instante da medição.

Nas demais regiões, no interior e periferia da área de estudo, por não ser viável um deslocamento contínuo, foi utilizado o procedimento manual.

Nos dias 24, 25 e 26 de setembro de 2007, entre 9h e 18h, foram amostrados um total de 851 pontos, procurando cobrir todo o interior e periferia, conforme mostrado na fig. 37.

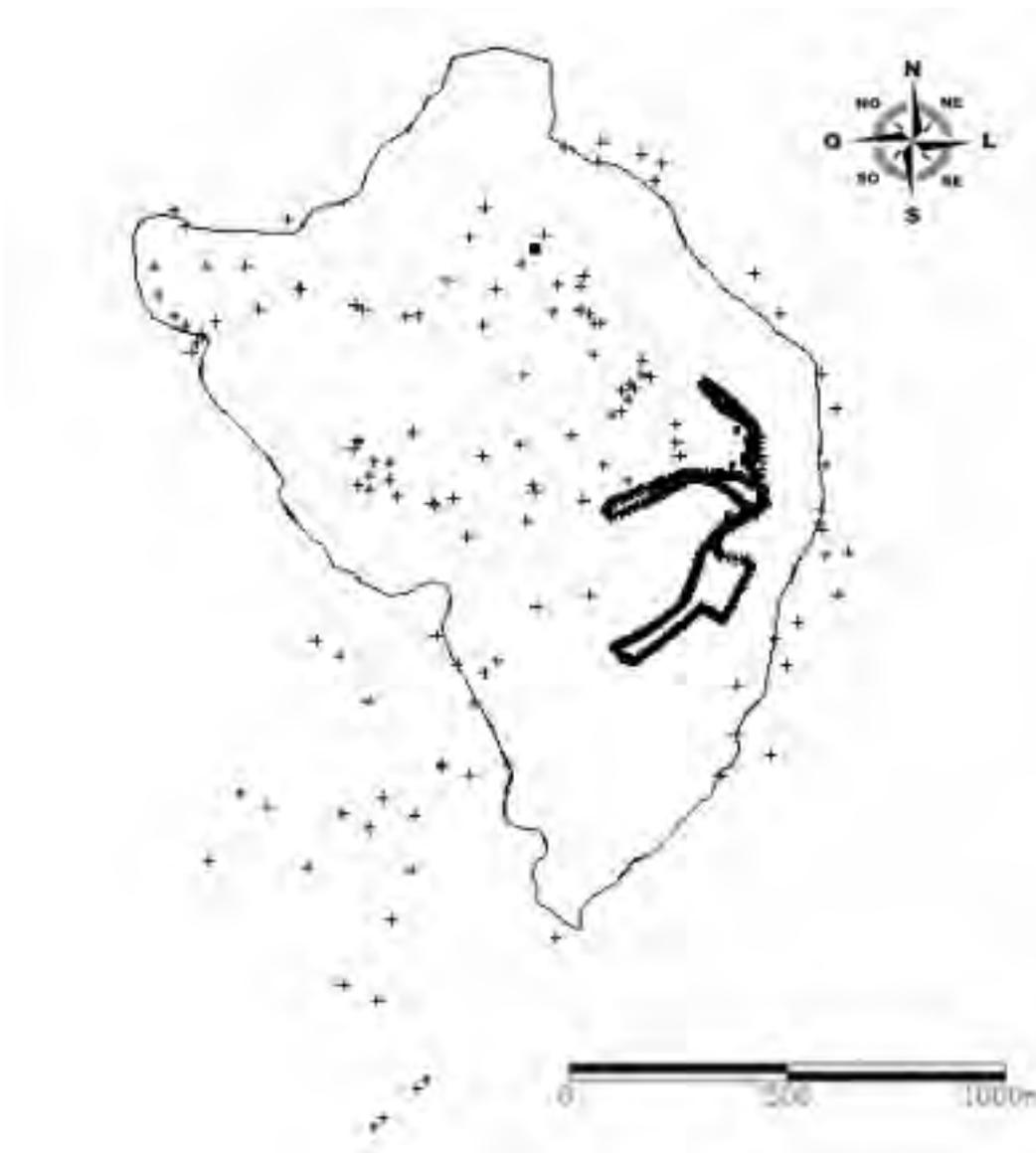


Fig.37: Pontos amostrados na varredura total da área de estudo.

As isolinhas traçadas com o software TopoCal e lançadas sobre a base cartográfica no Autodesk Map, apresentaram distribuição conforme a fig. 38. Analisando a fig. 38, pudemos verificar que as densidades de potência na área de estudo variaram de menos de  $0,2\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , na periferia, até pequenos focos com  $20\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , na proximidade das torres que suportam as antenas.

Ressaltamos que a torre assinalada com a letra (A) não contribuiu para aumento da densidade de potência em seu entorno por se tratar de uma estrutura típica de rádio-enlace (fig.39), usada para comunicação ponto a ponto, com o envio de um feixe concentrado de microondas a outra estrutura semelhante posicionada a quilômetros de distância. Esse sistema trabalha em frequências da ordem de alguns GHz e não tem o objetivo de difusão de sinais (TUDE, 2004).

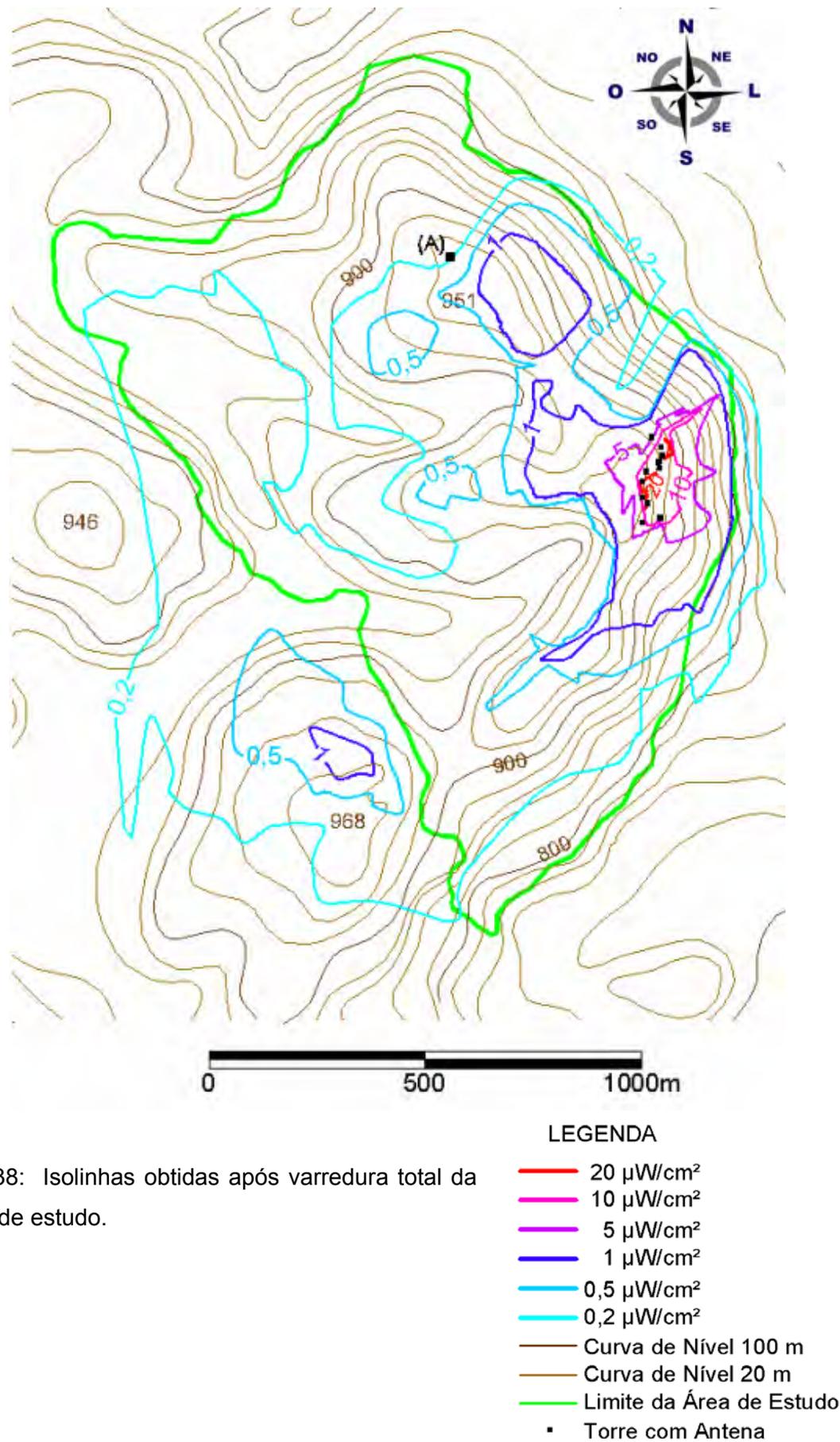




Fig. 39: Estrutura (A), típica de rádio-enlace, utilizada em comunicação ponto a ponto.

#### 4.3.5 Medição e monitoramento

Uma vez definido o perfil de distribuição das REM na área de estudo pelos procedimentos descritos nos itens anteriores, passou-se a etapa seguinte que foi o mapeamento mais preciso.

Observando a fig. 38, foi verificado que as zonas de maior intensidade estão localizadas no entorno das torres e nas porções mais altas, localizando-se ao longo de cristas e nos topos de morros, com um ligeiro deslocamento em relação ao leste, que é a direção do centro urbano e para onde aponta o “tilt” ou ângulo de inclinação vertical das antenas.

Esta distribuição justifica-se pelo modo típico de irradiação de antenas, que é em forma de lóbulos com direção tendendo à horizontalidade. Assim as partes mais altas são interceptadas pelos lóbulos de irradiação mais intensos, enquanto que os vales são protegidos pelo próprio terreno.

Observando esses locais mais atingidos, pode-se prever um número menor de pontos que bem expressem as variações de densidade de potência.

A fim de reduzir o erro de posicionamento geográfico, os pontos foram escolhidos na imagem com base em referências facilmente identificáveis no local. O fato de a foto aérea ser de alta resolução e as características da região permitiram

assim a dispensa do uso do GPS para a localização dos pontos de medição, eliminando o erro inerente ao uso do instrumento.

Na medição adotou-se a média de valores RMS em seis minutos, que é o procedimento recomendado pela ANATEL (ANATEL, 2002).

Foram seleccionados 28 pontos amostrais, conforme a fig.40.

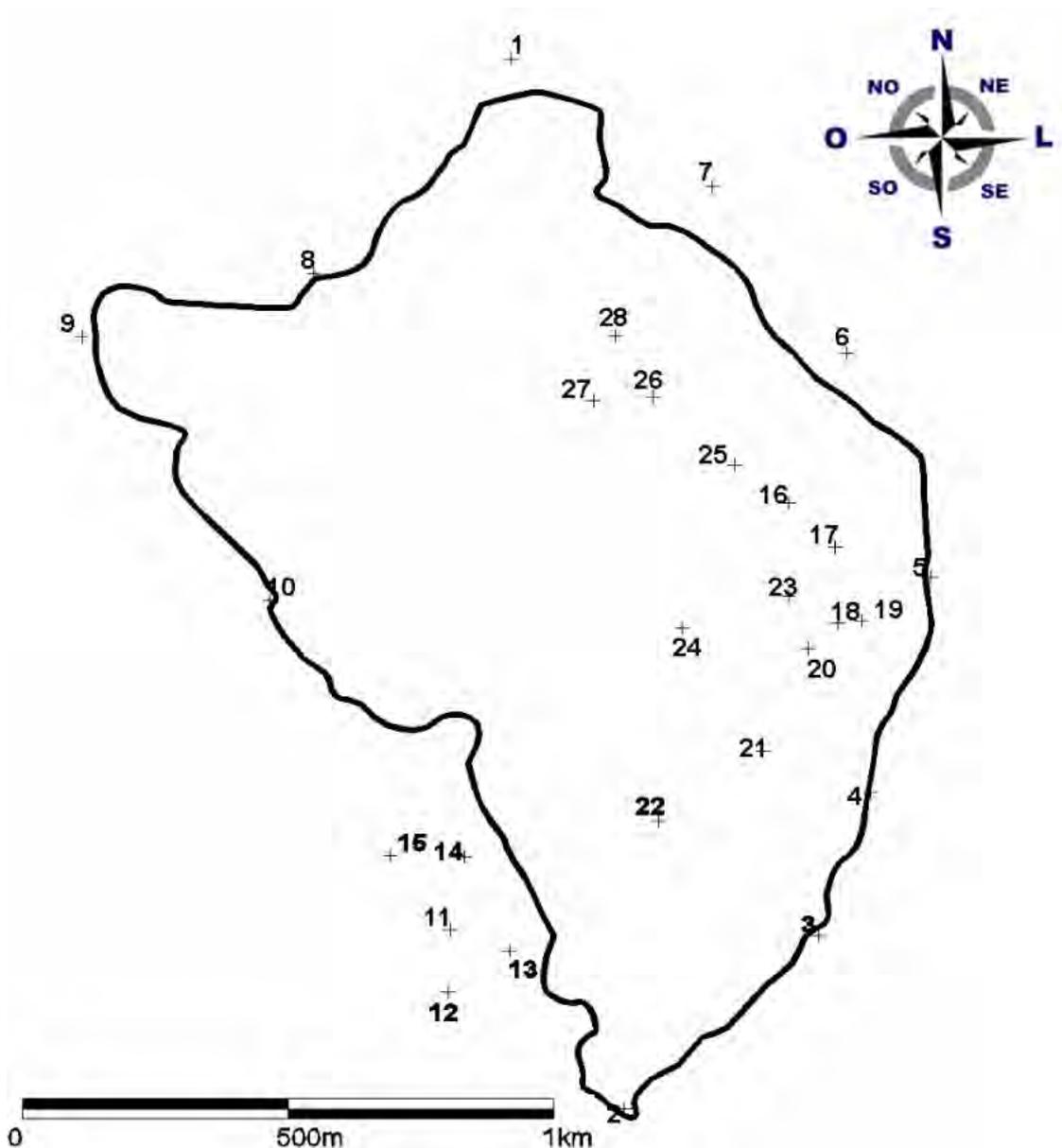


Fig. 40: Pontos amostrais escolhidos para a medição.

Em 12 de fevereiro de 2008, entre 08h40min e 17h foram amostradas as radiações nos pontos escolhidos. Após traçadas as isolinhas, o mapa de radiação apresentou-se conforme a fig. 41.

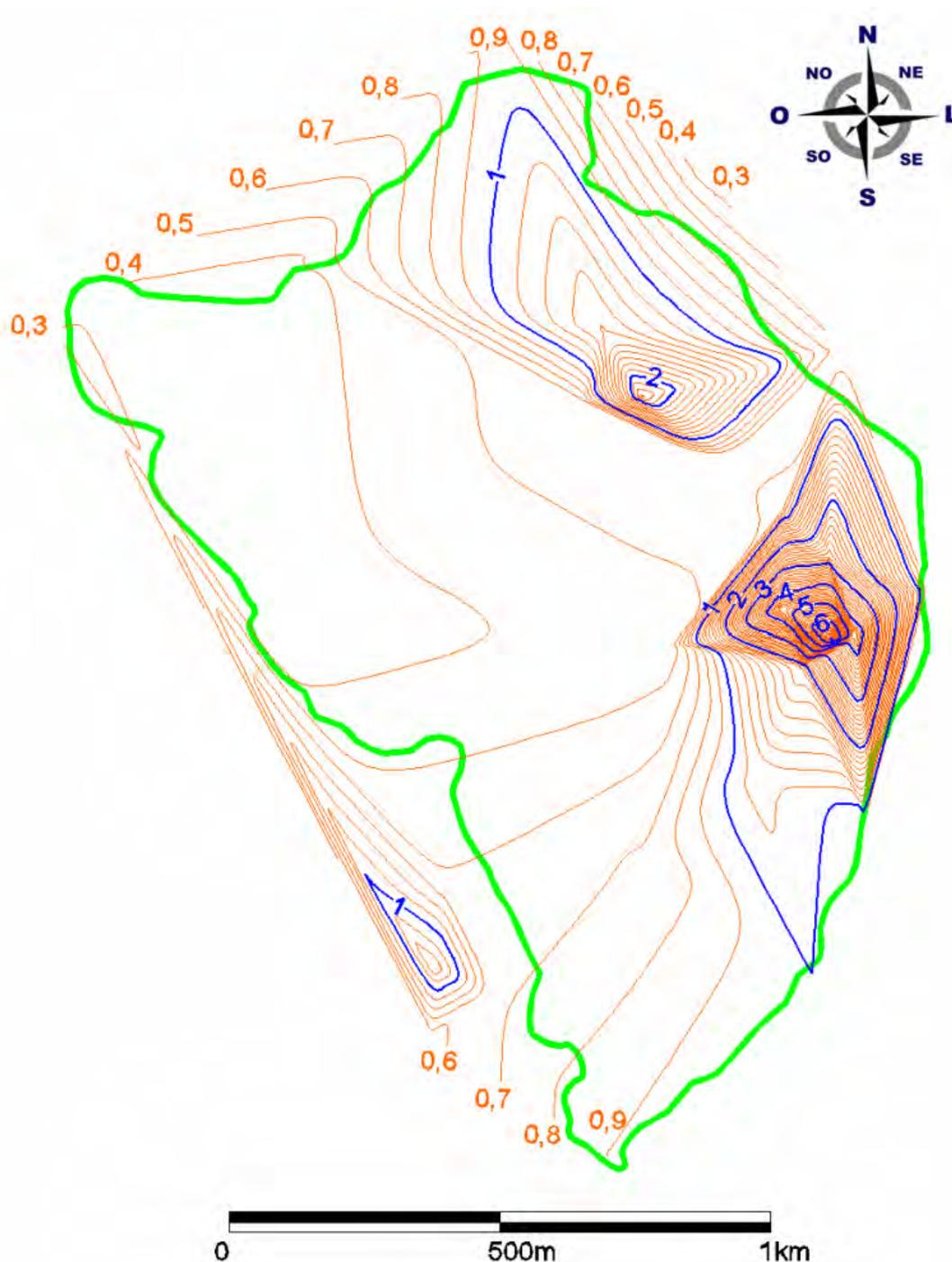


Fig. 41: Mapa de Radiações Eletromagnéticas na área estudada em 12 de fevereiro de 2008

#### LEGENDA

- Limite da Área de Estudo
- Isolinha 0,1µW/cm<sup>2</sup>
- Isolinha 1µW/cm<sup>2</sup>

Comparando a fig. 38, que exhibe a distribuição de radiação em setembro de 2007, obtida pelos procedimentos de varredura da área de estudo com a fig.41, que mostra o mapa obtido em medição mais acurada em fevereiro de 2008, podemos observar formas semelhantes nas manchas de densidades de potência. Entretanto, os

valores na periferia sofreram um aumento, passando de cerca de  $0,2\mu\text{W}/\text{cm}^2$  para até  $0,9\mu\text{W}/\text{cm}^2$  e também uma redução nas intensidades próximas às torres.

As variações podem ser explicadas por uma possível reestruturação nas quantidades, potências e direção de emissão das antenas. Isso mostra a necessidade de monitoramentos periódicos.

Uma vez determinados os locais de amostragem a partir da varredura em toda a área, torna-se bem mais simples o mapeamento. Portanto, serão importantes as medições regulares nos mesmos pontos e o traçado de mapas que mostrem a evolução da distribuição de radiações na UC.

#### **4.4 Conclusões**

O trabalho se propôs a utilizar ferramentas de geoprocessamento para mapeamento das radiações eletromagnéticas numa Unidade de Conservação da Natureza.

Para o traçado do mapa, mostrou-se importante uma varredura prévia a fim de conhecer a distribuição das intensidades na área.

Dependendo das facilidades de acesso na região e do equipamento disponível, pôde se escolher entre três procedimentos para varredura: automático, semi-automático ou manual, ou mesmo uma combinação deles.

As radiações se mostraram mais intensas nas proximidades das fontes emissoras e nos topos e cristas de morro, apresentando valores bem menores nos vales e regiões mais afastadas.

Uma vez determinada a distribuição da radiação, foram escolhidos pontos amostrais em menor número e facilmente identificáveis no terreno. Nesses pontos foram realizadas medições mais precisas em médias de seis minutos, que permitiram o traçado mais fiel e mais rápido do mapa de densidades de potência.

Os softwares, equipamentos e metodologia utilizados se mostraram adequados para o objetivo pretendido.

Traçado o mapa, concluiu-se que devem ser feitas medições periódicas nos mesmos pontos a fim de monitorar a evolução da radiação com o tempo.

## Capítulo 5

### Análise Técnica e Jurídica

#### 5.1 Análise técnica

Nesta dissertação procurou-se avaliar a questão das radiações eletromagnéticas em unidades de conservação da natureza, que são espaços territoriais com características naturais relevantes e protegidos por legislação específica.

O foco do trabalho foram as emissões dos sistemas de telecomunicações, nas faixas de radiofrequências, compreendida entre 100kHz, e 300MHz e microondas, entre 300MHz e 300GHz.

A preferência pelas faixas mencionadas se deu pelo fato de que as baixas frequências emitidas pelos sistemas de potência de energia elétrica, no Brasil 60Hz, já têm seu campo de ação demarcado pelo próprio trajeto das linhas de transmissão. Já os equipamentos de difusão de telecomunicações têm por objetivo cobrir a maior área possível, procurando atingir um grande número de usuários. Essa radiação invisível, com efeitos e alcance pouco conhecidos, é a que gera maior preocupação em sua possível ação sobre os organismos vivos.

Na pesquisa desenvolvida no Capítulo 3, verificou-se que 43% das UCs federais brasileiras consultadas declararam a existência de antenas emisoras de telecomunicações no seu interior ou entorno, o que mostra a pertinência do trabalho. Esse número pode ser considerado elevado em função do objetivo maior de uma área natural protegida, que é o de preservação dos ecossistemas.

As radiações eletromagnéticas exercem efeitos sobre os seres vivos, que podem ser classificados em térmicos e atérmicos. Os efeitos não térmicos ainda são muito discutidos apesar, de grande número de pesquisas científicas, conforme discutido no Capítulo 2, terem detectado sua ocorrência.

Com o crescente aumento de tecnologias de telecomunicações, sejam elas voltadas para áudio, imagem ou dados, a diversidade de ondas eletromagnéticas que passou a ocupar o meio ambiente tem sido chamada de “poluição eletromagnética” ou “electrosmog” nos países de língua inglesa.

Enquanto que outras formas de poluição podem ser perceptíveis e muitas vezes seus efeitos sobre os seres vivos são imediatos, a poluição eletromagnética é intangível, podendo gerar efeitos a longo prazo. Esse é um dos motivos por que gera tantas preocupações e debates. Há notícias na imprensa classificando como fobias coletivas a preocupação com determinada forma de radiação (INFOABRIL, 2006).

Para dar visibilidade a esse tipo de poluição, bem como classificar suas intensidades e locais de ocorrência, foi desenvolvido no Capítulo 4 um método de mapeamento utilizando técnicas de geoprocessamento.

Os sistemas de informações geográficas são muito utilizados em gestão de unidades de conservação. O zoneamento é um dos instrumentos do plano de manejo, documento previsto em lei, que orienta todos os procedimentos técnicos e administrativos na unidade.

O mapa de intensidades de radiação poderá ser mais um plano de informação a ser anexado ao planejamento da unidade, fornecendo aos gestores suporte à decisão e direcionamento de pesquisas, permitindo uma observação dos ecossistemas embasada nos níveis de ondas eletromagnéticas presentes em cada local.

A área piloto escolhida para o estudo localiza-se no perímetro urbano de Juiz de Fora, é protegida por legislação municipal, possui remanescentes de Mata Atlântica e um número expressivo de antenas em seu interior.

No Capítulo 3, pôde ser verificado que 10% das UCs estão total ou parcialmente em zona urbana e 31% a menos de 2km. Portanto, 41% das unidades podem estar sofrendo também influência de radiações dirigidas ao espaço urbano.

A escolha da área piloto se mostrou adequada para representar uma UC, não só pela proximidade com o perímetro urbano, mas também pela diversidade de tipos de antenas existentes: telefonia celular, TV, rádio FM, MMDS e serviços privados de telecomunicações.

Uma vez feito o mapeamento da área piloto, verificou-se que as maiores intensidades de radiação estavam no entorno próximo das antenas, com picos na ordem de  $40\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , ocorrendo também algumas áreas com níveis de 1 e  $2\mu\text{W}/\text{cm}^2$  em distâncias inferiores a 2km em topos de morros.

A distribuição observada da radiação foi compatível com a equação (2) da pág. 76, a qual mostra que a variação da densidade de potência é inversamente

proporcional ao quadrado da distância da antena. Assim, a intensidade da radiação apesar de muito intensa na proximidade da fonte, cai bruscamente quando se afasta dela.

O fato de ocorrerem zonas de maior intensidade nos topos de morros, pode ser explicado pelo direcionamento das antenas, que para alcançarem distâncias maiores formam um pequeno ângulo com a horizontal, também chamado de “tilt”. Assim, nos vales a intensidade é menor, constituindo áreas de sombreamento de radiação.

Uma vez feito o mapeamento, o resultado deve ser analisado com vista a possíveis conseqüências para o ecossistema local. No Capítulo 2, foram analisadas 140 pesquisas científicas que verificaram efeitos sobre organismos. Esses trabalhos foram selecionados entre os mais citados em publicações, aqueles que forneciam os parâmetros de densidade de potência sob os quais o experimento foi realizado, estudos mais recentes e também entre aqueles voltados para elementos dos ecossistemas como plantas e animais.

Para facilitar a análise e interpretação dos resultados, os dados dos experimentos, foram plotados num gráfico, o qual mostrou que a maioria das pesquisas encontrou efeitos em altas densidades de potências, as quais já são proibidas pela legislação.

Entretanto, diversos estudos verificaram efeitos em densidades de potência inferiores aos níveis permitidos pelas normas da ANATEL.

A fim de avaliar possíveis efeitos para os ecossistemas e com base na sistemática de análise de riscos ambientais, propusemos uma classificação de riscos em cinco níveis:

- Baixíssimo risco: até  $0,1\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- Baixo risco:  $0,1$  a  $1\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- Médio risco:  $1$  a  $10\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- Alto risco:  $10$  a  $100\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- Altíssimo risco:  $100$  a  $1000\mu\text{W}/\text{cm}^2$

Portanto, analisando mais uma vez o mapa obtido no Capítulo 4, na pág.92, pudemos verificar que a maior parte da área estudada está classificada como de baixo risco. Entretanto, não ocorreu nenhuma zona de baixíssimo risco. Zonas de médio risco puderam ser observadas em topos de morro e no entorno das antenas.

## 5.2 Análise jurídica

A Lei Federal 6938, promulgada em 1981 e também conhecida como Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, dispõe (LEI 6938, 1981):

*Art. 10 - A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis.*

A possibilidade de efeitos das ondas eletromagnéticas sobre organismos é reconhecida internacionalmente. A discussão é apenas quanto aos níveis ou intensidades que poderiam causar prejuízos. Portanto, uma torre de telecomunicações é um equipamento potencialmente poluidor e precisa de licenciamento ambiental. Além disso, a própria instalação física da antena gera outros tipos de impactos como remoção de vegetação, movimentação de terra, poluição visual e sonora.

Outro debate é quanto à competência de licenciar esse tipo de instalação, que seria apenas da ANATEL, a agência governamental reguladora do setor. Entretanto, aquele órgão não é integrante do SISNAMA e nem competente para o licenciamento ambiental, conforme disposto no mesmo Art. 10 da Lei 6938. O texto legal destaca ainda que o licenciamento ambiental é diferente de “*outras licenças exigíveis*”, nas quais se encaixa a responsabilidade da ANATEL.

Cabe ressaltar também que a única norma emanada da ANATEL sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, é a resolução nº 303 de julho de 2002. Essa norma, conforme seu Art. 1º, estabelece limite apenas para exposição humana. No presente trabalho, a tabela 3 na pág.40, bem demonstra que cada organismo tem um tipo de interação com as radiações. Portanto, uma norma voltada apenas para seres humanos não garante proteção a todo um ecossistema. Assim, existe também um vácuo legal no regulamento da ANATEL.

Muito evocado em debates sobre a permissão para instalação de serviços de telecomunicações por radiofrequência em determinados locais é o “princípio da precaução”.

Em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que ficou mais conhecida

pelos nomes de Eco 92 ou Rio 92, com a representação de 178 países que aprovaram oficialmente os seguintes documentos (MMA, 2008):

Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento;  
Convenção sobre Mudanças Climáticas;  
Declaração de Princípios sobre Florestas;  
Convenção da Biodiversidade;  
Agenda 21.

A aprovação da Declaração do Rio foi pautada por grandes divergências entre os países desenvolvidos e os demais. Paralelamente, 4000 organizações não governamentais reunidas no Fórum Global, preferiram aprovar um documento própria denominada Carta da Terra, considerada mais enfática que a Declaração do Rio em relação aos problemas ambientais (BARBIERI, 2005).

O texto da Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, contém 27 Princípios. O Princípio de número 15 é o chamado “Princípio da Precaução” e tem a seguinte redação:

*Com o fim de proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deverá ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental (MMA, 2008).*

A citação sobre a incerteza científica é um dos motivos que leva a constante menção do Princípio 15 nos debates sobre radiação eletromagnética. O desconhecimento dos mecanismos de ação da radiação tem sido o principal argumento dos defensores da presença das antenas.

Entretanto, a aplicação jurídica é controvertida. A OMC – Organização Mundial do Comércio –, já declarou que o princípio da precaução não encontrou ainda uma formulação respeitável e que seria imprudente tomar partido contra ou a favor de sua aplicação. Aproxima-se da posição dos Estados Unidos e do Canadá, para os quais o Princípio da Precaução não faz parte do direito internacional público e constitui não mais do que uma orientação para os poderes públicos (DALLARI *et al.*, 2002)

Já na Europa, o Princípio da Precaução, que já havia sido consagrado pelo artigo 174-2 do Tratado de Amsterdã, alargou-se progressivamente ao domínio da saúde e consolidou-se como verdadeira norma jurídica européia, incorporada também às regras sobre alimentação (UNIÃO EUROPÉIA, 2008).

No Brasil, o Princípio da Precaução vem sendo paulatinamente aplicado, já tendo exemplos como as primeiras determinações judiciais da suspensão do cultivo

em escala comercial da soja *round up ready* e da comercialização de sementes de soja geneticamente modificadas (DALLARI *et al.*, 2002).

No mesmo sentido, a conclusão nº 13 da Carta de São Paulo – 2002, documento elaborado por ocasião do 6º Congresso Internacional de Direito Ambiental:

*13. A falta de consenso científico sobre a periculosidade ou danosidade de uma atividade ou empreendimento basta para fundamentar a atuação preventiva pró-ambiente, sob bases de precaução do Estado, em especial do órgão licenciador, do Ministério Público e do Poder Judiciário (BENJAMIN, 2003).*

Entre os ambientalistas, a denominação do princípio não é unânime, havendo aqueles que preferem designá-lo de Princípio da Prudência, da Cautela ou Princípio da Prevenção, embora todos concordem com o seu conteúdo. Em caso de certeza do dano, deve-se agir prevenindo e em caso de dúvida – incerteza quanto ao potencial danoso da atividade -, também é de rigor a atuação preventiva, pois *in dúbio pro securitate* (SAMPAIO, 2004).

A mesma Lei 6938, da Política Nacional do Meio Ambiente, também dispõe (LEI 6938, 1981):

*Art. 8º Compete ao CONAMA:*

*I - estabelecer, mediante proposta do IBAMA, normas e critérios para o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, a ser concedido pelos Estados e supervisionado pelo IBAMA;*

Atendendo a determinação legal, o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, em 1997 emitiu a Resolução nº 237, que em seu anexo 1 relaciona as atividades sujeitas ao licenciamento ambiental. Mas não consta entre as elencadas, nenhuma obra, estrutura ou instalação de telecomunicações. Entretanto, no Art. 2º da Resolução 237 temos (CONAMA, 1997):

*§ 2º - Caberá ao órgão ambiental competente definir os critérios de exigibilidade, o detalhamento e a complementação do Anexo 1, levando em consideração as especificidades, os riscos ambientais, o porte e outras características do empreendimento ou atividade.*

E ainda, a mesma resolução estabelece:

*Art. 4º - Compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, órgão executor do SISNAMA, o licenciamento ambiental, a que se refere o artigo 10 da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, a saber:*

*I - localizadas ou desenvolvidas conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; no mar territorial; na plataforma continental; na zona econômica exclusiva; em terras indígenas ou em unidades de conservação do domínio da União.*

*II - localizadas ou desenvolvidas em dois ou mais Estados;*

*III - cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais do País ou de um ou mais Estados;*

É comum utilizar-se o argumento de que torres de telecomunicações não são licenciáveis por serem empreendimentos de baixo impacto, tendo inclusive sido mencionado em respostas ao questionário, cuja aplicação foi descrita no Capítulo 3 desta dissertação. O Art. 4º da Resolução CONAMA 237 supra contribui para essa afirmação, porque produz dúbia interpretação. No caput afirma que compete ao órgão federal o licenciamento apenas das atividades de significativo impacto, delegando aos estados e municípios as demais. No inciso I, quando detalha a competência do IBAMA, descreve as atividades desenvolvidas em unidades de conservação do domínio da União.

Aí se estabelece uma confusão sobre a responsabilidade pelo licenciamento de uma atividade de baixo impacto ocorrida numa UC federal. Principalmente numa UC, por seus objetivos preservacionistas, todos os tipos de atividades, independente de seu porte poluidor, devem ser licenciadas.

Há certo consenso de que toda atividade, qualquer que seja seu grau de impacto, incidente sobre unidade de conservação federal, deve ser licenciada pelo IBAMA. Essa conclusão é expressa por exemplo no “Acordo de Cooperação para a Gestão Ambiental Compartilhada”, celebrado pelo IBAMA e a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Minas Gerais em 2004 (IBAMA, 2004).

Outra interpretação seria a de que atividades de baixo impacto em UCs federais seriam licenciadas pelo órgão estadual mediante anuência do IBAMA. No caso de omissão do Estado, o IBAMA poderia atuar de três maneiras: compelindo o empreendedor ao licenciamento mediante seu poder de polícia, simplesmente proibindo a atividade por ser em área de domínio da União ou ainda promovendo o licenciamento através da competência supletiva prevista no Art. 10º da Lei 6938 (LEI 6938, 1981).

Quando em zona de amortecimento, a segunda alternativa anteriormente descrita não seria possível por não ser terreno de propriedade federal, entretanto as duas outras possibilidades seriam válidas. A omissão do Estado, no caso das antenas, poderia ocorrer simplesmente por falta de exigibilidade do licenciamento prevista em

legislação estadual, uma vez que o CONAMA não o obriga. Assim restaria ao IBAMA apenas o licenciamento em caráter supletivo.

A Lei 6938, quando instituiu o SISNAMA, delegou também aos Municípios atividades de controle e fiscalização, podendo o mesmo elaborar normas e padrões relacionados com o meio ambiente, conforme explicitado no Art. 6º § 2º. Assim, é dada aos Municípios a chamada competência residual, ou seja, legisla e fiscaliza nas atividades não atribuídas aos Estados e à União.

As observações anteriores, bem como o fato das instalações destinadas às telecomunicações não estarem listadas entre as atividades de licenciamento obrigatório do Anexo I da Resolução 237, poderiam ser pacificados através de um ato normativo do IBAMA, com base no Art. 2º, § 2º que atribui ao órgão responsável pelo licenciamento a definição dos critérios de exigibilidade, o detalhamento e complementação do Anexo I. Esse ato, que poderia ser por exemplo uma portaria ou instrução normativa, disciplinaria a obrigatoriedade do licenciamento de antenas no interior ou entorno de UCs federais.

Foi com base na Lei 6938, que diversos estados e municípios emitiram legislações próprias para o licenciamento ambiental de antenas em seus domínios e competências. Como exemplo podem ser citadas a Resolução Nº 2494 do Conselho Estadual de Meio Ambiente da Bahia e a Deliberação Normativa 09/2002 do Conselho Municipal de Meio Ambiente de Juiz de Fora (CEPRAM, 2000; COMDEMA, 2002).

Ainda sobre o fato do porte poluidor das estruturas emissoras de radiação eletromagnética ser possivelmente de baixo impacto, um bom encaminhamento é a simplificação dos procedimentos de licenciamento. Ou seja, em nenhum momento a resolução CONAMA 237 dispensa a licença para empreendimentos de baixo impacto, mas abre caminho para a simplificação dos ritos, conforme disposto no Art. 12.

Um exemplo de simplificação foi introduzido em Minas Gerais, pela Deliberação Normativa nº 74 do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, que criou a figura da “autorização de funcionamento” para empreendimentos e atividades considerados de impacto ambiental não significativos (COPAM, 2004).

Outro exemplo é a Deliberação Normativa nº 14/2003, do Conselho Municipal de Meio Ambiente de Juiz de Fora, Minas Gerais, que dispõe normas para licenciamento ambiental simplificado de atividades com impacto ambiental de baixa magnitude (COMDEMA, 2003).

É comum também o questionamento do Art. 36 da Lei do SNUC, o qual determina que todos os empreendimentos de significativo impacto ambiental destinem 0,5% dos custos totais previstos para implantação ou manutenção de unidade de conservação. O §3º do Art. 36 se refere a empreendimentos que afetem diretamente

uma UC ou sua zona de amortecimento, quando obrigatoriamente o órgão gestor deverá autorizar. Assim também muitos concluem que o órgão gestor só deve se manifestar em obras de significativo impacto. Entretanto, a interpretação do parágrafo 3º deve ser sistemática, de forma a compatibilizá-la com os demais dispositivos da lei (SNUC, 2000).

O parágrafo 3º do Art. 36 do SNUC reforça o inciso I do Art. 4º da resolução CONAMA 237, que atribui ao IBAMA o licenciamento de atividades em UCs de domínio da União.

O Art. 27, da mesma Lei do SNUC, também define que o Plano de Manejo deve abranger além da área da unidade, também sua zona de amortecimento e no Art. 28 que são proibidas nas unidades quaisquer alterações, atividades ou modalidades de utilização em desacordo com seus objetivos e seus regulamentos. No Art. 25 § 1º atribui ao órgão responsável pela administração da unidade o estabelecimento de normas específicas, regulamentando a ocupação e o uso dos recursos da zona de amortecimento.

Com base do Art. 28 do SNUC, dificilmente hoje, uma torre de telecomunicações seria edificada dentro de uma UC, uma vez que tal atividade não é condizente com os objetivos da unidade. Entretanto, muitas estruturas são anteriores a esse diploma legal. Mas a lei 6938/81 instituiu o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (Art.9º-IV). Portanto, a revisão se refere a obras pré-existentes (LEI 6938, 1981).

O Estado de Minas Gerais, por exemplo, criou a figura do licenciamento corretivo, destinado a empreendimentos implantados antes de março de 1981, data de vigência do Decreto Estadual 21.228, que regulamentou a Lei Estadual nº 7.772 sobre a proteção ao meio ambiente no estado (DECRETO 21228, 1981; LEI 7772, 1980).

O Decreto Federal 4340/2002 que regulamentou a Lei do SNUC, quando trata da compensação de 0,5% de empreendimentos de significativo impacto, ressalta que o órgão licenciador estabelecerá o grau de impacto a partir de estudos ambientais realizados no processo de licenciamento. Ou seja, só se conhecerá o grau de impacto a partir do licenciamento (DECRETO 4340, 2002).

A própria resolução 237 do CONAMA é explícita, no parágrafo único do Art.3º:

*O órgão ambiental competente, verificando que a atividade ou empreendimento não é potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente, definirá os estudos ambientais pertinentes ao respectivo processo de licenciamento.*

Do conjunto de legislações mencionadas, podemos deduzir que empreendimentos de telecomunicações, no interior ou na zona de amortecimento de unidades de conservação, deverão ser licenciados qualquer que seja seu porte ou nível poluidor, podendo ser esses procedimentos estabelecidos de forma simplificada. O processo de licenciamento deverá acontecer independente da cobrança dos 0,5% previstos como compensação ambiental.

Os órgãos licenciadores normalmente emitem termos de referência para balizar os estudos ambientais a serem desenvolvidos pelos empreendedores e apresentados para apreciação ao corpo técnico responsável pelo licenciamento.

O IBAMA, por exemplo, já emitiu dentre outros, termos de referências para as atividades de transporte de material radioativo, para pesquisa sísmica em águas profundas, para pesquisa com organismos geneticamente modificados (IBAMA, 2003, 2005, 2007).

Anteriormente sugerimos a emissão de um ato administrativo do IBAMA, portaria ou instrução normativa, com fulcro no Art. 2º, § 2º da Resolução CONAMA 237, tornando obrigatório o licenciamento de todas as torres de telecomunicações no interior e na zona de amortecimento de UCs federais. Tal instrumento poderia determinar também que o respectivo termo de referência estabeleça no mínimo a obrigatoriedade do mapeamento das intensidades de radiação na unidade e entorno, bem como monitoramentos e atualizações periódicas. Esse mapa passaria a compor o conjunto de documentos do plano de manejo e serviria para orientar os gestores quanto à observação do ecossistema nas regiões mais atingidas e a posteriori prever possíveis medidas mitigadoras.

Vale ressaltar que a princípio o objetivo do licenciamento não é impedir ou restringir a atividade, mas tornar conhecido pelos gestores os níveis de radiação a que suas unidades estão sujeitas.

O CONAMA já foi provocado para se manifestar sobre o assunto, no que se refere ao espaço urbano. Em 2001, a Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente – ANAMMA –, apresentou proposta de resolução, que incluía tabelas com limites máximos de emissão. Após 6 anos de tramitação, em 26 de junho de 2007, a Câmara Técnica de Controle e Qualidade Ambiental deliberou deixar a matéria em suspenso pelo seu grau de complexidade e porque não haveriam informações técnico-científicas consistentes para que se elabore de imediato uma resolução. O tema deverá retornar à pauta, se algum fato novo justificar outras discussões (CONAMA, 2001).

Segundo a ABRADCECEL - Associação Brasileira de Defesa dos Moradores e Usuários Intranqüilos com Equipamentos de Telecomunicações Celular -, que

participou ativamente dos trabalhos junto ao CONAMA, as operadoras de telefonia celular sabotaram o andamento dos trabalhos em torno de uma proposta própria que só atendia aos seus próprios interesses (ABREDECEL, 2002).

Utilizando a própria argumentação do parecer do CONAMA, se o assunto é insuficientemente conhecido, mas há indícios de prejuízos para organismos vivos, um bom encaminhamento é a busca de visibilidade para a questão.

## Capítulo 6

### Conclusão, Recomendações e Sugestões para Próximos Trabalhos

#### 6.1 Conclusão

Na pesquisa realizada com as unidades de conservação federais brasileiras, descrita no Capítulo 3, apesar da presença de estruturas emissoras de radiação ocorrer em 57% delas, apenas 8% declararam ter observado ou ter ouvido relato de alguma possível interferência sobre seres vivos.

Analisando que algumas das respostas se referiam a linhas de transmissão de energia e também o erro estatístico, podemos estimar que a verificação de fenômenos foi inexpressiva.

Se considerarmos a área de estudo utilizada para mapeamento de densidades de potência no Capítulo 4 como um modelo passível de ser empregado para representar o tipo de ocorrência de estruturas emissoras numa unidade de conservação, podemos estimar também que nas UCs estão ocorrendo distribuições semelhantes. Intensidades mais altas na proximidade das torres e algumas regiões nos pontos de maior altitude com médio risco.

Portanto, a maior probabilidade de ocorrência de eventos seria nas proximidades das antenas. Entretanto, esse local já é altamente antropizado pelas construções, vias de acesso, remoção da cobertura vegetal e presença regular de pessoas e veículos. Assim, a ocorrência da radiação seria apenas mais um fator dissimulado pelos demais e impossibilitando a observação sobre o ecossistema que já foi profundamente afetado.

As demais regiões com médio risco, localizadas em topos de morro, seriam de acesso mais difícil, o que também poderia ter dificultado qualquer observação. Por outro lado, na literatura estudada, possíveis efeitos ocorreriam com a

fauna. Principalmente aves poderiam ser mais suscetíveis. O mais esperado efeito seria uma redução da população de fauna nessas zonas de médio risco.

A região piloto estudada tem 164ha e a ocorrência das regiões de médio risco, com densidades de potência superiores a  $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  foi a menos de 2km das torres emissoras.

Observando a listagem do ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade –, responsável pela administração das unidades de conservação federais, temos desde o gigantesco Parque Nacional das Montanhas do Tumucumaque com quase 4 milhões de hectares até a pequena Floresta Nacional de Ritópolis em Minas Gerais, com 89ha. Nessa classificação não se levou em consideração pequenas ilhas oceânicas que também são Unidades de Conservação e têm superfícies próximas a 1 ha. (ICMBIO, 2008).

Do total das UCs federais, apenas 4% têm áreas inferiores a 200ha, sendo que mais de 75% têm áreas acima de 10.000ha.

Assim, considerando as unidades sob administração da União, zonas de médio risco que provavelmente ocorrerão a menos de 2 km das antenas, compreenderão uma parcela muito pequena do território total. O restante estará sob baixo e a maior parte sob baixíssimo risco. Esse também é um dos fatores que podem ter levado a tão poucos relatos de efeitos no questionário aplicado.

Entretanto, essa é uma avaliação preliminar que poderá ser mais conclusiva a partir do mapeamento de cada unidade de conservação e investigações diretas sobre o ecossistema nas zonas de maior densidade de potência.

## **6.2 Recomendações**

No desenvolvimento do texto desta dissertação, várias recomendações foram feitas para o enfrentamento da questão da radiação eletromagnética nas unidades de conservação da natureza, que agora serão resumidas e grupadas.

A interpretação legal de que os limites máximos para exposição humana, estabelecidos pela ANATEL, não podem ser utilizados como garantia de proteção dos ecossistemas uma vez que, conforme foi mostrado, a suscetibilidade de cada organismo é diferente de acordo com seu tamanho e constituição, pode fortalecer juridicamente os processos de licenciamento.

Foi verificado em pesquisas citadas no Capítulo 2, que a intensidade de radiação emitida pelos aparelhos de telefonia celular é da ordem de cem vezes maior que a poluição ambiental provocada pelas torres emissoras, a partir das médias distâncias. O uso do telefone celular é uma opção pessoal e a radiação por ele emitida

não pode ser considerada poluição ambiental como a das antenas que submete a tudo e a todos indistintamente (CABRAL e MÜHLEN, 2002; DODE e LEÃO, 2004; FRIEDMAN *et al.*, 2007; STANKIEWICZ *et al.*, 2006).

Apesar de não ser o foco deste trabalho, entendemos como recomendável, tornar-se obrigatório a divulgação ampla dos níveis irradiados em cada modelo de aparelho celular, de forma semelhante às tabelas de consumo de energia em eletrodomésticos, que são regularmente testados por órgãos governamentais e servem para orientar o consumidor na hora da compra.

Foi também demonstrado em 5.2 que a legislação sobre licenciamento ambiental atualmente existente, já delega ao IBAMA, poderes para emitir um ato administrativo, portaria ou instrução normativa, regulamentando o licenciamento ambiental de estruturas de telecomunicações no interior ou zona de amortecimento de unidades de conservação federais. Sugeriu-se que essa norma não tenha caráter proibitivo ou restritivo, uma vez que provavelmente será dirigida a instalações já existentes. Sobretudo deve propor um termo de referência voltado para a visibilidade, através do mapeamento e monitoramento, das intensidades de radiação nas UCs, que permitam um direcionamento de pesquisas e melhor observação do ecossistema local.

### **6.3 Sugestões para próximos trabalhos**

Deve ser ressaltado que este trabalho não é definitivo, mas pelo seu caráter desenvolvidor de metodologias de análise, deve ser precursor de outras pesquisas, voltadas sobretudo para a aplicação das ferramentas aqui propostas.

A utilização das técnicas e métodos descritos, como estudos de caso em unidades de conservação da natureza, poderá enriquecer as argumentações e aperfeiçoar os métodos, bem como trazer resultados práticos na gestão das áreas protegidas.

Outro trabalho também interessante que poderia surgir a partir das técnicas propostas, porém voltado para áreas urbanas, seria o mapeamento das intensidades de radiação em uma cidade. Os conflitos que surgem entre a população, o poder público e as empresas de telecomunicações, pelo receio das radiações, poderiam ser equacionados a partir do conhecimento dos níveis de densidade de potência presentes em cada região. A facilidade de deslocamento em áreas urbanas, maior que em unidades de conservação, permitem mais automatização e rapidez de resultados.

Um veículo equipado com um medidor de radiação e um GPS acoplados a um “notebook” percorreria as ruas armazenando os dados. O uso de softwares de geoprocessamento pode gerar, a baixo custo, um mapa da distribuição da radiação, que posteriormente será monitorada em alguns pontos de forma mais acurada.

Sugerimos também o estudo das distribuições dos campos e efeitos das linhas de transmissão de energia elétrica, muito presentes em UCs, conforme constatado no Capítulo 3. Têm características um pouco diferentes, das fontes de radiofrequências, pelo fato dos campos gerados pelas baixas frequências das instalações de potência elétrica serem mais restritos às vizinhanças das redes. Entretanto, seus efeitos podem ser também prejudiciais aos ecossistemas, principalmente devido à grande extensão ocupada pelas faixas de domínio das linhas.

As unidades de conservação que recebem radiações não ionizantes, podem se constituir num verdadeiro laboratório a céu aberto. A partir do mapeamento, as intensidades e localizações se tornarão conhecidas. Os gestores e pesquisadores poderão então encaminhar estudos científicos para verificação dos possíveis efeitos sobre o ecossistema.

## Referências Bibliográficas

ABDEL-RASSOUL, G., EL-FATEH, O., SALEM, M., et al., 2007, "Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone stations", *Neurotoxicology*, v.28, n.2, pp.434 - 440.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985, *NBR 5422, Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica*.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, *NBR 15415 - Métodos de medição e níveis de referência para exposição a campos elétricos e magnéticos na frequência de 50 Hz e 60 Hz*.

ABRAÇADO, L., 2003, *Material Magnético em Formiga Solenopsis substituta: um Estudo por Ressonância Ferromagnética (RFM)*, Dissertação de Mestrado, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, Brasil.

ABRADECEL - Associação Brasileira de Defesa dos Moradores e Usuários Intranqüilos com Equipamentos de Telecomunicações Celular, 2002, [www.abradecel.org.br](http://www.abradecel.org.br).

ADEI, W., "Tissue Interactions With Nonionizing Electromagnetics Fields", 1981, *Physiological Reviews*, v.61, n.2, pp.435-513

AGARWAL A., DESAI N., MAKKER K., et al., 2008, "Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study." *Fertility and sterility*, publicado em edição on-line de 22/09/2008.

ALBERT, E., 1977, "Light and electron microscopic observations on the blood-brain barrier after microwave irradiation", in: D.G.Hazzard, (ed), *Symposium on Biological Effects and Measurement of Radio Frequency Microwaves*, HEW Publication (FDA), Rockville, Maryland, USA.

ALBERT, E., 1979, "Reversibility of microwave induced blood-brain barrier permeability", *Radio Science*, v.14, p.323-327.

ALBERT, E., DESANTIS, M., 1975, "Do microwaves alter nervous system structure?", *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.247, pp.87-108.

ALBERT, E., DESANTIS, M., 1976, "Histological observations on central nervous system", in: C.C. Johnson e M.C. Shore, (eds.), *Biological Effects of Electromagnetic Waves*, v.1, HEW Publication (FDA) , Rockville, Maryland, USA.

ALBERT, E., SHERIF, M., PAPADOPULUS, N., et al., 1981, "Effect of nonionizing radiation on the Purkinje cells of the rat cerebellum", *Bioelectromagnetics*, v.2, pp.247-257.

ANATEL - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, 2002, *Resolução 303*, Brasil.

BALMORI, A., HALLBERG, Ö., 2007, "The Urban Decline of the House Sparrow (*Passer domesticus*): A Possible Link with Electromagnetic Radiation", *Electromagnetic Biology and Medicine*, v.26, n.2, pp.141-151.

BARANSKI, S., 1971, "Effect of chronic microwave irradiation on the blood forming system of guinea pigs and rabbits", *Aerospace Medicine*, V.42, n.11, pp.1196-1199.

BARANSKI, S., 1972, "Histological and histochemical effects of microwave irradiation on the central nervous system of rabbits and guinea pigs", *American Journal of Physiology* v.51, pp.182-190.

BARANSKI, S., EDELWEJN, Z., 1968, "Studies on the combined effects of microwaves and some drugs on bioelectric activity of the rabbit central nervous system", *Acta Physiologica Polonica*, v.19, pp.37-50.

BARANSKI, S., OSTROWSKI, K., STODOLNIK-BARANSKA, W., 1972, "Functional and morphological studies of the thyroid gland in animals exposed to microwave irradiation", *Acta Physiologica Polonica*, v.23, pp.1029-1039

BARBETTA, P., 2007, *Estatística aplicada às ciências sociais*, 7ª ed., Ed. UFSC, Florianópolis, Brasil.

BARBIERI, J., 2005, *Desenvolvimento e Meio Ambiente. As estratégias de mudanças da Agenda 21*, 7a.ed, Vozes, Petrópolis, Brasil.

BAWIN, S., GAVALAS-MEDICE, R., ADEY, W., 1973, "Effects of modulated very high frequency fields on specific brain rhythms in cats", *Brain Research*, v.58, pp.365-384.

BAWIN, S., KACZMAREK, L., ADEY, W., 1975, "Effects of modulated VHF fields on the central nervous system, *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.247, pp.74-81.

BAWIN, S., SHEPPARD, A., ADEY, W., "Possible mechanism of weak electromagnetic field coupling in brain tissue", *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, v.5, pp.67-76.

BBC, 2004, "Phone masts 'confusing' pigeons", [www.bbc.co.uk](http://www.bbc.co.uk), 23/01/2004

BELYAEV, I., ALIPOV, Y., SHCHEGLOV, V., et al., 1992, "Resonance effect of microwaves on the genome conformational state of *E. coli* cells", *Z Naturforsch*, n.47, pp.7-8.

BENJAMIN, A., 2003, "6º Congresso Internacional de Direito Ambiental", 2003, São Paulo. Direito, Água e Vida. São Paulo : Imprensa Oficial, 2003.

BLACKMAN, C., BLANK, M., KUNDI, M., et al., 2007, "BioInitiative Report: A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF)", [www.bioinitiative.org](http://www.bioinitiative.org).

BLACKWELL, R., 1980, "Effects of microwave exposure on anesthesia in the mouse", in: *Proceeding on the International Symposium on the Biological Effects of Electromagnetic Waves*, Union Radio Scientifique Internationale, Comité National Français de Radioélectricité Scientifique, Jouy, Josas, França.

BOSCOLO, P., DI SCIASCIO, M., D'OSTILIO, S., et al., 2001, "Effects of electromagnetic fields produced by radiotelevision broadcasting stations on the immune system of women", *The Science of The Total Environment*, v.273, n.1-3, pp.1-10.

BUSLJETA I., TROSIC, I., MILKOVIC-KRAUS S., 2004, "Erythropoietic changes in rats after 2.45 GHz nonthermal irradiation", *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v.207, n.6, pp.549-554..

CABRAL, S., MÜHLEN, S., 2002, "Interferência eletromagnética em equipamentos eletromédicos ocasionada por telefonia celular", *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, v.18, n.3, p.141-149.

CÂMARA, G., SOUZA, R., FREITAS, U., 1996, "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling", *Garrido J Computers & Graphics*, v.20, n.3, pp.395-403..

CARPENTER, R., FERRI, E., HAGAN, G., 1974, "Assessing microwaves as a hazard to the eye-progress and problems". In: Warsaw, P.(ed.), *Biologic Effects and Health Hazards of Microwave Radiation*, Polish Medicine Publications, pp. 178-185.

CATRAVAS, C., KATZ, J., TAKENAGA, J., et al., 1976, "Biochemical changes in the brain of rats exposed to microwaves of low power density", *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, v.11, pp.147-148.

CEPRAM - CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE BAHIA, 2000, "Resolução Nº 2494 De 22 de setembro de 2000", *Aprova a Norma Técnica NT-004/2000 e seu Anexo I, que dispõe sobre o Processo de Licenciamento Ambiental de Estações Rádio-Base (ERB's) e de equipamentos de Telefonia Sem Fio, no Estado da Bahia.*

CHAMNESS, A., SCHOLLES, H., SEXAUER, S., et al, 1976, "Metal ion content of specific areas of the rat brain after 1600-MHz radiofrequency irradiation", *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, v.11, pp.333-337.

CHANG, B., HUANG, A., JOINES, W., et al., 1982, "The effect of microwave radiation (1.0 GHz) on the blood-brain barrier", *Radio Science*, v.17, pp.165-168.

CHIZHENKOVA, R., 1988, "Slow potentials and spike unit activity of the cerebral cortex of rabbits exposed to microwaves", *Bioelectromagnetics*, v.9, pp.337-345.

CHOU, C, GUY, A., McDOUGALL, J, et al., 1982, "Effects of continuous and pulsed chronic microwave exposure on rabbits", *Radio Science*, v.17, pp.185-193.

CLEARY, S., 1978, "Survey of microwave and radiofrequency biological effects and mechanisms", in: Taylor, L. e Cheung, Y., (eds.), *Proceedings of a Workshop held at the University of Maryland*, College Park, Maryland, US Dept of Health, Education and Welfare, HEW Publication, pp.1-33.

CLEARY, S., DU, Z., CAO, G., et al., 1996, "Effect of isothermal radiofrequency radiation on cytolytic T lymphocytes", *The FASEB Journal*, v.10, n.8, pp.913-919.

COMDEMA - CONSELHO MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE JUIZ DE FORA, MINAS GERAIS, 2002, "Deliberação Normativa 09", Dispõe sobre normas específicas para licenciamento ambiental das Estações Rádio Base (ERBs) e equipamentos afins e dá outras providências, 03 de setembro de 2002, Brasil.

COMDEMA - CONSELHO MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE JUIZ DE FORA, MINAS GERAIS, 2003, "Deliberação Normativa 14", *Dispõe sobre normas específicas para Licenciamento Ambiental Simplificado e dá outras providências*, 03 de junho de 2003, Brasil.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1997, "Resolução 237", 19 de dezembro de 1997, Brasil.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2001, "Processo 02000.008782/2001-40", Brasil.

COPAM - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL DE MINAS GERAIS, 2004, "Deliberação Normativa nº 74", 09 de setembro de 2004, Brasil.

CPQD - FUNDAÇÃO CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO EM TELECOMUNICAÇÕES, 2004, [www.cpqd.com.br](http://www.cpqd.com.br), Brasil.

CZERSKI, P., 1974, *Biological Effects of Microwaves*, Stroudsburg, Pennsylvania., Dowden, Hutchinson, and Ross, p.232.

CZERSKI, P., 1975, "Microwave effects on the blood forming system with particular reference to the lymphocyte", *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.247, pp.232-242.

CZERSKI, P., PAPROSKA-SLONKA, E., STOLARSKA, A., 1974, "Microwave irradiation and the circadian rhythm of bone marrow cell mitosis", *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, v.9, pp.31-37.

DABROWSKI, M., STANKIEWICZ, W., KUBACKI, R., SOBICZEWSKA, E., SZMIGIELSKI S., 2003, "Immunotropic effects in cultured human blood mononuclear cells pre-exposed to low-level 1300 MHz pulse-modulated microwave field", *Electromagnetic Biology and Medicine*, v.8, n.1, pp.1-10 22:1-13.

DALLARI, S., VENTURA, D., 2002, "O Princípio da Precaução dever do Estado ou protecionismo disfarçado?", *São Paulo em Perspectiva*, v.16, n.2, pp.53-63.

D'ANDREA, J., DeWITT, J., EMMERSON, R., et al., 1986b, "Intermittent exposure of rat to 2450-MHz microwaves at 2.5 mW/cm<sup>2</sup>: behavioral and physiological effects", *Bioelectromagnetics* v.7, pp.315-328.

D'ANDREA, J., DeWITT, J., GANDHI, O., et al., 1986a, "Behavioral and physiological effects of chronic 2450-MHz microwave irradiation of the rat at 0.5 mW/cm<sup>2</sup>", *Bioelectromagnetics*, v.7, pp.45-56.

D'ANDREA, J., GANDHI, O., LORDS, J., et al., 1979, "Physiological and behavioral effects of chronic exposure to 2450-MHz microwaves", *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, v.14, pp.351-362.

D'ANDREA, J., GANDHI, O., LORDS, J., et al., 1980, "Physiological and behavioral effects of prolonged exposure to 915 MHz microwaves", *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, v.15, n.2, pp.123-135.

DE LORGE, J., 1976, "The effects of microwave radiation on behavior and temperature in rhesus monkeys", in: C.C. Johnson e M.C. Shore, (eds.), *Biological Effects of Electromagnetic Waves*, v.1, HEW Publication (FDA) , Rockville, Maryland, USA.

DE LORGE, J., 1979, "Operant behavior and rectal temperature of squirrel monkeys during 2.45-GHz microwave irradiation", *Radio Science*, v.14, n.6, pp.217-225.

DE LORGE, J., 1984, "Operant behavior and colonic temperature of Macaca mulatta exposed to radiofrequency fields at and above resonant frequencies". *Bioelectromagnetics*, v.5, pp.233-246.

DE LORGE, J., EZELL, C., 1980, "Observing-responses of rats exposed to 1.28- and 5.62-GHz microwaves", *Bioelectromagnetics*, v.1, pp.183-198.

DE POMERAI, D., DANIELLS, C., DAVID, H., et al., 2000, "Microwave Radiation Induces a Heat-Shock Response and Enhances Growth in the Nematode *Caenorhabditis Elegans*", *IEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, V.48, n.11, pp.2076-2081.

DECRETO ESTADUAL MINAS GERAIS 21.228, 1981, "Regulamenta a Lei 7772/1980, que dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente em MG", 10 de março de 1981, Minas Gerais, Brasil.

DECRETO FEDERAL 4.340, 2002, "Regulamenta a Lei 9.985, de 28 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC", 22 de agosto de 2002, Brasil.

DECRETO MUNICIPAL 4312, 1990, *Dispõe sobre o tombamento das Vertentes Setentrional e Oriental do Morro do Redentor*, Município de Juiz de Fora, Brasil.

DEMOKIDOVA, N., 1977, "The nature of changes in some metabolic indices in response to nonthermal intensity radiowaves", *U.S. Joint Publication Research Service*, JPRS 70101, pp.69-75.

D'INZEO, G., BERNARDI, P., EUSEBI, F., 1988, "Microwave effects on acetylcholine-induced channels in cultured chick myotubes", *Bioelectromagnetics*, v.9, n.4, pp.363-372.

DODE, A., LEÃO, M., 2004, "Poluição Ambiental e exposição humana a campos eletromagnéticos: ênfase nas estações rádio-base de telefonia celular", *Caderno Jurídico - Escola Superior do Ministério Público de São Paulo*, v.6, n.2, pp. 119-138

DWIVEDI, R., DWIVEDI, U., CHIANG, B., 1989, "Low intensity microwave radiation effects on the ultrastructure of Chang liver cells", *Eletromagnetic Biology and Medicine*, v.8, n.1, pp.1-10.

ELEKES, E., THURÓCZY, G., SZABÓ, L., 1996, "Effect on the Immune System of Mice Exposed Chronically to 50Hz Amplitude Modulated 2.45 GHz Microwaves", *Bioelectromagnetics*, v.17, n.3, pp. 246-248.

EMSS - EM SOFTWARE E SYSTEMS S. A., 2008, [www.emss.co.za](http://www.emss.co.za), Stellenbosch, África do Sul.

ENVIRO2B, 2008, "C'est la maladie du siècle, au même titre que l'amiante", [www.enviro2b.com/info/interview](http://www.enviro2b.com/info/interview), 07/02/08.

EPA - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2008, "Electric and Magnetic Fields (EMF) Radiation from Power Lines", [www.epa.gov/radtown](http://www.epa.gov/radtown).

ESTEVEES, F., 1998, *Fundamentos de Limnologia*, Editora Interciência, Rio de Janeiro, Brasil.

FARADAY, M., 1855, *Experimental researches in electricity*, Taylor and Francis, Londres.

FESENKO, E., MAKAR, V., NOVOSELOVA, E., et al., "Microwaves and cellular immunity. Effect of whole body microwave irradiation on tumor necrosis factor production in mouse cells", *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, v.49, n.1, pp.29-35.

FESENKO, E., NOVOSELOVA, E., SEMILETOVA, N., et al., "Stimulation of murine natural killer cells by weak electromagnetic waves in the centimeter range", *Biofizica*, v.44, n.4, pp.737-741.

FLEISSNER, G., STAHL, B., THALAU, P., et al., 2007, "A novel concept of Fe-mineral-based magnetoreception: histological and physicochemical data from the upper beak of homing pigeons", *Naturwissenschaften*, v.94, n.8, 631-642.

FOSTER, K., REPACHOLI, M., 1999, "Environmental Impacts of Electromagnetic Fields From Major Electrical Technologies", *WHO EMF Project Report*.

FREY, A., FELD, S., 1975, "Avoidance by rats of illumination with low power nonionizing electromagnetic energy", *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, v.89, pp.183-188.

FREY, A., FELD, S., FREY, B., 1975, "Neural function and behavior: defining the relationship", *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.247, pp.539-545.

FREY, A., WESLER, L., 1983, "Dopamine receptors and microwave energy exposure", *Journal of Bioelectricity*, v.2, n.2-3, pp.145-157..

FRIEDMAN, J., KRAUS, S., HAUPTMAN, Y., et al., 2007, "Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies" *Biochemical Journal*, n.405, pp.559-569.

GAGE, M., 1979, "Microwave irradiation and ambient temperature interact to alter rat behavior following overnight exposure", *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy* v14, pp.389-398.

GALVIN, M., TILSON, H., MITCHELL, C., PETERSON, J., et al., 1986, "Influence of pre- and postnatal exposure of rats to 2.45-GHz microwave radiation on neurobehavioral functions", *Bioelectromagnetics*, v.7, pp.57-71.

GANDHI, C., ROSS, D., 1989, "Microwave induced stimulation of  $^{32}$ Pi- incorporation into phosphoinositides of rat brain synaptosomes", *Radiation and Environmental Biophysics*, v.28, pp.223-234.

GANDHI, V., ROSS, D., 1987, "Alteration in  $\alpha$ -adrenergic and muscarinic cholinergic receptor binding in rat brain following nonionizing radiation", *Radiation Research*, v.109, pp.90-99.

GARAJ-VRHOVAC, V., FUCIC, A., HORVART, D., 1992, "The correlation between the frequency of micronuclei and specific chromosome aberrations in human lymphocytes exposed to microwave radiation in vitro", *Mutation Research*, v.281, n.3, pp.181-186.

GARAJ-VRHOVAC, V., HORVART, D., KOREN, Z., 1990, "The effect of microwave radiation on the cell genome", *Mutation Research*, v.243, n.2, pp.87-93.

GARAJ-VRHOVAC, V., HORVART, D., KOREN, Z., 1991, "The relationship between colony-forming ability, chromosome aberrations and incidence of micronuclei in V79 Chinese hamster cells exposed to microwave radiation", *Mutation Research*, v.263, n.3, pp.143-149.

GEF - GRUPO DE ENSINO DE FÍSICA, 2008, "Princípio da Complementariedade", Universidade Federal de Santa Maria, [www.ufsm.br/gef](http://www.ufsm.br/gef).

GOLDMAN, H., LIN, J., MURPHY, S., et al., 1984, "Cerebrovascular permeability to Rb-86 in the rat after exposure to pulsed microwaves", *Bioelectromagnetics*, v.5, pp.323-330.

GORDON, Z., ROSEIN, A., BYSKOV, M., 1974, "Main directions and results of research conducted in the USSR on the biologic effects of microwaves". In: WARSAW, P. (ed.), *Biologic Effects and Health Hazards of Microwave Radiation*, Polish Medicine Publications, pp. 22-35.

Gordon, Z.V., 1970, "Biological effects of microwaves in occupational hygiene", *Israel Program for Scientific Translations*, Jerusalem, Israel, NASA77F-633.

GRIGORIEV, O., BICHELDAY, E., MERKULOV, A., 2003, "Antropogenic EMF Effects on the Condition and Function of Natural Ecosystems", *Journal Radiation biology. Radioecology*, v.43, n.5, pp.544-551.

GRIGORIEV, Y., GRIGORIEV, K., 2005, "The electromagnetic fields os the base stations of mobile radio communication and ecology. The estimation of danger of the base sation EMF for population and for bioecosystems", *Radiation Biology. Radioecology*, v.45, n.6, pp.726-731.

GRIN, A., 1974, "Effects of microwaves on catecholamine metabolism in brain", *U.S. Joint Publication Research Service, JPRS 72606*.

GRUNDLER, W., KEIMANN F., FROHLICH H., 1977, "Resonant growth rate response of yeast cell irradiated by weak microwaves", *Physics Letters*, v.62A, n.7, pp.463-466.

GUY, A., 1975, "Future research directions and needs in biologic electromagnetic radiation", *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.247, pp.539-545.

GUY, A., LIN, J., KRAMAR, P., EMERY, A., 1975 "Effect of 2450 MHz radiation on the rabbit eye" 1975, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*,v.23, pp.492-498.

HERBERMAN, R., 2008, *Important Precautionary Advice Regarding Cell Phone Use*, University of Pittsburgh Cancer Institute, [www.upci.upmc.edu](http://www.upci.upmc.edu).

HJERESSEN, D., DOCTOR, S., SHELDON, R., 1979, "Shuttlebox-side preference as mediated by pulsed microwaves and conventional auditory cue". In: S.S.Stuchly, (ed.), *Electromagnetic Fields in Biological System*, Ottawa, Canada.

HOCKING, B., GORDON, I., GRAIN, H., HATFIELD, G., 1996, "Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers", *The Medical Journal of Australia*, v. 165, pp. 601-605

HUANG, A., ENGLE, M., ELDER, J., et al., 1977, "The effect of microwave radiation (2450 MHz) on the morphology and chromosomes of lymphocytes", *Radio Science*, v.12, n.6, pp.173-177.

HUBER, R., TREYER, V., BORBÉLY, A., et al., 2002, "Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG", *Journal of Sleep Research*, v. 11, pp.289-295.

IBAMA - INSITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2003, "Instrução Normativa IBAMA nº 11, de 05.12.2003", *Aprova o Termo de Referência para licenciamento ambiental de atividades com organismos geneticamente modificados*.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2005, "Termo de referência para elaboração de informações complementares para a atividade de pesquisa sísmica em águas profundas".

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2007, "Termo de referência para controle da atividade de transporte de materiais radioativos no Brasil".

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2004, "Acordo de Cooperação para a Gestão Ambiental Compartilhada no Estado de Minas Gerais", *Diário Oficial da União*, 31/08/2004, seção3, p.58.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2008, [www.icmbio.gov.br](http://www.icmbio.gov.br)

ICNIRP - INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION, 1998, "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)", *Health Physics*, v.74, n.4, pp.494-522.

INFOABRIL, 2006, "Wi-Fi vira fobia em escolas inglesas", [www.info.abril.com.br](http://www.info.abril.com.br)

JOHNSON, .C., GUY, A., 1972, "Nonionizing electromagnetic wave effect in biological materials and systems", *Proceedings of the IEEE* v.60, pp.692-718.

KALMIJN, A., 1982, "Electric and magnetic field detection in elasmobranch fishes", *Science*, v.18, n.4575, pp.916-918.

KATZ, A., 2008, "A conspiração do silêncio", *Le Monde Diplomatique Brasil*, março 2008, pp.26-27.

KIMMEL, S., KUHN, J., HARST, W., et al., 2003, "Electromagnetic Radiation: Influences on Honeybees (*Apis mellifera*)", *ACTA Systemica – IIAS International Journal*, v.III, n.1, pp.31-36.

KOLODYNSKI, A., KOLODYNSKA, V., "Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunda Radio Location Station in Latvia", 1996, *The Science of The Total Environment*, v.180, n.1, pp.87-93.

KOLOMYTSEVA, M., GAPEEV, A., SADOVNIKOV, V., CHEMERIS, N., 2002, "Suppression of nonspecific resistance of the body under the effect of extremely high frequency electromagnetic radiation of low intensity", *Biofizika*, v.47, n.1, pp.71-77.

LAI, H., CARINO, M., GUY, A., 1989, "Low-level microwave irradiation and central cholinergic systems", *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, v.33, pp.131-138.

LAI, H., HORITA, A., CHOU, C., et al., 1983, "Psychoactive drug response is affected by acute low-level microwave irradiation", *Bioelectromagnetics*, v.4, pp.205-214.

LAI, H., HORITA, A., CHOU, C., et al., 1984a, "Low-level microwave irradiation affects ethanol-induced hypothermia and ethanol consumption", *Bioelectromagnetics*, v.5, pp.213-220.

LAI, H., HORITA, A., CHOU, C., et al., 1984b, "Microwave-induced postexposure hyperthermia: involvement of endogenous opioids and serotonin", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, v.MTT-32, pp.882-886.

LAI, H., HORITA, A., CHOU, C., et al., 1986, "Effects of low-level microwave irradiation on amphetamine hyperthermia are blockable by naloxone and classically conditionable", *Psychopharmacology*, v.88, pp.354-361.

LAI, H., HORITA, A., CHOU, C., et al., 1987, "Low-level microwave irradiation affects central cholinergic activity in the rat", *Journal of Neurochemistry*, v.48, pp.40-45.

LAI, H., 1996, "Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation", *International Journal of Radiation Biology*, v.69, n.4, pp.513-521.

LANGE, D., SEDMAK, J., 1991, "Japanese encephalitis virus (JEV): potentiation of lethality in mice by microwave radiation", *Bioelectromagnetics*, v.12, pp.335-348.

LEI ESTADUAL MINAS GERAIS 7.772, 1980, "Dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente", 08 de setembro de 1980, Minas Gerais, Brasil.

LEI FEDERAL 6938, 1981, "Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências", 31 de agosto de 1981, Brasil.

LOVELY, R., GUY, A., 1975, "Conditioned taste aversion in the rat induced by a single exposure to microwave", *International Microwave Power Institute, Microwave Power Symposium*, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.

LOVELY, R., GUY, A., JOHNSON, R., et al., 1978, "Alteration of behavioral and biochemical parameters during consequent to 500 $\mu$ W/cm<sup>2</sup> chronic 2450 MHz microwaves exposure", In: *Proceedings of International Union of Radio Science, Symposium on Electromagnetic Fields in Biological Systems*, Ottawa, p.34.

LUSHNIKOV, K., GAPEEV, A., SADOVNIKOV, V., et al., 2001, "Effect of extremely high frequency electromagnetic radiation of low intensity on parameters of humoral immunity in healthy mice", *Biofizika*, v.46, n.4, pp.753-760.

MAGRAS, I., XENOS, T., 1997, "RF radiation-induced changes in the prenatal development of mice.", *Bioelectromagnetics*, v.18, n.6, pp.455-461.

MANN, K., RÖSCHKE, J., 1996, "Effects of Pulsed High-Frequency Electromagnetic Fields on Human Sleep", *Neuropsychobiology*, v.33, pp.41-47.

MARGATO, B., SANTOS, M., BARROS, H., 2007, "Propriedades magnéticas de organismos magnetotáticos: um trabalho multidisciplinar", *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.29, n.3, p.347-353,

MARR, M., DE LORGE, J., OLSEN, R., et al., 1988, "Microwaves as reinforcing events in a cold environment", in: M.E. O'Connor e R.H. Lovely, (eds), *Electromagnetic Fields and Neurobehavioral Function, Progress in Clinical and Biological Research* v.257, pp.219-234.

MATTOS, I., KOIFMAN, S., 2004, "Campos Eletromagnéticos e Câncer", *Caderno Jurídico - Escola Superior do Ministério Público de São Paulo*, v.6, n.2, pp.99-119

McKEE, A., DORSEY, C., EISENBRANDT, D., et al., 1980, "Ultrastructural observations of microwave-induced morphologic changes in the central nervous system of hamster", *Bioelectromagnetics*, v.1, pp.206.

MCKELVEY, J., GROATCH, H., 1981, *Física vol. 4*, Harper & Row do Brasil, São Paulo.

MCREE, D., 1980, "Soviet and eastern european research on biological effects of microwave radiation", *Proceedings of the IEEE*, v.68, n.1, p.84-91.

MENDEZ, N., 2004, "Análise Comparativa dos critérios de normatização das radiações eletromagnéticas não ionizantes no Leste Europeu (Rússia) e países ocidentais", *Caderno Jurídico - Escola Superior do Ministério Público de São Paulo*, v.6, n.2, pp.203-214.

MERRITT, J., CHAMNESS, A., HARTZELL, R., et al., 1977, "Orientation effect on microwave-induced hyperthermia and neurochemical correlates", *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, v.12, pp.167-172.

MICHAELSON, S., 1977, "Central nervous system responses to microwave-induced heating" *Neurosciences Research Program Bulletin*, v.15, pp.98-100.

MICHAELSON, S., THOMPSON, R., HOWLAND, J., 1967, "Biologic Effects of Microwave Exposure", *USA National Technical Information Service*, AD0824242.

MICHAELSON, S., THOMSON, R., HOWLAND, J., 1961, "Physiological aspects of microwave irradiation of mammals", *American Journal of Physiology*, v.201, pp.351-356.

MIKOLAJCZYK, H., "Hormone reactions and changes in endocrine glands under influence of microwaves", 1972, *Medycyna Lotnicza*, v.39, pp.39-51.

MITCHELL, C., McREE, D., PETERSON, N., TILSON, H., 1988, "Some behavioral effects of short-term exposure of rats to 2.45-GHz microwave radiation", *Bioelectromagnetics*, v.9, pp.259-268.

MITCHELL, D., SWITZER, W., BRONAUGH, E., 1977, "Hyperactivity and disruption of operant behavior in rats after multiple exposure to microwave radiation", *Radio Science*, v.12, n.6, pp.263-271.

MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2008, [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br).

NAGESWARI, K., SARMA, K., RAJVANSHI, V., et al., 1991, "Effect of chronic microwave radiation on T cell-mediated immunity in the rabbit" *International Journal of Biometeorol*, v.35, n.2, pp.92-97.

NAKAMURA, H., NAGASE, H., OGINO, K., et al., 2000, "Uteroplacental circulatory disturbance mediated by prostaglandin F(2alpha) in rats exposed to microwaves", *Reproductive Toxicology*, v.14, n.3, pp.235-240.

NAKAMURA, H., SETO, T., HATTA, K., et al., 1998, "Natural killer cell activity reduced by microwave exposure during pregnancy is mediated by opioid systems", *Environmental Research*, v.79, n.2, pp.106-113.

NAKANURA, H., SETO, T., NAGASE, H., et al., 1997, "Effects of exposure to microwaves on cellular immunity and placental steroids in pregnant rats", *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, v.54, n.9, pp.676-80.

NARDA SAFETY TEST SOLUTIONS, 2001, "EMR-300 Radiation Meters Operating Manual", Pfullingen, Alemanha.

Neilly, J.P. and Lin, J.C., 1986, Interaction of ethanol and microwaves on the blood-brain barrier of rats, *Bioelectromagnetics*, v.7, pp.405-414.

NEUBAUER, C., PHELAN, A., KUES, H., et al., 1990, "Microwave irradiation of rats at 2.45 GHz activates pinocytotic-like uptake of tracer by capillary endothelial cells of cerebral cortex", *Bioelectromagnetics*, v.11, pp.261-268.

NOUAILHETAS, Y., ALMEIDA, C., PESTANA, S., *Radiações Ionizantes e a vida*, CNEM - COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.

O'CONNOR, M., 1988, "Prenatal microwave exposure and behavior" , in: M.E. O'Connor e R.H. Lovely, (eds), *Electromagnetic Fields and Neurobehavioral Function, Progress in Clinical and Biological Research* v.257, pp.265-288.

ODUM, E., 1977, *Ecologia*, 3ª ed, Pioneira, São Paulo, Brasil.

OKUNO, E., VILELA, M., 2005, *Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos*, 1a.ed., Editora Livraria da Física, SBF, São Paulo, Brasil.

OSCAR, K., GRUENACE, S., FOLKER, M., et al., 1981, "Local cerebral blood flow after microwave exposure", *Brain Research*, v.204, pp.220-225.

OSCAR, K., HAWKINS, D., 1977, "Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats", *Brain Research*, v.126, pp.281-293.

PAULINO, J., 2001, "Radiações Eletromagnéticas Não Ionizantes Emitidas Pelas Antenas Fixas de Telefonia Celular", 2001, *Universidade Federal de Minas Gerais, Fundação Cristiano Otoni, Escola de Engenharia*, Belo Horizonte, Brasil.

PEIXOTO, S., WILMERSDORF, O., 2002, *Modelo de Valoração Econômica dos Impactos Ambientais em Unidades de Conservação - Empreendimentos de Comunicação, Rede Elétrica e Dutos Estudo Preliminar*, IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

QUOCK, R., KONCHICH, F., ISHII, T., et al., 1987, "Microwave facilitation of domperidone antagonism of apomorphine-induced stereotypic climbing in mice", *Bioelectromagnetics*, v.8, pp.45-55.

RAGAN, H., PHILIPS, R., 1978, "Hematologic Effects in mice exposed to pulsed and CW microwaves", In: *Proceedings of International Union of Radio Science, Symposium on Biologic Effects of Electromagnetic Waves*, Helsink, p.48.

RIBEIRO, J., ECHEVESTE, M., 2008, "Dimensionamento da Amostra em Pesquisa de Satisfação de Clientes", *Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - UFRGS*, Porto Alegre, Brasil.

RICKLEFS, R., 1996, *A Economia da Natureza*, 3ª ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, Brasil.

ROCHA, C., 2003, *GPS de Navegação para Mapeadores, Trilheiros e Navegadores*, Edição do Autor, Juiz de Fora, Brasil.

ROCHA, C., 2008, *Zona da Mata Mineira, pioneirismo, atualidade e potencial para investimento*, FUNALFA Edições, Juiz de Fora, Brasil.

ROCHA, G., 2000, "Gestão de Riscos Ambientais", *Gestão Ambiental em Municípios*, UFJF, Juiz de Fora, Brasil.

RUDNEV, M., BOKINA, A., EKSLER, N., et al., 1978, "The use of evoked potential and behavioral measures in the assessment of environmental insult". In: *Multidisciplinary Perspectives in Event-Related Brain Potential Research*, OTTO, D., (ed)., EPA-600/9-77-043, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina.

SALLES, A., FERNÁNDEZ, C., BONADIMAN, M., 2003, "Simulações da SAR na cabeça e antenas planares para telefones móveis", *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, v.19, n.2, pp.77-90.

SALLES, A., FERNÁNDEZ, C., 2004, "O impacto das radiações não ionizantes da telefonia móvel e o Princípio da Prevenção", *Caderno Jurídico - Escola Superior do Ministério Público de São Paulo*, v.6, n.2, pp.17-46.

SALZBURG, 2000, "Salzburg Resolution", *International Conference on Cell Tower Siting*, Federal State of Salzburg - Public Health Department - Environmental Health Unit, Salzburg, Austria.

SAMPAIO, A., 2004, "As novas tecnologias e o princípio da efetiva prevenção de danos ao consumidor", *Revista de Direito do Consumidor*, v.49,

SANDERS, A., JOINES, W., 1984, "The effects of hyperthermia and hyperthermia plus microwaves on rat brain energy metabolism", *Bioelectromagnetics*, v.5, pp.63-70.

SANDERS, A., JOINES, W., ALLIS, J., 1985, "Effect of continuous-wave, pulsed, and sinusoidal-amplitudemodulated microwaves on brain energy metabolism", *Bioelectromagnetics*, v.6, pp.89-97.

SANDERS, A., SCAEFER, D., JOINES, W., 1980, "Microwave effects on energy metabolism of rat brain", *Bioelectromagnetics*, v.1, pp.171-182.

SANTIAGO, B., DOTTORI, H., DUTRA, C., *et al.*, 2008, "Hipertextos do Observatório Astronômico da UFRGS", [www.if.ufrgs.br](http://www.if.ufrgs.br).

SARKAR, S., ALI, S., BEHARI, J., 1994, "Effect of low power microwave on the mouse genome: a direct DNA analysis. *Mutation Research*, v.320, n.1-2, pp.141-147.

SCHROT, J., THOMAS, J., BANVARD, R., 1980, "Modification of the repeated acquisition of response sequences in rats by low-level microwave exposure", *Bioelectromagnetics*, v.1, p.89-99.

SEMIN, I., SHVARTSBURG, L., DUBOVIK, B., 1995, "Changes in the secondary structure of DNA under the influence of external low-intensity electromagnetic field", *Journal Radiation biology. Radioecology*, v.35, n.1, pp.36-41.

SERVANTIE, B., SERVANTIE, A., ETIENNE, J., 1975, "Synchronization of cortical neurons by a pulsed microwave field as evidenced by spectral analysis of electrocorticograms from the white rat", *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.247, pp.82-86.

SHANDALA, M., DUMANSKIY, M., RUDNEV, M., *et al.*, 1979, " Study of Nonionizing Microwave Radiation Effects upon the Central Nervous System and Behavior Reactions", *Environmental Health Perspectives*, v.30, pp.115-121.

SHANDALA, M., RUDNEX, M., VINOGRADOV, G., *et al.*, 1977, "Immunological and hematological effects of microwaves at low power densities" In: *Proceedings of International Union of Radio Science, Symposium on Electromagnetic Fields in Biological Systems*, p.84, Arlie, Virginia, USA.

SHEPPARD, A., BAWIN, S., ADEY, W., 1979, "Models of long-range order in cerebral macro-molecules: effect of sub-ELF and of modulated VHF and UHF fields", *Radio Science*, v.14, pp.141-145.

SILVA, M., COSTA, E., 1998, "Tamanho e Número de Unidades de Amostra de Solo para Amostragem de Larvas de *Diloboderus abderus* (Sturm) (Coleoptera: Melolonthidae) em Plantio Direto", In: *Anais da Sociedade Entomológica Brasileira*, v.27, n.2, pp.193-197.

SMIALOWICZ, R., KINN, J., WEIL, C., *et al.*, 1977, "Chronic exposure of rats to 425 or 2450 MHz microwave radiation", In: *Proceedings of International Union of Radio Science, Symposium on Electromagnetic Fields in Biological Systems*, p.140, Arlie, Virginia, USA.

SNUC - SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 2000, "Lei Federal nº 9985, de 18 de julho de 2000", Brasil.

SNYDER, S., 1971, "The effect of microwave irradiation on the turnover rate of serotonin and norepinephrine and the effect of microwave metabolizing enzymes", *U.S. Army Medical Research and Development Command*, Washington, DC (NLT AD-729 161).

STANKIEWICZ, W., DABROWSKI, M., KUBACKI, R., et al., 2006, "Immunotropic Influence of 900 MHz Microwave GSM Signal on Human Blood Immune Cells Activated in Vitro", *Electromagnetic Biology and Medicine*, v.25, n.1, pp.45-51.

SZMIGIELSKI, S., LUCZACK, M., WIRANOWSKA, M., 1975, "Effect of Microwaves on cell function and virus replication in cell cultures irradiated in vitro" *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.247, pp.305-311.

TAKASHIMA, S., ONARAL, B., SCHWAN, H., 1979, "Effects of modulated RF energy on the EEG of mammalian brain", *Radiation and Environmental Biophysics*, v.16, pp.15-27.

THOMAS, J., FINCH, E., FULK, D., et al., "Effects of low level microwave radiation on behavioral baselines", *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.247, pp.425-432.

THOMAS, J., MAITLAND, G., 1979, "Microwave radiation and dextroamphetamine: evidence of combined effects on behavior of rats, *Radio Science*, v.4, n.6, pp.253-258.

THOMAS, J., YEANDLE, S., BURCH, L., 1976, "Modification of internal discriminative stimulus control of behavior by low levels of pulsed microwave radiation", in: C.C. Johnson and M.L.Shore, (eds), *Biological Effects of Electromagnetic Waves*, vol.1, , HEW Publication, Rockville, Maryland, USA.

TROSIC, I., 2001, "Multinucleated giant cell appearance after whole body microwave irradiation of rats" *International Journal of Hygiene and Environmental Health* v.204, n.2-3, pp.133-138.

TROSIC, I., BUSLJETA, I., KASUBA, V., ROZGAJ R., 2002, "Micronucleus induction after whole-body microwave irradiation of rats. *Mutation Research*, v.521, n.1-2, pp.73-79. .

TROSIC, I., BUSLJETA, I., MODLIC B., 2004, "Investigation of the genotoxic effect of microwave irradiation in rat bone marrow cells: in vivo exposure" *Mutagenesis*, v.19, n.5, pp.361-364.

TUDE, E., 2004, "Enlace Rádio Digital Ponto a Ponto", [www.teleco.com.br](http://www.teleco.com.br)

União Européia, 2008, [www.europa.eu.int](http://www.europa.eu.int)

VEYRET B., BOUTHET, C., DESCHAUX, P., et al., 1991, "Antibody responses of mice exposed to low-power microwaves under combined, pulse-and-amplitude modulation" *Bioelectromagnetics*, v.12, n.1, pp.47-56.

VIAN, A., ROUX, D., GIRARD, S., et al., 2006, "Microwave Irradiation Affects Gene Expression in Plants", *Plant Signaling & Behavior*, v.1, n.2, pp. 67-69.

VIEIRA, T., 2005, *Estudo da Viabilidade do Uso de Redes Metálicas na Atenuação da Radiação eletromagnética, na Faixa de Telefonia Celular: Uma Aplicação da Teoria da Difração*, Dissertação de Mestrado, UFJF, Juiz de Fora, Brasil.

VON KLITZING, L., 1995, " Low-frequency pulsed electromagnetic fields influence EEG of man", *Physica Medica*, v.11, n.3, pp.77-80.

WEGUELIN, J., 2008, "O Rio de Janeiro através dos Jornais", *Cristo Redentor - Diário da Noite, 12 de outubro de 1931*, [www1.uol.com.br/rionosjornais](http://www1.uol.com.br/rionosjornais).

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1981, "Radiofrequency and Microwaves", *Environmental Health Criteria 16*.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1993, "Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz)", *Environmental Health Criteria 137*.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006a, "Campos eletromagnético e saúde pública, Estações rádio-base e tecnologias sem fio", *Fact sheet Nº 304*.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006b, "Research Agenda for Radio Frequency Fields"

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2008, [www.who.int](http://www.who.int)

WILLIAMS, W., HOSS, W., FORMANIAK, M., et al., 1984, "Effect of 2450 MHz microwave energy on the blood-brain barrier to hydrophilic molecules, A. Effect on the permeability to sodium fluorescein", *Brain Research Reviews*, v.7, pp.165-170.

WILSON, B., ZOOK, J., JOINES, W., et al., 1980, "Alterations in activity at auditory nuclei of the rat induced by exposure to microwave radiation: autoradiographic evidence using [14C]-2-deoxy-D-glucose", *Brain Research* v.187, pp.291-306.

WOLF, R., WOLF D., 2004, "Increased Incidence of Cancer near a Cell-Phone Transmitter Station", *International Journal of Cancer Prevention*, v. 2, n.2.

ZHANG, M., HE, J., JIN L., LU, D., 2002, "Study of low-intensity 2450-MHz microwave exposure enhancing the genotoxic effects of mitomycin C using micronucleus test and comet assay in vitro", *Biomedic and Environmental Sciences*, v.15, n.4, pp.283-290.

ZOTTI-MARTELLI L., PECCATORI, M., MAGGINI, V., et al., 2005, "Individual responsiveness to induction of micronuclei in human lymphocytes after exposure in vitro to 1800-MHz microwave radiation", *Mutation Research*, v.582, n.1-2, pp.42-52.

ZOTTI-MARTELLI L., PECCATORI, M., SCARPATO, R., et al., 2000, "Induction of micronuclei in human lymphocytes exposed in vitro to microwave radiation", *Mutation Research*, v.472, n.1-2, pp.51-58.