



INFORMAÇÃO SOBRE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM COMUNICAÇÕES MÓVEIS

Título	Fontes de Radiação Eletromagnética (atualização LTE)
Editor	Daniel Sebastião
Autores	Daniel Sebastião, Mónica Branco, Carla Oliveira, Luis M. Correia
Data	2014/11/10
Versão	02
Distribuição	Vários
Documento	FAQtos_092_02_Ext_ResInq2014
Sumário	Este documento caracteriza as várias fontes de radiação presentes no ambiente em que vivemos. Teve como base um relatório do Projecto monIT criado pela mesma equipa, mas agora atualizado com o sistema LTE.

## Historial do documento

<b>Data</b>	<b>Versão</b>	<b>Comentário</b>	<b>Editor da versão</b>
2014-11-10	01	Versão Inicial	Daniel Sebastião
2014-11-17	02	Correções à versão anterior	Luis M Correia

## Resumo

Este documento é uma atualização de um relatório anterior realizado pela mesma equipa, no âmbito do Projecto monIT. O Objetivo foi incluir a televisão digital e o sistema LTE nos exemplos de fontes de radiação na gama das radiofrequências.

Este relatório pretende informar sobre as várias fontes de radiação eletromagnética presentes no dia-a-dia de todos, numa perspetiva simples e clara. Sendo assim, define-se como uma fonte de radiação, um objeto que tenha a ele associado um campo elétrico e/ou magnético. As fontes de radiação podem ser de origem natural, como o campo magnético terrestre ou a luz do Sol, e podem ser de origem artificial, *i.e.*, qualquer fonte criada pelo Homem. Dentro das fontes de radiação criadas pelo Homem, torna-se necessário distinguir aquelas cujo princípio de funcionamento se prende com a emissão de radiações, como os telemóveis, e aquelas cujo princípio de funcionamento não é o de radiar, como a maior parte dos eletrodomésticos que se encontram nas nossas casas. Estas fontes podem ainda ser classificadas segundo o espaço em que se encontram, podendo distribuir-se por espaço domiciliário, profissional e público. A radiação proveniente de cada fonte pode interagir com os sistemas biológicos de diferentes formas; sendo os campos eletromagnéticos caracterizados pela frequência a que operam e pela intensidade do campo, são estas as características que determinam a interação com os sistemas biológicos. Neste documento, faz-se uma análise de várias fontes de campos eletromagnéticos de acordo com a gama de frequência de funcionamento das mesmas, nomeadamente fontes de campos elétricos e magnéticos estáticos, de frequência extremamente baixa e de radiofrequência, assim como os efeitos decorrentes da exposição a campos eletromagnéticos de acordo com a frequência que os caracteriza. Neste documento não se referem fontes de radiação ótica nem radiação ionizante.

## Palavras-chave

Campos Eletromagnéticos, Radiação não-ionizante, Fontes, Efeitos.

## **Abstract**

This report is an update of a previous report done by the same team, within the monIT Project. The idea behind this update is to include digital TV and LTE as additional examples of radiation sources in the radiofrequencies band.

This document describes the variety of radiation sources that can be found in the environment, in a clear and precise way. One can define a radiation source as an object that has an electric and/or magnetic field associated to it. Radiation sources have a natural origin, as the Sun, or an artificial one, as all man-made sources. Considering man-made sources, it becomes important to distinguish between those in which EMF generation is the working principle, as mobile phones and remote control devices, and those that are not supposed to generate EMF, as the majority of home appliances. Radiation sources can also be classified according to their location in the environment as residential, occupational and public. The way EMF generated by a given source interacts with biological organisms can vary in different situations, thus, depending on their power and frequency. In this report, an analysis of a variety of EMF sources is made, according to the frequency band in which they operate: static, extremely low frequency, and radiofrequencies. An analysis of health effects from EMF exposure according to the frequency band is also made. This document does not address optical and ionizing radiation.

## **Keywords**

Electromagnetic Fields, Non-Ionizing Radiation, Radiation Sources, Health Effects.

## Índice

Resumo.....	i
Abstract .....	ii
Índice .....	iii
Lista de Figuras.....	v
Lista de Tabelas .....	vi
Lista de Siglas.....	vii
1 Introdução .....	1
2 Radiação Eletromagnética.....	3
2.1 O que é? .....	3
2.2 Radiação Não-Ionizante .....	4
2.3 Radiação Ionizante .....	5
3 Efeitos das Radiações .....	7
3.1 Definições.....	7
3.2 Campos Estáticos.....	7
3.3 Campos de Frequência Extremamente Baixa .....	9
3.4 Campos de Radiofrequência .....	9
4 Legislação .....	13
5 Fontes de Radiação Eletromagnética.....	15
5.1 Definições.....	15
5.2 Campos Estáticos.....	16
5.3 Campos de Frequência Extremamente Baixa .....	20
5.4 Campos de Radiofrequência .....	23
6 Conclusões.....	27
Referências.....	31



## Lista de Figuras

Figura 2.1 - Tipos de radiação no espectro eletromagnético. ....	4
--	---

## Lista de Tabelas

Tabela 4.1 - Níveis de referência para campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos (0 Hz – 300 GHz) para a exposição da população em geral [CoEU99]. .....	14
Tabela 5.1 - Campos elétrico e magnético naturais terrestres [OMSb06]. .....	16
Tabela 5.2 - Fontes de campos elétricos estáticos [OMSb06]. .....	17
Tabela 5.3 - Fontes de campos magnéticos estáticos – exemplos de sistemas de transporte [OMSb06]. .....	17
Tabela 5.4 - Outros exemplos de fontes de campos magnéticos estáticos [OMSb06]. .....	19
Tabela 5.5 - Fontes de campos magnéticos ELF [OMSd06]. .....	21
Tabela 5.6 - Fontes de campos magnéticos ELF no ambiente de trabalho [OMSg06]. .....	22
Tabela 5.7 - Fontes de campos RF que operam próximo do corpo humano, [EMFP08], [OMSf06] e [FAQt14]. .....	24
Tabela 5.8 - Fontes de campos RF que operam afastadas do corpo humano, [EMFP08], [ANAC09], [moni09] e [FAQt14]. .....	24



## Lista de Siglas

AM	<i>Amplitude Modulation.</i>
ANACOM	Autoridade Nacional de Comunicações.
CEM	Campos Eletromagnéticos.
CEPT	<i>European Conference of Postal and Telecommunications Administrations.</i>
CERN	<i>European Organization for Nuclear Research.</i>
DECT	<i>Digital Enhanced Cordless Telecommunications.</i>
DGS	Direção Geral da Saúde.
EB	Estação Base.
ECC	<i>Electronic Communications Committee.</i>
ELF	<i>Extremely Low Frequency.</i>
EMF	<i>Electromagnetic Field.</i>
FM	<i>Frequency Modulation.</i>
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer.</i>
ICNIRP	<i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications.</i>
LEP	<i>Large Electron Positron collider.</i>
LTE	<i>Long Term Evolution</i>
MAG	<i>Metal Active Gas.</i>
MIG	<i>Metal Inert Gas.</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde.
RF	Radiofrequência.
RFID	<i>RadioFrequency Identification.</i>
RM	Ressonância Magnética.
SAR	<i>Specific Absorption Rate.</i>
SCHENIR	<i>Scientific Committee on Emerging a Newly Identified Health Risks.</i>
TETRA	<i>Terrestrial Trunked Radio.</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency.</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System.</i>
VHF	<i>Very High Frequency.</i>

WLAN      *Wireless Local Area Network.*

## 1 Introdução

Os campos eletromagnéticos fazem parte do dia-a-dia de todos nós, sejam eles provenientes de fontes naturais, como o Sol ou o campo magnético terrestre, ou originados por fontes artificiais.

O crescimento tecnológico, as mudanças no comportamento social e nos hábitos de trabalho (próprios de uma sociedade em evolução) criaram um ambiente crescentemente exposto às mais diversas fontes de radiação eletromagnética, criadas artificialmente pelo Homem. Há então que separar aquelas em que o seu princípio de funcionamento implica que tenham de radiar, como por exemplo, antenas de comunicações móveis ou fornos microondas, e aquelas cujo princípio de funcionamento não é o de radiar (sempre que exista o fluxo de uma corrente elétrica, existe um campo eletromagnético associado). Neste último caso, temos os eletrodomésticos presentes nas nossas casas, como por exemplo, secadores de cabelo ou máquinas de lavar.

O Projecto **monIT** [monI09], que teve início em 2002 e final em 2012, surgiu no contexto de uma crescente preocupação pública com os possíveis efeitos nocivos para a saúde provocados pela radiação eletromagnética emitida pelas antenas dos sistemas de comunicações, procurando esclarecer a população acerca dos mesmos. O FAQTos continua essa atividade.

Este relatório surge neste contexto, tendo como objetivo agregar informação diversa acerca das várias fontes de radiação eletromagnética não-ionizante presentes em diversos ambientes, numa perspetiva simples e clara. Neste sentido, ao longo deste relatório, define-se o que são fontes de radiação eletromagnética e faz-se uma análise das mesmas de acordo com a banda de frequência em que operam. As diversas fontes podem então ser classificadas segundo a banda de frequências do campo por elas gerado:

- Fontes de campos elétrico e magnético estático;
- Fontes de campos elétrico e magnético de frequência extremamente baixa;
- Fontes de campos eletromagnéticos de radiofrequência.

Em cada banda de frequência, as fontes são ainda classificadas segundo o ambiente em que podem ser encontradas, como espaços de residência, profissional e público. De referir também que neste documento apenas se analisam as fontes de radiação eletromagnética não-ionizantes, excluindo as fontes de radiação ótica.

A radiação proveniente de cada fonte pode interagir com os sistemas biológicos de diferentes formas, sendo os campos eletromagnéticos caracterizados pela frequência a que operam e pela intensidade do campo, são estas as características que determinam o grau de interação com os sistemas biológicos. Neste relatório são descritos os diversos efeitos

decorrentes da exposição a campos eletromagnéticos de acordo com a sua frequência, referindo-se também os limites de exposição que estão em vigor em Portugal, que são baseados na recomendação da Comissão Europeia para a Proteção Contra as Radiações Não-Ionizantes (ICNIRP, do inglês *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*) [ICNI98].

O relatório encontra-se estruturado da seguinte forma: no Capítulo 2 define-se radiação eletromagnética, distinguindo-se entre radiação ionizante e não-ionizante; no Capítulo 3 faz-se uma descrição dos efeitos decorrentes da exposição a campos eletromagnéticos de acordo com a frequência que os caracteriza; no Capítulo 4 descreve-se a legislação em vigor no nosso país; no Capítulo 5 definem-se e listam-se as várias fontes de radiação eletromagnética de acordo com a banda de frequência de funcionamento das mesmas. Finalmente, no Capítulo 6 apresentam-se as principais conclusões do relatório.

## 2 Radiação Eletromagnética

Neste capítulo, define-se radiação eletromagnética e caracterizam-se os tipos de radiação eletromagnética segundo a sua gama de frequências e aplicações, separando-se a radiação ionizante da não-ionizante. No âmbito da radiação ionizante, faz-se uma breve referência aos possíveis efeitos para a saúde decorrentes da exposição a este tipo de radiação.

### 2.1 O que é?

A radiação eletromagnética está presente desde o início do universo, vivendo-se sempre na sua presença. Esta corresponde a um conjunto de ondas ou partículas que se propagam no espaço transportando energia, e ocorre de forma natural no universo, sendo em geral invisível para o olho humano (a luz é a exceção, e a sua forma mais familiar). Existem várias fontes de radiação eletromagnética de origem natural, por exemplo, o sol, e de origem humana, por exemplo, antenas dos sistemas de comunicações móveis e de radiodifusão, [monI09] e [OMS109].

As ondas eletromagnéticas propagam-se no espaço, transportando energia eletromagnética, e são constituídas por duas entidades interdependentes: o campo elétrico,  $E$ , e o campo magnético,  $H$  (ou campo de indução magnética,  $B$ ). O produto destes dois campos resulta na densidade de potência,  $S$ . Uma onda eletromagnética pode ser criada por uma corrente elétrica variável no tempo, [monI09].

As formas de radiação diferem na frequência e respetivo comprimento de onda. Existem dois tipos de radiação: ionizante e não-ionizante, Figura 2.1.

Radiação com um valor de comprimento de onda mais elevado correspondente a ondas de frequência mais baixa (por exemplo, ondas rádio), tem menos energia que a radiação caracterizada por valores de comprimento de onda menores, a que correspondem valores de frequência altos (por exemplo, raios gama). A diferença entre radiação ionizante e não-ionizante consiste na quantidade de energia transportada que, ao interagir com um átomo, pode ou não remover eletrões da órbita do mesmo fazendo com que seja ionizado ou carregado, [EnPA09], [OMS209] e [CMAR09].

Consoante a frequência do campo eletromagnético (CEM) a interação com o corpo vai ser diferente, ou seja, os efeitos de exposição a um campo vão depender da frequência deste, sendo que, a quantidade de energia absorvida pelo corpo humano poderá causar efeitos biológicos, dependendo de vários fatores, [CMAR09]:

- o tipo de radiação;
- a energia da radiação;
- o órgão ou tecido sobre o qual incide a radiação;
- o tempo/quantidade de exposição.

A ocorrência de um efeito biológico pode ou não resultar em efeitos adversos para a saúde.

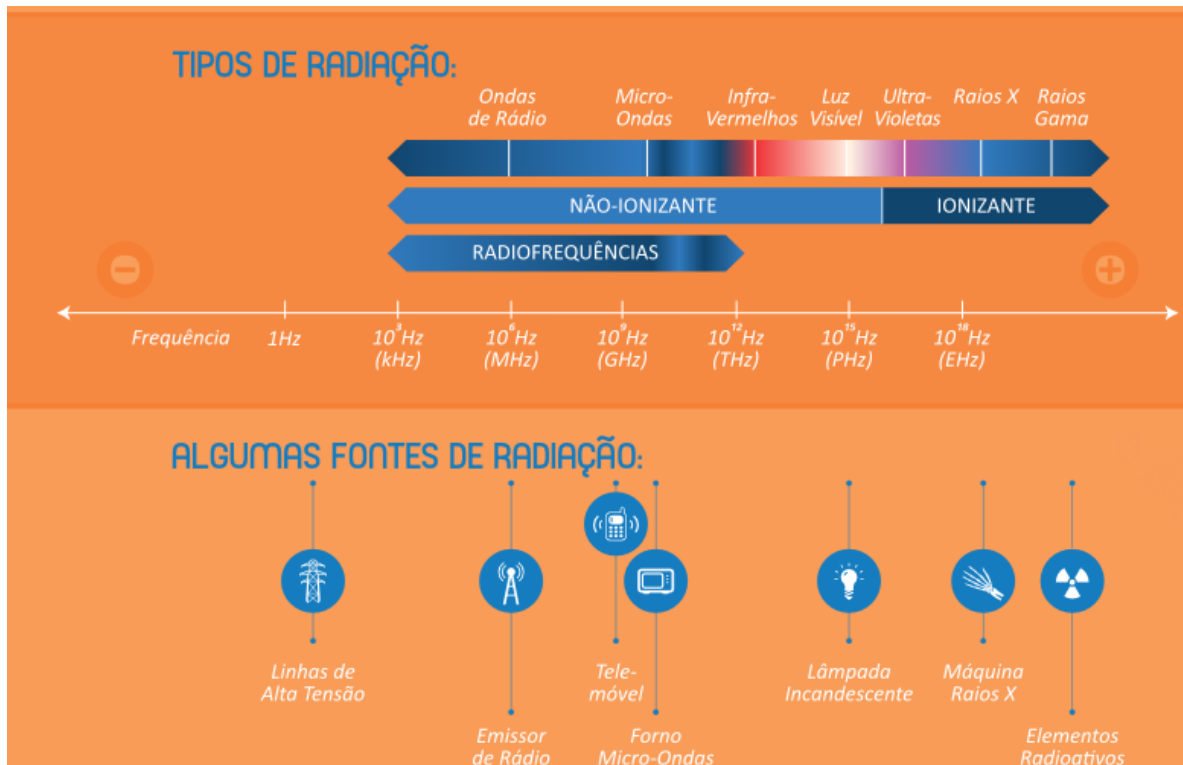


Figura 2.1 - Tipos de radiação no espectro eletromagnético.

## 2.2 Radiação Não-Ionizante

A radiação é considerada não-ionizante quando não tem energia suficiente para provocar quebras nas moléculas, isto é, ionização. A gama de frequências das radiações não-ionizantes vai desde a radiação de frequência nula (incluindo a porção do espectro de radiofrequências, microondas e luz visível) até aos raios ultravioleta.

No nosso dia-a-dia, utilizamos diversas fontes de radiação não-ionizante, [EnPA09]:

- microondas – em telecomunicações e para aquecimento de alimentos;
- ondas infravermelhas – lâmpadas infravermelhas para manter a comida quente em restaurantes;
- ondas rádio – sistemas de difusão, como os de rádio e televisão.

No âmbito deste relatório, diversas fontes de radiação não-ionizante são caracterizadas consoante a banda de frequências em que operam, nomeadamente:

- Campos Estáticos;
- Campos de Frequência Extremamente Baixa;
- Campos de Radiofrequência (RF).

São ainda descritos os efeitos para a saúde decorrente da exposição a CEMs para as bandas de frequência mencionadas.

### **2.3 Radiação Ionizante**

A radiação é considerada ionizante quando tem energia suficiente para que, ao interagir com um átomo, consiga remover elétrons da órbita do mesmo, fazendo com que se torne carregado ou ionizado. Ou seja, as fontes de radiação eletromagnética ionizante correspondem à porção do espectro eletromagnético com valores de frequência mais elevados, isto é, a partir da ordem dos  $10^{16}$  Hz, que inclui os raios X e gama, [EnPA09].

Existem formas específicas de radiação ionizante, [OMS209]:

- por partículas – consiste em partículas atômicas ou subatômicas (elétrons, prótons, etc.) que transportam energia na forma de energia cinética ou massa em movimento;
- eletromagnética – na qual a energia é transportada por oscilação dos campos elétrico ou magnético que viajam no espaço à velocidade da luz.

A radiação ionizante é capaz, direta ou indiretamente, de remover elétrons da maioria das moléculas, existindo os seguintes tipos de radiação ionizante, [EnPA09] e [OMS209]:

- Partículas alfa – incluem dois prótons e dois elétrons; as condições que levam à emissão destas partículas derivam da necessidade de restaurar o balanço no núcleo quando o rácio de neutrões/prótons é muito baixo. É considerada uma forma de ionização direta visto estas partículas carregarem uma carga podendo assim interagir diretamente com os elétrons do átomo através de forças de Coulomb (isto é, cargas iguais repelem-se, cargas opostas atraem-se).
- Partículas beta – são essencialmente elétrons; a emissão destas partículas ocorre quando o rácio de neutrões/prótons no núcleo é muito alto. Neste caso, o neutrão em excesso é transformado em próton e elétron, ficando o próton no núcleo e o elétron ejetado energeticamente. Como as partículas alfa, é considerada uma forma de ionização direta.
- Neutrão – é uma partícula ionizante indireta, pois não transporta uma carga elétrica. A ionização é causada por partículas carregadas que são produzidas durante colisões com núcleos atômicos.
- Raios X e Gama – são energia pura (fótons); é uma radiação ionizante eletromagnética indireta, visto serem neutras em termos elétricos (como todas as formas de radiação eletromagnética) e não interagirem com elétrons do átomo através de forças de Coulomb.

Existem muitos elementos isótopos radioativos, quer naturais (encontram-se no solo e água), quer artificiais, que podem emitir partículas alfa, beta ou radiação gama. Estas emissões ocorrem quando o núcleo de um átomo radioativo tem demasiada energia. A

diferença entre os raios X e os raios gama é que os últimos têm origem no núcleo, enquanto os primeiros têm origem nos eletrões mais próximos do núcleo (tendo um nível de energia ligeiramente inferior aos raios gama). Estas radiações são utilizadas em diversas aplicações, como diagnósticos médicos, tratamentos, indústria, entre outros.

Estes tipos de radiação interagem de forma diferente com os materiais, sendo as medidas de proteção para a sua exposição diferentes.

Uma folha de papel, ou mesmo a pele humana, servem como escudo para as partículas alfa, sendo que os efeitos na saúde causados pela exposição a estas dependem da forma como ocorre a exposição. Uma exposição externa ao corpo é de muito menor preocupação que uma exposição interna, pois as partículas alfa não têm energia para penetrar a camada exterior de pele. No entanto se as partículas alfa forem ingeridas, inaladas ou absorvidas na corrente sanguínea a exposição de tecidos sensíveis a este tipo de radiação provoca efeitos biológicos que aumentam o risco de cancro, [EnPA09].

No caso das partículas beta, uma folha de papel não é suficiente para as isolar, em alguns casos a pele humana pode vedar a passagem destas partículas, mas para outros são necessários materiais mais fortes a servir de proteção, por exemplo, madeira. A exposição a esta radiação pode provocar efeitos agudos na saúde (resultantes, por exemplo, de um contacto com uma fonte significativa de partículas beta de um equipamento industrial abandonado) e efeitos crónicos (resultantes da exposição a níveis baixos mas durante um grande período de tempo), sendo estes últimos os mais comuns. Os efeitos crónicos desenvolvem-se de forma lenta (durante um período de tempo de 5 a 30 anos) e o principal efeito na saúde é o cancro (quando a exposição a partículas beta é interna pode causar danos nos tecidos e aumentar o risco de cancro), [EnPA09].

Dos tipos de radiação referidos, os raios X e gama são os que têm maior capacidade de penetração, sendo necessário usar um escudo pelo menos tão denso como uma parede de tijolo como medida de proteção. Neste tipo de radiação, a exposição externa e interna constituem uma preocupação e podem provocar efeitos na saúde. Apesar de este tipo de radiação ionizante ser normalmente classificada como um perigo de exposição externo, também podem ser inalada ou ingerida, existindo assim uma exposição dos órgãos internos que pode reter a radiação nos tecidos ou expeli-la pelo corpo, dependendo da sua origem, [EnPA09].



### **3 Efeitos das Radiações**

Neste capítulo descrevem-se os potenciais efeitos na saúde decorrentes da exposição a radiação eletromagnética segundo a sua gama de frequências e tipo de exposição.

#### **3.1 Definições**

Os campos presentes no nosso ambiente, quer tenham sido criados pelo Homem ou provenham de fontes naturais, podem interagir de formas diferentes com os sistemas biológicos. Os campos eletromagnéticos podem ser caracterizados pela frequência a que operam e pela intensidade do campo, e são estas características que determinam a interação com os sistemas biológicos [OMSe98]. Torna-se também necessário distinguir entre efeito biológico e efeito adverso para a saúde humana, uma vez que quando se verificam efeitos biológicos nem sempre significa que estes sejam adversos para a saúde humana. A Organização Mundial de Saúde (OMS) define efeito biológico como aquele que ocorre quando a exposição a um dado agente causa alterações visíveis e detetáveis no sistema biológico, e como efeito adverso para a saúde aquele que ocorre quando o efeito biológico se encontra fora da gama normal que permite ao corpo compensar a alteração provocada e que pode levar a uma condição de saúde prejudicial [OMSh98].

Os efeitos inerentes à exposição a CEMs que ocorrem em sistemas biológicos podem ainda ser classificados como efeitos agudos ou efeitos crónicos ou retardados, sendo os efeitos agudos os que ocorrem de imediato na altura da exposição, e os efeitos crónicos ou retardados os que ocorrem quando há uma exposição prolongada a CEMs.

#### **3.2 Campos Estáticos**

Nesta secção são descritos possíveis impactos para o corpo humano decorrentes da exposição a campos elétricos e magnéticos estáticos [OMSa06], [OMSb06], [OMSh98]. O efeito mais usual devido à exposição a campos estáticos consiste na indução de cargas e correntes elétricas no corpo, embora tenham sido identificados outros efeitos que podem levar a consequências adversas para a saúde. Mas neste caso, isto apenas acontece quando a intensidade do campo é muito elevada, ou seja, várias vezes acima dos limites de referência de exposição.

No que diz respeito aos campos elétricos estáticos, estes não penetram em objetos condutores, como é o caso do corpo humano, apenas induzindo uma carga elétrica superficial que é sempre perpendicular à superfície do corpo. Quando a intensidade da carga superficial é suficientemente elevada, pode tornar-se perceptível através do movimento

dos cabelos humanos (efeito vulgarmente conhecido como sendo devido à eletricidade estática) ou por outros efeitos como descargas elétricas que provocam algum desconforto devido à sensação de choque. Estes são os únicos efeitos agudos estabelecidos devido à exposição a campos elétricos estáticos. O limite de percepção para o ser humano pode depender de diversos fatores, e normalmente encontra-se entre 10 e 45 kV/m. Não existem estudos suficientes que permitam concluir acerca dos efeitos crónicos devido à exposição a campos elétricos estáticos, e segundo a Agência Internacional para a Investigação do Cancro (IARC), não existe evidência científica suficiente que permita classificar estes campos quanto à sua carcinogenicidade para humanos.

Os campos magnéticos estáticos que ocorrem naturalmente podem variar ao longo da superfície terrestre, e esta variação está relacionada com a orientação e comportamento migratório de algumas espécies animais. No que diz respeito aos efeitos provocados pela exposição a campos magnéticos estáticos na saúde humana, existe uma dificuldade no seu estudo, principalmente devido à escassez de dados relevantes, nomeadamente no que diz respeito aos efeitos decorrentes da exposição a longo prazo.

A exposição a curto prazo a campos magnéticos estáticos está associada a alguns efeitos agudos. Em estudos humanos com voluntários e estudos animais foram observadas respostas cardiovasculares à exposição, como alterações na pressão sanguínea e batimentos cardíacos; a possibilidade de estes efeitos ocorrerem só se verifica para campos superiores a 8 T. Alguns estudos sugerem três possíveis efeitos associados a potenciais fluxos induzidos:

- pequenas alterações na taxa de batimento cardíaco: considera-se que não apresenta consequências para a saúde humana;
- indução de batimentos cardíacos ectópicos<sup>1</sup>: que podem ser significativos fisiologicamente;
- possibilidade do aumento de ritmos cardíacos fora do normal (arritmia) que pode levar a fibrilação ventricular, pondo em risco a saúde.

Quando uma pessoa em movimento se sujeita a um campo magnético estático de densidade superior a 2 T, podem ocorrer sensações de vertigem e náusea, sendo possível também surgir um gosto metálico na boca e ter a percepção de *flashes* de luz; no entanto, este valor encontra-se cerca de 10 vezes acima do limite de exposição ocupacional. Estes efeitos são apenas temporários, mas podem influenciar a segurança de trabalhadores que executem procedimentos delicados.

Relativamente a efeitos crónicos ou retardados, não existe evidência suficiente de estudos epidemiológicos e laboratoriais que permita tirar conclusões. A IARC concluiu também que a

---

<sup>1</sup> Batimentos cardíacos ectópicos correspondem a uma irregularidade no ritmo e frequência cardíacas, implicando a existência de batimentos extra ou interrompidos.

evidência existente é inadequada para concluir acerca da carcinogenicidade para humanos, pelo que, os campos magnéticos estáticos não são atualmente classificáveis.

### **3.3 Campos de Frequência Extremamente Baixa**

A exposição a campos elétricos e magnéticos de frequência extremamente baixa, ou campos ELF, do inglês *Extremely Low Frequency*, pode, em termos de efeitos imediatos, afetar o sistema nervoso da pessoa exposta, podendo provocar consequências adversas para a saúde, como a estimulação de nervos, mas apenas para exposições a níveis de campo muito elevados, várias vezes acima do limite de exposição. A exposição a níveis mais reduzidos, mas ainda assim acima do limite de exposição, pode levar a alterações da excitabilidade do tecido nervoso no sistema nervoso central, podendo desta maneira afetar a memória, a cognição e outras funções cerebrais. Estes efeitos agudos no sistema nervoso estão na base do estabelecimento das normas internacionais de exposição a CEMs. No entanto, é pouco provável que possam ocorrer para os níveis de exposição que se encontram no ambiente em geral e na maioria dos ambientes de trabalho. A exposição a campos elétricos ELF também pode induzir uma carga elétrica superficial que pode provocar um efeito perceptível mas não perigoso, como micro-choques [OMSd06].

No que diz respeito aos efeitos crónicos decorrentes da exposição a campos magnéticos ELF, a evidência científica atual baseada em estudos epidemiológicos mostra que a exposição diária a estes campos de baixa intensidade está associada a um aumento do risco de leucemia infantil. No entanto, toda a evidência laboratorial não encontra uma relação entre a exposição a níveis reduzidos de campos magnéticos ELF e alterações nas funções biológicas ou no estado da doença. Sendo assim, a evidência não é suficientemente forte para que a exposição a campos magnéticos ELF seja considerada causal, continuando os campos ELF classificados como possivelmente carcinogénicos [OMSd06]. A relação entre a exposição a campos magnéticos ELF e a possibilidade de causar outras doenças também foi estudada. Exemplos destas doenças são outros tipos de cancro em crianças e adultos, depressão, disfunções na reprodução, desordens do desenvolvimento, alterações imunológicas, doenças neurológicas e cardiovasculares. A evidência científica que poderia associar estas doenças à exposição a campos magnéticos ELF é ainda mais reduzida do que a de leucemia infantil, e nalguns casos, pode dizer-se mesmo que a exposição não é a causa da doença (nomeadamente doenças cardiovasculares e cancro da mama) [OMSc98].

### **3.4 Campos de Radiofrequência**

Os efeitos provocados pela exposição a campos eletromagnéticos de RF dependem da frequência e intensidade do campo [OMSe98].

Os campos RF com frequência superior a 10 GHz são absorvidos pela superfície da pele e a energia que penetra nos tecidos subjacentes é muito reduzida. Nesta gama de frequências, para ocorrerem efeitos adversos para a saúde, como cataratas ou queimaduras de pele, a densidade de potência a que uma pessoa teria que estar exposta tinha de ser superior a  $1\,000\text{ W/m}^2$ , sendo que o limite de exposição para a população em geral definido na legislação portuguesa, nesta banda, é de  $10\text{ W/m}^2$ . Estes valores de potência não se encontram no dia-a-dia, e apenas se encontram na proximidade de radares bastante potentes, áreas nas quais a presença humana é restrita.

Em relação às fontes de campos RF entre 1 MHz e 10 GHz, a energia absorvida proveniente das mesmas penetra nos tecidos expostos e pode provocar aquecimento. Nesta gama de frequências, a quantidade dosimétrica usada para avaliar a exposição a campos eletromagnéticos é a taxa de absorção específica (SAR, do inglês, *Specific Absorption Rate*). Seria necessário um valor de SAR de pelo menos  $4\text{ W/kg}$  para provocar efeitos adversos para a saúde das pessoas expostas a estes campos, valor este que é pelo menos duas vezes superior ao limite de SAR nesta banda (por exemplo,  $2\text{ W/kg}$ , é o valor máximo de exposição para a cabeça). Este valor de SAR apenas se pode encontrar a distâncias de algumas dezenas de metros de antenas de difusão; no entanto, estas antenas encontram-se em torres muito elevadas, tornando estas áreas inacessíveis. Os efeitos mais adversos que podem ocorrer relacionam-se com o aquecimento induzido devido à exposição a campos RF, que pode provocar subidas de temperatura da ordem de  $1\text{ }^\circ\text{C}$ . Este aquecimento pode desencadear respostas psicológicas e termo-regulatórias, que podem implicar uma diminuição na capacidade de realizar algumas tarefas mentais e físicas, enquanto a temperatura corporal é mais elevada que o normal. O aquecimento induzido pode afetar o desenvolvimento do feto, levar a defeitos de nascença (apenas se o aumento de temperatura for cerca de  $2$  ou  $3\text{ }^\circ\text{C}$  durante várias horas), afetar a fertilidade masculina e levar à indução de cataratas. Estes efeitos verificaram-se com a realização de estudos sobre exposição a RF em frequências superiores a 1 MHz, e que avaliaram os efeitos de exposição aguda a níveis elevados de campos de RF que não se encontram na vida diária.

Para campos RF de frequência inferior a 1 MHz, pode ocorrer a indução de cargas elétricas e correntes no corpo, podendo estas estimular células dos tecidos, como nervos e músculos. Naturalmente, já existem correntes elétricas no corpo, no entanto, se as correntes induzidas excederem o nível de fundo normal do corpo humano, poderão existir consequências adversas para a saúde [OMSh98].

No que diz respeito à exposição a campos RF e ao risco de cancro, a evidência científica atual indica que é improvável que a exposição a campos RF possa promover ou provocar cancro [OMSe98].

Outros efeitos decorrentes da exposição a campos de RF podem estar associados à interferência eletromagnética causada nalguns dispositivos elétricos [OICo08]. Torna-se

então importante tomar algumas precauções e restringir o uso de fontes de campos RF, como telemóveis, junto a equipamentos de suporte à vida em unidades de cuidados intensivos e blocos operatórios, em hospitais, ou junto a equipamentos de navegação, dentro dos aviões. Podem também ocorrer cenários de interferências em dispositivos como estimuladores cardíacos ou aparelhos auditivos, pelo que a OMS aconselha que as pessoas se informem acerca da suscetibilidade do dispositivo que utilizam a estes efeitos [OMSe98].



## 4 Legislação

A OMS tem promovido investigação na área da exposição à radiação eletromagnética. Os frutos deste esforço de investigação levaram a que a ICNIRP, entidade associada à OMS, definisse um conjunto de limites de exposição a campos eletromagnéticos para a população em geral e para os trabalhadores [ICNI98]. Estes limites de exposição baseiam-se nos valores a partir dos quais se verifica a ocorrência de efeitos adversos para a saúde humana. Estes limites consideram ainda fatores de segurança com o objetivo de oferecer uma maior proteção a alguns segmentos da população considerados mais sensíveis [DGSa04].

Com base nas diretivas propostas pela ICNIRP, o Conselho da União Europeia elaborou uma Recomendação relativa à limitação de exposição aos campos eletromagnéticos (0 Hz – 300 GHz) para a população em geral [CoEU99], de acordo com a qual os estados-membros devem tomar medidas de proteção, de informação às populações e de acompanhamento da evolução científica. Este documento refere a necessidade de se obter um equilíbrio entre as ações que limitam a exposição da população aos campos eletromagnéticos e os benefícios de saúde e segurança que os dispositivos que emitem campos eletromagnéticos proporcionam em termos de qualidade de vida em domínios como as telecomunicações, a energia e a segurança pública. Refere ainda a necessidade de se estabelecer, através de recomendações aos estados-membros, um quadro comunitário relativamente à exposição aos campos eletromagnéticos, tendo em vista a proteção da população.

Sendo assim, esta recomendação tem por objetivo proteger a saúde pública, aplicando-se consequentemente aos locais em que as pessoas passam períodos de tempo significativos de exposição aos efeitos abrangidos pela mesma. Refere ainda que o quadro comunitário, que se reporta à vasta documentação científica já disponível, deverá basear-se nos melhores dados e orientações científicas disponíveis neste domínio e conter restrições básicas e níveis de referência relativos à exposição aos campos eletromagnéticos. Há que recordar que apenas foram utilizados como base da limitação recomendada à exposição os resultados comprovados, devendo estas restrições básicas e níveis de referências aplicar-se a todas as fontes que emitam campos eletromagnéticos, à exceção das fontes de radiação ótica e ionizante.

Nesta recomendação, os limites de referência para a exposição a CEMs por parte do público em geral são definidos, estando listados na Tabela 4.1.

A nível nacional, esta recomendação foi adotada através de uma portaria [PoDR04], existindo ainda legislação adicional publicada relativa a este tema, entre os quais, um despacho que definiu a criação de um Grupo de Trabalho Interministerial para propor os níveis de referência adequados e elaborar propostas de atuação concretas, designadamente

através de medidas preventivas a aplicar na instalação de estações de Radiocomunicações [DeCo97].

Tabela 4.1 - Níveis de referência para campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos (0 Hz – 300 GHz) para a exposição da população em geral [CoEU99].

Frequências, $f$	Intensidade do campo elétrico [V/m]	Intensidade do campo magnético [A/m]	Intensidade do campo de indução magnética [ $\mu$ T]	Densidade de potência equivalente de onda plana [ $W/m^2$ ]
0 – 1 Hz	-	32000	40000	-
1 – 8 Hz	10000	$32000/f^2$	$40000/f^2$	-
8 – 25 Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	-
0.025 – 0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	-
0.8 – 3 kHz	$250/f$	5	6.25	-
3 – 150 kHz	87	5	6.25	-
0.15 – 1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	-
1 – 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	-
10 – 400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 – 2000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2 – 300 GHz	61	0.16	0.20	10

De referir ainda vários decretos-lei que regulam o regime de acesso à atividade de operador de redes públicas de telecomunicações, e de prestador de serviço de telecomunicações de uso público [DeLa97], que definem o regime aplicável ao licenciamento de redes e estações de Radiocomunicações e determina a obrigatoriedade de as entidades competentes aprovarem “níveis de referência” para efeitos de avaliação da exposição a CEMs [DeLb00], e que regulam a autorização municipal inerente à instalação e funcionamento das infraestruturas de suporte das estações de Radiocomunicações e respetivos acessórios e adota mecanismos para fixação dos níveis de referência relativos à exposição da população a CEMs (0 Hz - 300 GHz) [DeLc03].

No entanto, ainda antes de a Recomendação do Conselho ter sido adotada na legislação portuguesa, foi publicada pela Autoridade Nacional das Comunicações (ANACOM), em Abril de 2001, uma deliberação em que esta decidiu adotar nas avaliações que faz das radiações emitidas pelo GSM os níveis de referência fixados nessa mesma recomendação [ANAC01]. Existe ainda uma referência à necessidade de criação de um “Código de conduta e boas práticas para a instalação de equipamentos que criem Campos Eletromagnéticos” [ReAs02].



## 5 Fontes de Radiação Eletromagnética

Neste capítulo define-se o que são fontes de radiação, fazendo-se a distinção das mesmas segundo a banda de frequência em que operam/emitem. Em cada secção apresentam-se também exemplos de fontes de radiação com algumas referências aos valores de campo eletromagnético que lhes estão associados.

### 5.1 Definições

Define-se como uma fonte de radiação, um objeto que tenha a ele associado um campo elétrico e/ou magnético. O campo gerado por cada fonte de radiação é caracterizado por uma dada frequência.

As fontes de radiação podem ser de origem natural, como o campo magnético terrestre ou a luz do Sol, e podem ser de origem artificial, isto é, qualquer fonte criada pelo Homem, como telemóveis, microondas, ou ecrãs de televisão [EuCo05].

Dentro das fontes de radiação criadas pelo Homem, torna-se necessário distinguir aquelas cujo princípio de funcionamento se prende com a emissão de radiações, como os telemóveis e comandos de televisão, e aquelas cujo princípio de funcionamento não é o de radiar, como a maior parte dos eletrodomésticos que se encontram nas nossas casas. Estas fontes podem ainda distribuir-se segundo o espaço em que se encontram [DGSa04]:

- Espaço domiciliário – microondas, telemóveis, alarmes de segurança, rádios, televisões e aparelhos de vídeo, entre outros equipamentos.
- Espaço profissional – sistemas de aquecimento industrial, indústrias de radiodifusão, transporte e comunicações militares, equipamentos de diatermia médica e instrumentos electrocirúrgicos. Há o risco da exposição excessiva dos profissionais que operam com estes sistemas, mas a este nível de exposição existe regulamentação específica, [SLAC08].
- Espaço público – emissores de rádio ou televisão, radares, equipamentos de comunicação variados, sistemas de comando sem fios. Níveis mais elevados de campos de RF podem ocorrer em áreas localizadas perto de locais onde estão sedeadas grande número de antenas ou sistemas de radar.

A radiação proveniente de cada fonte pode interagir com o corpo humano de diferentes formas. Os fatores que influenciam o nível de exposição de um indivíduo aos campos eletromagnéticos são, entre outros, a potência radiada, frequência de funcionamento, distância à fonte emissora, localização relativamente ao diagrama de radiação das antenas, e duração de exposição.

## 5.2 Campos Estáticos

São poucas as fontes de campos magnéticos e/ou elétricos estáticos, embora o número de tecnologias que os emprega tenha vindo a aumentar. Os campos estáticos estão presentes em diversas aplicações, como na área da medicina, em sistemas de transporte de corrente contínua, e ainda em centros de investigação de física de alta energia [OMSa06].

Em primeiro lugar, há que distinguir as fontes de radiação de origem natural, Tabela 5.1. O campo elétrico natural da Terra que se encontra na superfície terrestre pode variar consoante o tempo e localização; este campo é originado pela separação das cargas que ocorre entre a superfície terrestre e a ionosfera. O campo magnético terrestre é uma soma de um campo interno originado pela atuação da Terra como um íman permanente, e de um campo externo gerado no ambiente devido a fatores como a atividade solar e processos atmosféricos.

Tabela 5.1 - Campos elétrico e magnético naturais terrestres [OMSb06].

<b>Campo Elétrico</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Intensidade máxima [kV/m]</b>
Superfície (bom tempo)	0.13
Altitude de 1000 m	0.045
Aproximação de tempestade	0.1 – 3
<b>Campo de Indução Magnética</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Intensidade máxima [<math>\mu</math>T]</b>
Equador magnético	35
Polos magnéticos	70

Em relação às fontes de campos elétricos estáticos produzidas pelo Homem, podem-se considerar os sistemas de transmissão de energia e sistemas de transporte; a principal causa do aparecimento destes campos no ambiente é a separação das cargas como resultado de fricção. Na Tabela 5.2, listam-se algumas fontes de campos elétricos estáticos de origem artificial.

No que diz respeito a fontes de campos magnéticos estáticos artificiais, tem-se como exemplos aplicações em sistemas de transporte e indústria, aplicações médicas, como ressonâncias magnéticas (RMs), e aplicações associadas a unidades investigação em tecnologias energéticas. Os sistemas ferroviários eletrificados são uma das fontes de campos estáticos que mais contribui para o nível de exposição do público em geral. Na Tabela 5.3, encontram-se alguns exemplos de sistemas de transporte que produzem campos magnéticos estáticos; de notar que os valores apresentados se encontram cerca de 100 vezes abaixo do limite de exposição para o público em geral, apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 5.2 - Fontes de campos elétricos estáticos [OMSb06].

Descrição		Intensidade do campo elétrico estático [kV/m]	
		Valor médio	Valor máximo
Andar sobre carpete não condutora		10 – 500	-
Terminais de Vídeo	A 5 cm do ecrã	100 – 300	-
	A 30 cm do ecrã	10 – 20	-
Fundição e moldagem de plásticos		100 – 300	-
Linhas de transmissão elétricas DC		-	176.3
Linhas de transmissão elétricas DC 500 kV	Diretamente abaixo da linha	20	-
	A 400 m da linha	2	-
	A 800 m da linha	1	-
Sistema ferroviário elétrico	600 V (a 5 m)	0.03	-
	15 – 6 kV (no interior)	0.3	-

Tabela 5.3 - Fontes de campos magnéticos estáticos – exemplos de sistemas de transporte [OMSb06].

Descrição do sistema de transporte	Campo de indução magnética estático	
	Valor médio [μT]	Gama de valores [μT]
Barco <sup>a</sup>	55.9	47.6 – 67.9
Escada Rolante <sup>a</sup>	57.6	30.9 – 84.9
Passadeira Rolante <sup>a</sup>	61.7	23.6 – 121.8
Carros, Carrinhas e autocarros convencionais <sup>b</sup>	33.9	2.7 – 87.5
Carros e carrinhas elétricas <sup>b</sup>	38.8	12.5 – 104.1
Autocarro elétrico	37.4	15.1 – 61.0
Elétrico (AC) <sup>a</sup>	48.6	24.3 – 73.4
Comboio (AC) <sup>a</sup>	53.8	19.4 – 196.9

<sup>a</sup> Medidas a uma altura de 0.9 m.

<sup>b</sup> Média de todas as posições medidas (cabeça, cintura e tornozelo do condutor e passageiros).

Relativamente aos campos estáticos em ambientes industriais, estes são maioritariamente produzidos por correntes alternadas intensas utilizadas em diversos processos industriais, Tabela 5.4, tendo-se como exemplos as indústrias de produção de alumínio e cloro ou vários processos de soldadura a arco elétrico com gás de proteção. Por exemplo, no caso dos trabalhadores que estão envolvidos no processo de fabricação de alumínio, estes estão expostos a campos magnéticos estáticos. Medidas realizadas em onze fábricas francesas mostraram que o valor de campo variava entre 4 e 30 mT, sendo que os trabalhadores estavam expostos a valores inferiores a 20 mT [OMSb06]. No que diz respeito aos processos de soldadura por arco elétrico, as correntes diretas alternadas ou por impulsos produzem

igualmente campos magnéticos estáticos. Pode-se referir, como exemplo, os processos de soldadura de metais com gás de proteção inerte (MIG) e com gás de proteção ativo (MAG) podem produzir campos estáticos com valores até 5 mT a 1 cm do cabo de soldar. Neste tipo de ambiente a exposição é considerada como ocupacional, sendo assim, os limites de exposição a aplicar nestes casos tratam-se dos limites de exposição ocupacional.

Os sistemas de imagem por ressonância magnética têm vindo a ser cada vez mais usados. Estes sistemas produzem um campo magnético estático homogéneo bastante forte, que é gerado por uma combinação de ímanes permanentes e ímanes supercondutores, atingindo valores entre 0.2 e 3 T, para sistemas clínicos comuns, Tabela 5.4.

É importante referir que o limite de referência para a população em geral é de 40 mT, e que o limite de referência para exposição ocupacional é de 200 mT (considerando o valor médio de exposição durante um dia) [ICNI98].

Os campos magnéticos estáticos podem também encontrar-se em unidades de investigação e tecnologias energéticas, nos quais os valores podem ser bastante elevados, Tabela 5.4. Alguns exemplos são:

- aceleradores de partículas, como o LEP (do inglês, *Large Electron Positron Collider*) no CERN<sup>2</sup>, em Genebra, que é constituído por milhares de ímanes, incluindo alguns supercondutores;
- investigação de fusão termonuclear;
- investigação em magneto-hidrodinâmica, que estuda a evolução do campo magnético e o movimento de fluidos condutores;
- câmaras para deteção de partículas subatómicas;
- espectroscopia de ressonância magnética nuclear, usada para obter as propriedades físicas e químicas das moléculas.

Existem ainda outros exemplos [OMSb06], como o uso de pneus radiais com cintas de aço, que produzem campos magnéticos estáticos e de baixa frequência no compartimento dos passageiros em veículos automóveis. Medidas efetuadas mostraram que, a 10 cm do pneu, a densidade de fluxo magnético era cerca de 150  $\mu$ T e que a 50 km/h este valor era inferior a 0.01  $\mu$ T dentro do habitáculo da viatura. Auscultadores e o altifalante do telefone podem produzir campos magnéticos com densidades que variam entre 0.3 e 1 mT nas suas superfícies. Os campos estáticos produzidos por dispositivos alimentados através de uma bateria são bastante pequenos, quando comparados com os níveis de origem natural. Adesivos, cobertores e colchões magnéticos com alegadas propriedades terapêuticas apresentam na sua superfície uma densidade de fluxo magnético de cerca de 50 mT, que decai rapidamente a alguns milímetros. Os ímanes de barra podem produzir campos

---

<sup>2</sup> Organização Europeia para a Investigação Nuclear; CERN vem do francês: *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*.

magnéticos estáticos com uma densidade de fluxo magnético entre 1 e 10 mT a 1 cm de distância.

Tabela 5.4 - Outros exemplos de fontes de campos magnéticos estáticos [OMSb06].

<b>Tecnologias Energéticas</b>		
<b>Aplicações</b>		<b>Campo de indução magnética estático [mT]</b>
Reatores de Fusão Termonuclear	Áreas acessíveis	5
	Exterior do local do reator	0.1
Sistemas Magneto-hidrodinâmicos	A 50 m	10
	Distâncias superiores a 250 m	0.1
Sistemas de armazenamento de energia de ímanes supercondutores (valor máximo, em áreas acessíveis)		50
<b>Unidades de Investigação</b>		
<b>Aplicações</b>		<b>Campo de indução magnética estático [mT]</b>
Espectrómetros supercondutores (em áreas acessíveis ao operador)		1 000
Aceleradores de Partículas		Só há exposição durante a manutenção
Unidades de Separação de Isótopos		1 (pode chegar a 50 mT)
Ressonância Magnética Nuclear	A 24 cm de um íman de 18.8 T	2 000
	A 52 cm de um íman de 18.8 T	600
<b>Indústria</b>		
<b>Aplicações</b>		<b>Campo de indução magnética estático [mT]</b>
Produção de Alumínio		Até 100 em locais acessíveis (normalmente inferior a 20)
Processos eletrolíticos		10 (50 no máximo)
Produção de ímanes	Cabeça e Tórax	0.3 – 0.5
	Mãos	2 – 5
Soldadura	Arco submerso	5
	MIG/MAG	0.9 – 1.9
<b>Medicina</b>		
<b>Aplicações</b>		<b>Campo de indução magnética estático [mT]</b>
Imagiologia e Espectroscopia por RM	A 10 m de um íman de 1 T sem proteção	0.5
	A 13 m de um íman de 2 T sem proteção	0.5
RM	Perto de uma unidade de 1.9 T	850
	A 2 m de uma unidade de 1.9 T	Inferior a 30
	Na consola do operador	0.5 – 5
	Perto de um sistema de 4 T com escudo	1 000

### 5.3 Campos de Frequência Extremamente Baixa

Os campos eletromagnéticos de frequência extremamente baixa, como o próprio nome indica, são campos de baixas frequências, isto é, na gama de frequências de 1 até 300 Hz. Nesta gama de frequências, os campos elétricos e magnéticos devem ser considerados separadamente, e têm origem na produção, transporte, distribuição e utilização de eletricidade na vizinhança dos cabos elétricos. Surgem também na proximidade de eletrodomésticos e outros equipamentos de aplicação industrial que produzem eletricidade [DGSa04]. A OMS distingue as fontes de campos ELF consoante o ambiente [OMSc98]:

- **Comunidade:** A energia elétrica de estações geradoras é distribuída pela comunidade via linhas de alta tensão. Os transformadores são usados para diminuir a tensão das ligações para as linhas residenciais que distribuem energia pelas casas. Campos elétricos e de indução magnética sob as linhas de transmissão podem ser tão elevados como 12 kV/m e 30  $\mu$ T, respetivamente. Na proximidade de subestações, o campo elétrico pode ir até 16 kV/m e o campo de indução magnética até 270  $\mu$ T.
- **Habitação:** Os campos elétricos e magnéticos nas habitações dependem de diversos fatores, incluindo a distância às linhas de transmissão locais, o número e tipo de dispositivos elétricos usados na habitação, e a configuração e posição da instalação elétrica na habitação.
- **Local de trabalho:** Os campos elétricos e magnéticos existem na proximidade dos equipamentos elétricos e cabos presentes nas indústrias. Os trabalhadores que trabalham na manutenção de linhas de transmissão e distribuição podem estar expostos a campos elétricos e magnéticos bastante elevados. Trabalhadores de escritório estão expostos a valores de campo muito inferiores ao utilizarem alguns equipamentos como fotocopiadoras ou dispositivos de vídeo.

No que diz respeito à exposição a campos elétricos ELF dentro da habitação, as fontes são maioritariamente os dispositivos domésticos ou a instalação elétrica da própria habitação, uma vez que os campos produzidos por fontes exteriores à habitação são consideravelmente atenuados pela sua estrutura. Os campos elétricos ELF produzidos pela instalação elétrica dependem muito do tipo de instalação e, por exemplo, no caso de os fios passarem nas paredes, a atenuação do campo vai depender dos materiais de construção. No entanto, verifica-se que o campo elétrico estático provém maioritariamente dos dispositivos elétricos utilizados no interior da habitação. No caso do campo elétrico, este está presente mesmo com os aparelhos desligados, mas ligados à tomada. De qualquer forma, tanto o campo elétrico como o campo magnético decaem rapidamente à medida que a distância ao dispositivo aumenta.

Relativamente aos campos magnéticos ELF, as maiores fontes dentro da habitação são igualmente os dispositivos domésticos. Na Tabela 5.5 encontram-se alguns exemplos de dispositivos domésticos que são fontes de campos magnéticos ELF.

Tabela 5.5 - Fontes de campos magnéticos ELF [OMSd06].

Localização na habitação	Fonte	Intensidade do campo de indução magnética [T] (a 50 cm)	
		Valor calculado	Valor medido
Casa de Banho	Secador de cabelo	0.12	0.10
	Máquina de barbear	0.84	-
	Chuveiro Elétrico	0.44	0.75
Cozinha	Triturador	0.97	1.05
	Abre-latas elétrico	1.33	1.33
	Máquina de café	0.06	0.07
	Máquina de lavar loiça	0.80	0.46
	Robot de cozinha	0.23	0.23
	Microondas	1.66	0.63
	Batedeira	0.69	0.69
	Forno elétrico	0.39	0.23
	Frigorífico	0.05	0.03
	Arca congeladora	0.04	0.02
	Torradeira	0.09	0.08
	Faca elétrica	0.12	0.05
	Liquidificadora	0.29	0.35
	Jarro elétrico	0.26	0.11
	Ventoinha de extração	0.50	0.93
	Exaustor	0.26	0.10
	Placa de fogão	0.08	0.05
Utilitários	Máquina de secar	0.34	0.42
	Máquina de lavar roupa	0.96	0.56
	Ferro de engomar	0.03	0.02
	Aquecedor portátil	0.22	0.18
	Aspirador	0.78	0.74
Sala de estar	Televisão	0.26	0.11
	Vídeo	0.06	0.05
	Leitor de cassete	0.24	-
	Sistemas áudio	0.08	0.14
	Rádio	0.06	0.04
Outros	Relógio de alarme	0.05	0.05
	Bomba de aquário	0.32	0.09

Existem campos magnéticos quando há passagem de corrente no dispositivo, o que pode acontecer mesmo quando os dispositivos não se encontram em funcionamento, mas ligados à tomada. Tipicamente, numa habitação, o campo magnético consiste num nível de ruído

com valores mais elevados na proximidade de cada dispositivo. Muitos dispositivos domésticos incluem um motor, um transformador ou um reator ou indutor; todos eles dependem da existência de um campo magnético para funcionar, isto é, criam deliberadamente um campo magnético dentro do dispositivo. O campo magnético à volta do dispositivo (devido a fugas) depende muito do *design*, que deve reduzir as fugas o mais possível. Se o *design* do dispositivo for de baixo custo, num dispositivo pequeno ou de baixo peso, o campo magnético na proximidade da aplicação será certamente maior. No entanto, os campos magnéticos só são significativos junto dos dispositivos, sendo que, a cerca de 1 m de distância do dispositivo, o nível de campo é já tão baixo que se pode confundir com o nível de ruído no ambiente.

Outras fontes de campos magnéticos ELF presentes no ambiente residencial são os sistemas de aquecimento de chão. O campo magnético que é produzido por estes sistemas depende da sua configuração e da profundidade dos cabos. Normalmente, a densidade de fluxo magnético pode ser de alguns microTesla ao nível do chão, decaindo rapidamente com o aumento da distância. Existem ainda outros exemplos de fontes de campos magnéticos ELF presentes em ambientes de trabalho como industria e escritórios, Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Fontes de campos magnéticos ELF no ambiente de trabalho [OMSg06].

Localização	Equipamento	Potência Equivalente Máxima [W]	Intensidade de campo de indução magnética máxima [ $\mu$ T]
Escritório	Candeeiro de secretária	-	3
	Fax	-	4
	Fotocopiadora <sup>3</sup>	2500	-
	Impressora a jacto de tinta	-	30
	Impressora Laser	450	6.5
	Máquina de Destruir Papel	-	20
	Monitor CRT	230	1.6
Oficina	Bancada de Perfuração	750	20
	Berbequim	500	150
	Máquina de soldar	1	-
	Plaina Elétrica	750	20
	Serra elétrica	17500	10
	Serra vertical	500	150
	Torno mecânico	750	1.5
Outros	Aparador de relva elétrico	400	20
	Ar Condicionado <sup>4</sup>	2200	2

<sup>3</sup> Valor referência para soluções profissionais de impressão Canon, <http://www.canon.pt/>.

<sup>4</sup> Valor referência para ar condicionado Samsung, <http://www.samsung.com.pt/>.



Tabela 5.6 - Fontes de campos magnéticos ELF no ambiente de trabalho [OMSg06]. (cont.)

Outros	Detentor de Dinheiro Contrafeito	-	20
	Lâmpada	60	0.5
	Lâmpada Fluorescente (Teto)	55	4
	Lâmpada de Halogéneo	100	35

#### 5.4 Campos de Radiofrequência

Hoje em dia, os campos eletromagnéticos de RF são bastante intrínsecos à nossa sociedade. As fontes mais conhecidas são os sistemas comunicações móveis, nomeadamente telemóveis e as suas Estações Base (EBs), e sistemas de difusão de rádio e televisão. Existem ainda aplicações médicas e industriais e outros equipamentos domésticos, com emissões de CEMs nesta banda de frequências. Considera-se como RF a banda de frequências desde 3 kHz até 300 GHz [ICNI98]. A OMS distingue as fontes de campos RF consoante o ambiente [OMSe98]:

- Comunidade: a maior parte dos campos RF presentes neste tipo de ambiente são provenientes de sistemas de difusão de rádio e televisão e de sistemas de comunicações móveis. Em geral, a exposição a campos RF provenientes de sistemas de comunicações móveis é inferior à proveniente dos sistemas de difusão de rádio e televisão.
- Habitação: as fontes de RF presentes na habitação incluem o forno de microondas, telefones móveis, sistemas de alarme, comandos à distância, entre outros. O nível de ruído gerado pelas fontes de campos RF na habitação é reduzido.
- Local de trabalho: É possível que os níveis de campos RF a que estão expostos trabalhadores em locais como indústrias de difusão, transportes e comunicações sejam relativamente elevados, quando trabalham perto de antenas de transmissão de campos RF e sistemas de radares.

Nesta gama de frequências existe a necessidade de separar as fontes que operam próximo do corpo humano das que operam longe, Tabela 5.7 e Tabela 5.8, respetivamente. No primeiro caso, tem-se o exemplo da exposição aos campos provenientes do uso de telefones móveis, onde o limite de exposição se prende com o valor da taxa de absorção específica (SAR). Os telefones móveis no mercado europeu têm de cumprir as diretivas europeias, garantindo assim que o limite para a quantidade de potência absorvido pelo corpo humano não é excedido [SCHE07]. Existem ainda outros exemplos como os sistemas de telefones sem fios (DECT), WLANs e dispositivos antirroubo. No caso das fontes que funcionam afastadas do corpo humano, encontram-se as EBs dos sistemas de comunicações móveis, antenas de sistemas de difusão de rádio e televisão, radares, entre outros [SCHE07].

A grande preocupação do público em geral prende-se com a exposição às radiações das EBs dos sistemas de comunicações móveis, nomeadamente, devido à sua instalação perto de

habitações e locais ditos sensíveis, como escolas e hospitais. As antenas emitem tipicamente no plano horizontal, sendo que, no plano vertical a largura do feixe é bastante reduzida. Isto significa que a intensidade do campo RF nos locais diretamente abaixo da antena é muito baixa. Ainda assim, a intensidade diminui rapidamente com a distância, e nos únicos locais em que os limites podem ser excedidos deverá existir um perímetro de segurança que impeça a passagem de pessoas não autorizadas. O tamanho deste perímetro de segurança normalmente varia entre 2 e 5 m, e depende do tipo de instalação e da potência de emissão das antenas, [OIFR05].

Tabela 5.7 - Fontes de campos RF que operam próximo do corpo humano, [EMFP08], [OMSf06] e [FAQt14].

Equipamento	Frequência [MHz]	Potência Equivalente Máxima [W]
Dispositivos antirroubo	0.00001 – 2 500	-
<i>Walkie-talkie</i>	27	5
Intercomunicador de bebês	40 – 41	0.010
TETRA (terminal móvel)	410 – 430	1
Telefone Móvel (LTE 800)	832 – 862	1
RFID	865 – 868	2
	2 446 – 2 454	0.500
Telefone Móvel (GSM 900)	890 – 914	2
Telefone Móvel (UMTS 900)	890 – 914	1
Telefone satélite	1 600	2
Telefone Móvel (GSM 1800)	1 710 – 1 785	1
Telefone Móvel (LTE 1800)	1 710 – 1 770	1
Telefone sem fios (DECT)	1 880 – 1 900	0.250
Telefone Móvel (UMTS)	1 900 – 1 980	0.125
WLAN	2 412 – 5 825	1
Forno microondas	2 450	1 000
Telefone Móvel (LTE 2600)	2 510 – 2 570	1

Tabela 5.8 - Fontes de campos RF que operam afastadas do corpo humano, [EMFP08], [ANAC09], [monI09] e [FAQt14].

Equipamento	Frequência [MHz]	Potência Equivalente Máxima [W]
Transmissor de Rádio AM	0.535 – 1.7	221 400
Rádio Amador	3 – 248 000	1 500
Transmissor de Rádio (Onda curta)	5.9 – 26.1	75 000
Transmissor de Rádio FM	87.5 – 108	164 000
Banda do Cidadão	26.965 – 27.405	12
Difusão de televisão analógica (VHF)	174 – 209	209 920
TETRA (estação)	410 – 430	3

Tabela 5.8 - Fontes de campos RF que operam afastadas do corpo humano, [EMFP08], [ANAC09], [monI09] e [FAQt14]. (cont.)

Difusão de televisão analógica (UHF)	470 – 862	918 400
Difusão de televisão digital <sup>5</sup>	678 – 758	1 000
Estação Base (LTE 800)	791 – 821	3 900
Estação Base (GSM 900)	935 – 959	1 000
Estação Base (LTE 1800)	1 805 – 1 865	3 900
Estação Base (GSM 1800)	1 805 – 1 880	1 000
Estação Base (UMTS)	2 110 – 2 170	1 000
Bluetooth	2 400 – 2 483.5	0.1
Estação Base (LTE 2600)	2 630 – 2 690	3 900
Radares de controlo de tráfego aéreo e militares	2 800 – 17 000	20 000
Radar de tráfego rodoviário	9 000 – 35 000	0.1
Radar móvel	24 000 – 79 000	0.1

Outras fontes, que operam com níveis de potência e por vezes em gamas de frequência idênticos aos das EBs, são os sistemas das comunicações dos bombeiros, polícia e serviços de emergência. Há que salientar que, em muitas áreas urbanas, os níveis de exposição da população devido a antenas de difusão de rádio e televisão é bastante superior ao proveniente das EBs [OMSG06]. Ainda assim, medidas que avaliam o nível de exposição da população em locais públicos, mostram que os resultados obtidos estão em conformidade com os limites recomendados estando mesmo milhares de vezes abaixo destes limites em muitas situações [monI09].

---

<sup>5</sup> Banda utilizada em Portugal.



## 6 Conclusões

Os campos eletromagnéticos estão presentes no dia-a-dia de todos, quer sejam provenientes de fontes naturais, como o Sol ou o próprio campo magnético terrestre, ou provenientes de fontes artificiais. O crescimento tecnológico, as mudanças no comportamento social e nos hábitos de trabalho (próprios de uma sociedade em evolução) criaram um ambiente crescentemente exposto a fontes de radiação eletromagnética que foram criadas artificialmente pelo homem.

Dentro das fontes de radiação criadas pelo Homem, torna-se necessário distinguir aquelas cujo princípio de funcionamento se prende com a emissão de radiações, como os telemóveis e comandos de televisão, e aquelas cujo princípio de funcionamento não é o de radiar, como a maior parte dos eletrodomésticos que se encontram nas nossas casas. Neste relatório identificam-se várias fontes de radiação segundo a gama de frequências dos campos por si gerados, separando-as em três grandes áreas, os campos magnéticos e elétricos estáticos, os campos magnéticos e elétricos ELF, e os campos eletromagnéticos de RF.

Relativamente aos campos estáticos, a exposição para a população em geral provém maioritariamente de sistemas de distribuição de energia e dos sistemas de transporte, como comboios. No que diz respeito à exposição ocupacional, existem diversas fontes de exposição como a que resulta da produção de alumínio, as que estão associadas a processos de soldadura, ou a aplicações médicas, como RMs e outras ainda associadas à investigação.

Os campos elétricos e magnéticos ELF devem ser considerados separadamente e uma das suas principais fontes corresponde aos sistemas de produção, transporte e distribuição de energia elétrica. Surgem também na proximidade de eletrodomésticos e outros equipamentos de aplicação industrial que produzem eletricidade. Quanto à exposição na habitação, os campos magnéticos provêm essencialmente dos equipamentos domésticos e só são significativos junto dos mesmos, sendo que a cerca de 1 m de distância o nível de campo já é tão baixo que se confunde com o nível de ruído do ambiente.

Relativamente aos campos RF, a grande preocupação do público em geral prende-se com a exposição aos campos gerados pelos sistemas de comunicações móveis, nomeadamente, às antenas de EB. No entanto essa preocupação não tem razão de ser, uma vez que a intensidade do campo RF nos locais imediatamente abaixo da antena é muito reduzida, pois esta emite essencialmente na direção horizontal, e também devido ao facto de a intensidade diminuir rapidamente com a distância. Além disso, nos locais onde o limite possa ser excedido, normalmente existe um perímetro de segurança que impede a passagem das pessoas. Outras fontes que operam com níveis de potência idênticos aos das EBs são os sistemas de comunicações dos bombeiros, polícia e serviços de emergência. Outras das fontes de exposição são as antenas dos sistemas de difusão de rádio e televisão, sendo que os níveis de campo RF a que a população se encontra exposta devido a estas antenas são bastante superiores aos provenientes das EBs dos sistemas de comunicações móveis (cerca

de 1 000 vezes superiores). Ainda assim, medidas que avaliam o nível de exposição da população em locais públicos mostram que os valores obtidos estão em conformidade com os limites recomendados, encontrando-se milhares de vezes abaixo destes limites em muitas das situações.

A radiação proveniente de cada fonte pode interagir com o corpo humano de maneiras diversas. Os fatores que influenciam a exposição de um indivíduo aos campos eletromagnéticos são, entre outros, a potência radiada e frequência de funcionamento, a distância à fonte emissora e a duração da exposição. Foram descritos alguns dos possíveis efeitos decorrentes da exposição a campos eletromagnéticos segundo a sua banda de frequência, e foi ainda feita a distinção, sempre que possível, entre efeitos agudos e crónicos.

No que diz respeito aos campos estáticos, há que separar o campo elétrico e magnético. Sendo assim, o efeito mais frequente devido à exposição a campos elétricos estáticos consiste na indução de cargas e correntes elétricas no corpo. Relativamente a campos magnéticos estáticos, a exposição a curto prazo está associada a alguns efeitos agudos, nomeadamente, a alterações na pressão sanguínea e batimentos cardíacos, arritmia, entre outros, embora estes efeitos só se façam sentir para exposições superiores a 8 T, valor este muito superior ao limite de referência, que para exposição ocupacional é de 200 mT. Relativamente a efeitos crónicos ou retardados decorrentes da exposição a campos estáticos, não existe evidência suficiente de estudos epidemiológicos e laboratoriais que permita tirar conclusões.

A exposição a campos elétricos e magnéticos ELF pode, em termos de efeitos imediatos, levar a alterações da excitabilidade do tecido nervoso no sistema nervoso central, podendo desta maneira afetar a memória, a cognição e outras funções cerebrais. Estes efeitos agudos no sistema nervoso estão na base do estabelecimento das normas internacionais de exposição a CEMs. No entanto, é pouco provável que possam ocorrer para os níveis de exposição que se encontram no ambiente geral e na maioria dos ambientes de trabalho. A exposição a campos elétricos ELF também pode induzir uma carga elétrica superficial que pode provocar um efeito perceptível mas não perigoso. No que diz respeito aos efeitos crónicos decorrentes da exposição a campos magnéticos ELF, a evidência científica atual baseada em estudos epidemiológicos mostra que a exposição diária a estes campos de baixa intensidade está associada a um aumento do risco de leucemia infantil. No entanto, toda a evidência laboratorial não encontra uma relação entre a exposição a níveis reduzidos de campos magnéticos ELF e alterações nas funções biológicas ou no estado da doença. Sendo assim, a evidência não é suficientemente forte para que a exposição a campos magnéticos ELF seja considerada causal, continuando os campos ELF classificados como possivelmente carcinogénicos.

Os efeitos provocados pela exposição a campos eletromagnéticos de RF dependem da frequência e intensidade do campo. Para que, em campos com frequência superior a 10 GHz, possam ocorrer efeitos adversos para a saúde, como cataratas ou queimaduras de pele, a densidade de potência a que uma pessoa teria que estar exposta teria de ser cerca de 100 vezes superior ao limite de referência estabelecido. No caso dos campos cuja frequência se encontra entre 1 MHz e 10 GHz, os efeitos mais adversos que podem ocorrer relacionam-se com o aquecimento induzido devido à exposição a estes campos. Este aquecimento pode desencadear respostas psicológicas e termo-regulatórias, que podem implicar uma diminuição na capacidade de realizar algumas tarefas mentais e físicas enquanto a temperatura corporal é mais elevada que o normal. Para campos RF de frequência inferior a 1 MHz, pode ocorrer a indução de cargas elétricas e correntes no corpo, podendo estas estimular células dos tecidos, como nervos e músculos. Outros efeitos podem estar associados à interferência eletromagnética causada nalguns dispositivos elétricos, tornando-se então importante tomar algumas precauções e restringir o uso de fontes de campos RF, como telemóveis, junto a equipamentos de suporte à vida em unidades de cuidados intensivos e blocos operatórios, em hospitais, ou junto a equipamentos de navegação, dentro de aviões, ou limitar o uso destes equipamentos para pessoas que usem estimuladores cardíacos ou próteses auditivas.





## Referências

- [ANAC01] ANACOM-ICP, *Deliberação de 6 de Abril de 2001*, <http://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=205143>, Abr., 2001.
- [ANAC09] ANACOM-ICP, <http://www.anacom.pt/>, Jan. 2009
- [CMAR09] Comité sobre os Aspectos Médicos da Radiação no Ambiente, [http://www.comare.org.uk/comare\\_faq.htm](http://www.comare.org.uk/comare_faq.htm), Jan. 2009
- [CoEU99] Conselho da União Europeia, “Recomendação do Conselho de 12 de Julho de 1999, relativa à limitação da exposição da população aos campos eletromagnéticos (0 Hz – 300 GHz)”, *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, L 199/59, Bruxelas, Bélgica, Jul. 1999.
- [DeCo97] República Portuguesa, Despacho Conjunto n.º 8/2002, de 7 de Janeiro, Diário da República – II Série, Nº 5, pp. 277 - 278, Jan. 2002.
- [DeLa97] República Portuguesa, Decreto-Lei n.º 381-A/97, de 30 de Dezembro, Diário da República – I Série-A, Nº 300, 3º Suplemento, Dez. 1997.
- [DeLb00] República Portuguesa, Decreto-Lei n.º 151-A/2000, de 20 de Julho, Diário da República – I Série-A, Nº 166, pp. 3476-(4) – 3476-(10), Jul. 2000.
- [DeLc03] República Portuguesa, Decreto-Lei n.º 11/2003, de 18 de Janeiro, Diário da República – I Série-A, Nº 15, pp. 260 – 264, Jan. 2003.
- [DGSa04] Saúde, M., Direcção-Geral da Saúde, *Sistemas de Comunicações Móveis – Efeitos na Saúde Humana*, Lisboa, 2004.
- [EMFP08] [www.emf-portal.de](http://www.emf-portal.de), Out. 2008
- [EnPA09] Agência de Protecção Ambiental Norte-Americana, *Protecção contra a Radiação*, <http://www.epa.gov/rpdweb00/understand/index.html>
- [EuCo05] Comissão Europeia, Community Research, “*Health and Electromagnetic Fields*”, Bruxelas, Bélgica, 2005.
- [FAQt14] FAQtos, [www.faqtos.pt](http://www.faqtos.pt), Novembro 2014.
- [ICNI98] Comissão Internacional para a Protecção Contra as Radiações Não-Ionizantes (ICNIRP), “*Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*”, *Health Physics*, Vol. 74, No. 4, pp. 494-522, 1998.
- [monI09] Projecto monIT, <http://www.lx.it.pt/monit>, Jan. 2009

- [OIFR05] Oliveira,C., Fernandes,C., Reis,C., Carpinteiro,G., Ferreira,L., Correia,L.M., e Sebastião,D., *Definition of Exclusion Zones around typical Installations of Base Station Antennas*, monIT\_Int\_Tec\_0102\_15\_BSExclZones, Instituto de Telecomunicações, Lisboa, Portugal, Fev. 2005.
- [OICo08] Oliveira,C., e Correia,L.M., *Sistemas de Comunicações Móveis: Interferência e Compatibilidade Eletromagnética*, monIT\_Ext\_Tec\_0658\_04\_ReportCEM, Instituto de Telecomunicações, Lisboa, Portugal, Nov. 2008.
- [OMS109] Organização Mundial de Saúde, <http://www.who.int/peh-emf/about/en/>, Jan. 2009
- [OMS209] Organização Mundial de Saúde, [http://www.who.int/ionizing\\_radiation/about/what\\_is\\_ir/en/index.html](http://www.who.int/ionizing_radiation/about/what_is_ir/en/index.html), Jan. 2009.
- [OMSa06] Organização Mundial de Saúde, Folha Informativa nº 299 – *Campos eletromagnéticos e saúde pública: Campos Eléctricos e Magnéticos Estáticos*, Mar. 2006
- [OMSb06] Organização Mundial de Saúde, *Environmental Health Criteria 232*, Campos Estáticos, 2006
- [OMSc98] Organização Mundial de Saúde, Folha Informativa nº 205 – *Campos eletromagnéticos e saúde pública: Campos de Frequência Extremamente Baixa (ELF)*, Nov. 1998
- [OMSd06] Organização Mundial de Saúde, *Environmental Health Criteria 238*, Campos de Frequência Extremamente Baixa (ELF), 2006
- [OMSe98] Organização Mundial de Saúde, Folha Informativa nº 183 – *Campos eletromagnéticos e saúde pública: Campos de Radiofrequência e Efeitos para a Saúde*, Maio 1998
- [OMSf06] Organização Mundial de Saúde, Folha Informativa nº 193 – *Campos eletromagnéticos e saúde pública: Telefones Móveis e Estações Base*, Maio 2006
- [OMSG06] Organização Mundial de Saúde, Folha Informativa nº 304 – *Campos eletromagnéticos e saúde pública: Estações Base e Tecnologias Sem Fio*, Maio 2006
- [OMSh98] Organização Mundial de Saúde, Folha Informativa nº 182 – *Campos eletromagnéticos e saúde pública: Propriedade Físicas e Efeitos em Sistemas Biológicos*, Maio 1998

- [OMSi07] Organização Mundial de Saúde, Folha Informativa nº 322 – *Campos eletromagnéticos e saúde pública: Exposição a Campos de Frequência Extremamente Baixa*, Jun. 2007
- [PoDR04] República Portuguesa, Portaria n.º 1421/2004, de 23 de Novembro, Diário da República – I Série-B, Nº 275, pp. 6834 – 6838, Nov. 2004.
- [ReAs02] República Portuguesa, Resolução da Assembleia da República n.º 53/2002, de 3 de Agosto, Diário da República – I Série-A, Nº 178, pp. 5660, Ago. 2002.
- [SCHE07] Scientific Committee on Emerging a Newly Identified Health Risks (SCHENIR), *“Possible Effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health”*, Mar. 2007.
- [SLAC08] Sebastião,D., Ladeira,D., Antunes,M., e Correia,L.M., *Exposição Ocupacional a Campos Eletromagnéticos na banda das Radiofrequências*, monIT\_Ext\_Tec\_0660\_01\_ReportOccupationalExposure, Instituto de Telecomunicações, Lisboa, Portugal, Dez. 2008.