

# Procedimento de medida em ambientes hospitalares

Carla Oliveira, Daniel Sebastião, Diana Ladeira, Gonçalo Carpinteiro, Mónica Branco, Luís M. Correia

Instituto de Telecomunicações / Instituto Superior Técnico

Universidade Técnica de Lisboa

Lisboa, Portugal

monit@lx.it.pt

**Resumo** — Este documento descreve o procedimento de medida adaptado pela equipa do Projecto monIT para a avaliação dos níveis de radiação electromagnética em unidades de saúde, nomeadamente em hospitais. Nestes ambientes, para além da exposição do público aos campos electromagnéticos, a análise da compatibilidade electromagnética dos sistemas de comunicação com os equipamentos médicos é de extrema importância, advindo daí a necessidade da adopção de um procedimento de medida específico. A perspectiva adoptada não é a de analisar individualmente cada um dos equipamentos médicos, mas sim a de avaliar os níveis de radiação presentes em várias localizações das unidades de saúde e compará-los com o nível de imunidade mínimo – 3 V/m na banda de frequências [800 MHz – 2.5 GHz].

**Palavras-chave:** radiação electromagnética, medida, hospital, antenas

## I. INTRODUÇÃO

No âmbito do programa sistemático de medidas de radiação electromagnética (EM) conduzido pela equipa do Projecto monIT [1], insere-se a realização de medidas em unidades de saúde, nomeadamente em hospitais. Dada a especificidade destes ambientes, é necessário analisar alguns factores adicionais, não considerados noutros cenários, que condicionam a realização de medidas de radiação EM.

A utilização cada vez mais generalizada de sistemas de comunicação no interior de unidades de saúde levanta a questão da Compatibilidade EM (CEM) com a grande diversidade de equipamentos médicos existentes. De facto, para além da utilização de equipamentos portáteis pelo pessoal e pelos utentes dos serviços, tem-se assistido à instalação de estações base (EBs) de diversos sistemas de comunicação no interior das várias unidades de saúde. Actualmente, os sistemas de comunicação mais generalizados são: DECT<sup>1</sup>, WLANs<sup>2</sup> e sistemas de comunicações móveis (GSM<sup>3</sup> e UMTS<sup>4</sup>).

Sendo assim, o presente documento descreve o procedimento de medida adoptado para a realização de medidas em unidades de saúde. Trata-se de uma adaptação do procedimento já existente, [2], que contempla apenas a análise da conformidade com os limites de exposição à radiação EM

adoptados em Portugal [3] (baseados em [4]), por forma a considerar também a análise da CEM dos sistemas de comunicação com os equipamentos médicos. Convém realçar que a perspectiva deste procedimento de medida é a de considerar apenas as emissões provenientes das várias antenas de EB presentes no local, e não das emissões dos equipamentos portáteis de cada um dos sistemas.

No que diz respeito à análise da conformidade com os limites de exposição à radiação, o procedimento aqui descrito é idêntico ao considerado em [2], que por sua vez se baseia em [5]. A análise da CEM com equipamentos médicos baseia-se na norma 60601-1-2, da *International Electrotechnical Commission* (IEC) [6]. Esta norma especifica níveis de imunidade que os vários equipamentos têm de garantir e um conjunto de testes para verificar se um determinado equipamento garante os níveis de imunidade estabelecidos. A perspectiva adoptada no procedimento aqui descrito não é a de analisar individualmente cada um dos equipamentos médicos, mas sim a de avaliar os níveis de radiação EM presentes em várias localizações das unidades de saúde e compará-los com o nível de imunidade mínimo definido em [6] – 3 V/m na banda de frequências [800 MHz – 2.5 GHz].

Importa realçar as principais diferenças do presente procedimento de medida relativamente ao definido em [2]:

- Para além da análise da conformidade com os limites de exposição à radiação EM, definem-se também procedimentos para a análise da CEM com equipamentos médicos.
- Adicionalmente às antenas das EBs dos sistemas de comunicações móveis, consideram-se também como referência as antenas das EBs de outros sistemas de comunicação (e.g., DECT e WLAN).
- Consideram-se apenas duas topologias de instalação como referência: ITecto (Interior – Tecto) e IParede (Interior – Parede).
- Define-se um procedimento adicional para a selecção de pontos de medida, sem a existência de EBs de referência (NoEB).

Para além da secção introdutória, este documento contém uma lista de definições importantes para o assunto em análise (Secção II), a descrição geral do procedimento de medida (Secção III), a descrição dos vários processos de escolha dos

<sup>1</sup> Do inglês, *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*.

<sup>2</sup> Do inglês, *Wireless Local Area Network*.

<sup>3</sup> Do inglês, *Global System for Mobile Communications*.

<sup>4</sup> Do inglês, *Universal Mobile Telecommunications System*.

pontos de medida (Secção IV), a descrição da investigação detalhada em frequência (Secção V), bem como alguns comentários finais na Secção VI.

## II. DEFINIÇÕES

Nesta secção definem-se alguns conceitos importantes para a compreensão do documento:

### A. *Compatibilidade Electromagnética*

Capacidade de um dispositivo, aparelho ou sistema para funcionar no seu ambiente electromagnético de modo satisfatório e sem produzir ele próprio interferências EMs intoleráveis para tudo o que se encontra no seu ambiente.

### B. *Dispositivo Médico Activo*

Qualquer dispositivo médico cujo funcionamento dependa de uma fonte de energia eléctrica ou de outra fonte de energia diferente da gerada directamente pelo corpo humano ou pela acção da gravidade.

### C. *Grandezas Calculadas*

Na banda de frequências em análise, as grandezas intensidade de campo eléctrico ( $E$ ), intensidade de campo magnético ( $H$ ) e densidade de potência ( $S$ ) relacionam-se entre si por expressões conhecidas. Uma vez medida uma destas grandezas, é possível calcular as restantes. No âmbito do Projecto **monIT**, sendo  $E$  a grandeza medida, as grandezas calculadas são  $H$  e  $S$ .

### D. *Grandezas Mensuráveis*

As grandezas mensuráveis são  $E$ ,  $H$ , ou  $S$ . Neste procedimento, opta-se pela medida de  $E$ , que é a grandeza directamente medida pelo equipamento utilizado.

### E. *Interferências Electromagnéticas*

Fenómenos electromagnéticos susceptíveis de criar perturbações no funcionamento de um dispositivo, aparelho ou sistema.

### F. *Nível de Imunidade*

Nível máximo de uma interferência EM incidente num determinado dispositivo, aparelho ou sistema, sem que ocorra diminuição da qualidade da função por ele desempenhada. O nível de imunidade mais restritivo, definido em [6], é de 3 V/m.

### G. *Nível de Referência*

Valor mais restritivo da grandeza mensurável em estudo, na perspectiva da avaliação da conformidade com os limites de exposição à radiação EM, dentro da banda de frequências de interesse. Este nível é o adoptado pela legislação portuguesa, [3], baseado na recomendação do Conselho da União Europeia [4], e no caso de  $E$ , vale 28 V/m.

### H. *Nível de Decisão I*

Define-se para efeito da avaliação da conformidade de um determinado local com os limites de exposição à radiação EM. Trata-se de um valor 7.1 vezes (17 dB) abaixo do nível de referência, a adoptar para a grandeza mensurável em estudo [7], neste caso  $E$ . No caso português, é a ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações) que tem competência para estabelecer este valor, e no caso de  $E$ , vale 3.95 V/m.

### I. *Nível de Decisão II*

Define-se para efeito da avaliação da compatibilidade EM dos sistemas de comunicação com os dispositivos médicos activos existentes numa determinada unidade de saúde. Considera-se que é 1.3 vezes abaixo (2.4 dB) do nível de imunidade a adoptar para a grandeza  $E$ , ou seja, vale 2.27 V/m. Este valor foi obtido considerando o valor da incerteza do equipamento de medida de banda larga utilizado [8], estimado em [9].

### J. *Ponto Crítico*

Ponto (local) de medida onde os valores da grandeza em estudo excedem o nível de decisão.

### K. *Coefficientes de Exposição Total*

Parâmetros definidos em [3], que permitem verificar se o campo total (resultante da sobreposição dos campos das diferentes fontes de emissão) está em conformidade com os limites de exposição à radiação.

## III. PROCEDIMENTO GERAL PARA A MEDIDA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Nesta secção descreve-se o procedimento geral adoptado pela equipa do Projecto **monIT** em todas as medidas de campos electromagnéticos. Numa primeira fase, utiliza-se um medidor de campo portátil, [8], que permite o conhecimento dos níveis de radiação totais presentes no ambiente em que é efectuada a medida, dentro da banda de frequências de 0.1 a 3000 MHz. Desta forma, os valores medidos são comparados com os níveis de decisão I e II.

O ambiente de medida é sempre definido em relação à(s) antena(s) da(s) EB(s) dos sistemas de comunicação presentes no local ou, caso elas não existam, em relação às características físicas do local.

Após a definição do ambiente de medida, seleccionam-se os pontos mais representativos para a avaliação da conformidade do local com os limites de exposição à radiação. Os critérios utilizados pela equipa do Projecto **monIT** para a escolha dos pontos de medida são os descritos na Secção IV. A Figura 1 representa o procedimento utilizado em cada ponto escolhido, com o medidor de campo portátil.

O procedimento descrito na Figura 1 baseia-se na comparação dos valores obtidos com os níveis de decisão definidos na Secção II. Se o nível de decisão I for excedido, então necessariamente o nível de decisão II também será. Neste caso, é necessário proceder a uma investigação detalhada em

frequência, por forma a calcular os coeficientes de exposição total (Secção V), e a uma investigação detalhada da CEM.

A investigação da CEM terá de ser adaptada às características do local em causa, passando por um levantamento dos dispositivos médicos presentes e por uma análise detalhada em frequência, de forma a identificar as fontes de emissão responsáveis pelo valor registado. Nesta investigação, é fundamental a colaboração do pessoal especializado da unidade de saúde em causa.

Em cada unidade de saúde, e sempre que tal for possível, deverão ser analisados os seguintes locais:

- Áreas junto às antenas dos sistemas de comunicações instalados no interior das unidades de saúde;
- Áreas mais sensíveis, como unidades de cuidados intensivos e blocos operatórios;
- Locais em linha de vista com antenas de sistemas de comunicações móveis localizadas no exterior da unidade de saúde.

O período de medida de 6 minutos é o especificado em [4]. Adopta-se este período também para a análise da CEM, uma vez que [6] não define um período temporal específico para avaliar os níveis de radiação envolventes aos dispositivos médicos.

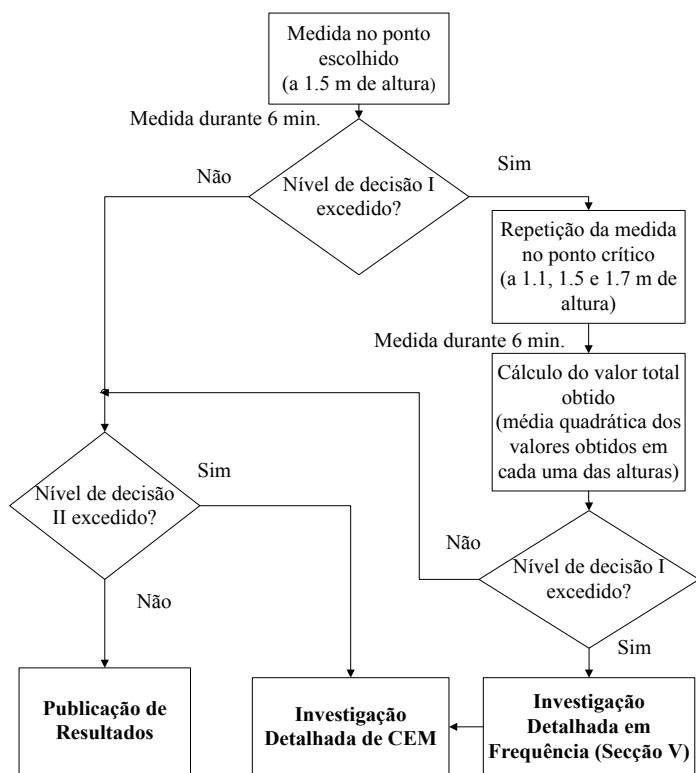


Figura 1 Medida em cada ponto escolhido, com o medidor portátil.

#### IV. ESCOLHA DOS PONTOS DE MEDIDA

##### A. Etapas iniciais

As recomendações europeias não estabelecem nenhum critério rígido para a escolha dos pontos de medida, pelo que houve a necessidade de desenvolver um procedimento adequado, resultante da experiência e investigação desenvolvidas pela equipa do Projecto **monIT** nesta matéria.

Nesta secção apresenta-se o conjunto de tarefas a desenvolver para a selecção dos pontos onde se realizarão as medidas de campos electromagnéticos, devendo estas ser seguidas sempre que as condições físicas e logísticas o permitam. Nos casos em que tal não for possível, o procedimento a adoptar deve aproximar-se o mais possível do indicado.

Na Figura 2, esquematizam-se as etapas iniciais para a definição do procedimento de escolha dos pontos de medida.

Os dois factores determinantes para o procedimento a seguir são a existência ou não de uma ou mais antenas de EB e a sua topologia de instalação. Tal como já foi referido na secção I, de entre as topologias definidas em [2] aquelas que são relevantes para o presente procedimento são: ITecto e IParede.

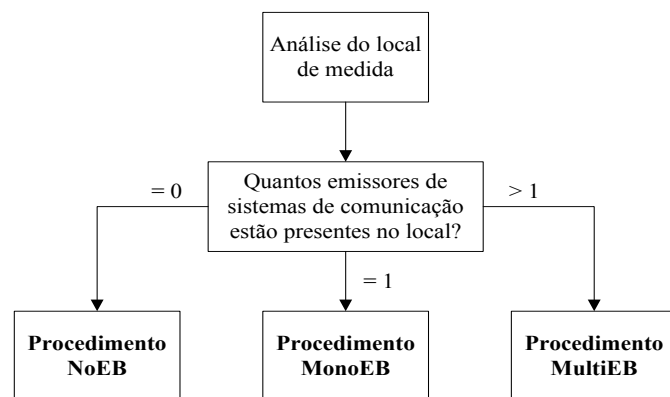


Figura 2 Etapas iniciais para a definição do procedimento de escolha dos pontos de medida.

##### B. Procedimento NoEB

O procedimento NoEB é utilizado no caso de não existir qualquer antena no local em análise. A escolha dos pontos de medida é feita através da definição de uma grelha de análise, de acordo com as características físicas do local, Figura 3.

A escolha dos pontos na grelha de análise, faz-se através dos seguintes passos:

- Identificam-se os pontos de campo máximo ao longo dos percursos que constituem a grelha de análise.
- Repete-se o procedimento anterior, para filtrar possíveis perturbações do sinal recebido.
- Marcam-se os pontos com níveis de campo mais elevado na grelha de análise.

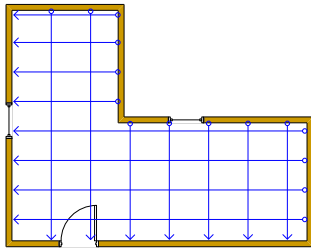
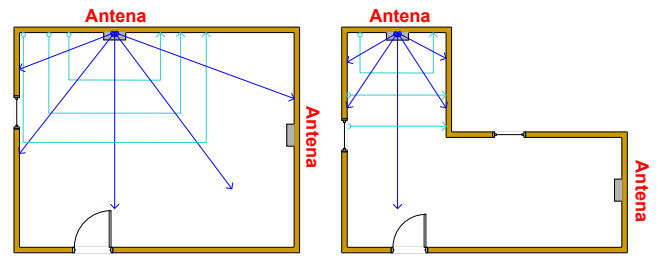
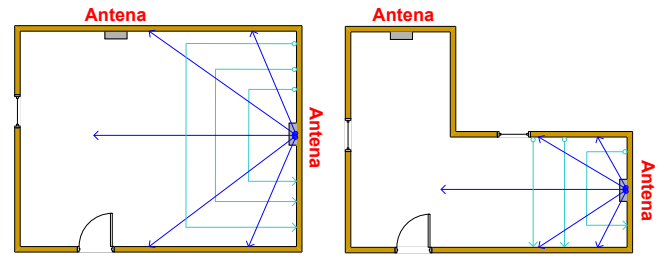


Figura 3 Grelha de análise (procedimento NoEB).



(a) – Exemplo com linha de vista (b) – Exemplo sem linha de vista

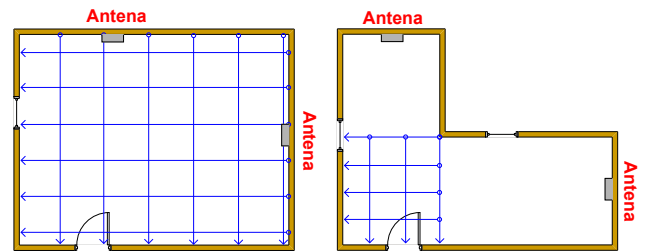
Figura 5 Percursos para a 1ª antena.



(a) – Exemplo com linha de vista (b) – Exemplo sem linha de vista

Figura 6 Percursos para a 2ª antena.

Os pontos de medida provisórios que estão em linha de vista com mais de uma antena, são alvo de uma análise mais detalhada. De uma forma geral, a área onde é necessária esta análise é aquela onde existe sobreposição dos percursos descritos na Secção B referentes a cada uma das antenas presentes no local, consistindo na definição de novos percursos que constituem uma grelha de análise, Figura 7. Note-se que a combinação das duas topologias consideradas, pode originar um grande número de possibilidades.



(a) – Exemplo com linha de vista (b) – Exemplo sem linha de vista

Figura 7 Grelha de análise (procedimento MultiEB).

A escolha dos pontos na grelha de análise faz-se através dos seguintes passos:

- Identificam-se os pontos de campo máximo ao longo dos percursos que constituem a grelha de análise.
- Repete-se o procedimento anterior, para filtrar possíveis perturbações do sinal recebido.
- Marcam-se os pontos com níveis de campo mais elevado na grelha de análise.

### C. Procedimento MonoEB

O procedimento MonoEB é seguido quando existe apenas uma EB de qualquer sistema de comunicação no local. A escolha dos pontos de medida faz-se de acordo com os seguintes passos:

- Identificam-se os pontos de campo máximo ao longo das radiais assinaladas na Figura 4. A extensão das radiais deve ser definida de acordo com a geometria do local.
- Identificam-se os pontos de campo máximo ao longo dos percursos fechados assinalados na Figura 4. A extensão dos percursos deve ser definida de acordo com a geometria do local.
- Repetem-se os dois procedimentos anteriores, para filtrar possíveis perturbações do sinal recebido.
- Marcam-se os pontos com níveis de campo mais elevados e efectuam-se as medidas nesses pontos.

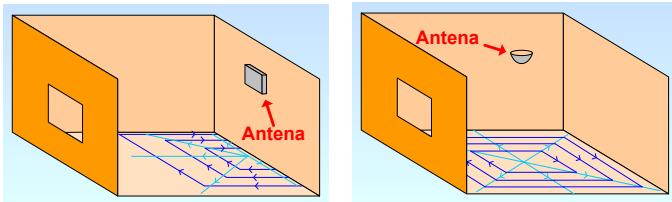


Figura 4 Etapas iniciais para a definição do procedimento de escolha dos pontos de medida.

Adicionalmente, podem escolher-se outros pontos que se considerem relevantes para a avaliação da conformidade dos níveis de radiação com os limites de referência.

### D. Procedimento MultiEB

O procedimento MultiEB, descrito nesta secção aplica-se a todas as situações em que existe mais do que uma antena de EB na área considerada, sendo válido para qualquer situação (antenas em linha de vista, ou não).

Numa fase inicial, procede-se à escolha de pontos de medida provisórios considerando isoladamente cada uma das antenas presentes no local. Seguem-se os procedimentos da Secção C para cada uma das antenas de EB, Figura 5 e Figura 6.

Finalmente, efectuam-se medidas nos pontos marcados na grelha de análise e nos pontos que não estão em linha de vista com mais de uma EB, marcados na análise individual de cada uma das EBs.

### V. INVESTIGAÇÃO DETALHADA EM FREQUÊNCIA

A investigação detalhada em frequência é um procedimento adicional adoptado nas situações em que há um ou mais pontos de medida com valores de campo acima dos níveis de decisão. O instrumento de medida utilizado é o analisador de espectros [10], que permite identificar qual a contribuição de cada fonte de emissão para o nível de campo total. Os níveis de cada fonte de emissão, ou seja, de cada frequência emitida, são comparados com os respectivos limites de exposição (dependentes da frequência), [3]. Os coeficientes de exposição total são também calculados.

Na Figura 8 representa-se o procedimento utilizado em cada ponto crítico, com o analisador de espectros.

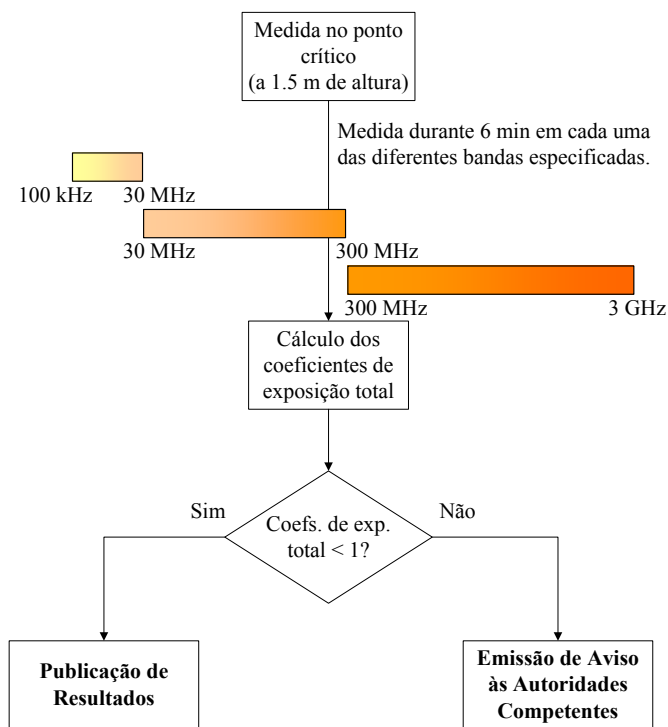


Figura 8 Medida em cada ponto crítico, com o analisador de espectros.

### VI. CONCLUSÕES

A utilização de equipamentos portáteis pelo pessoal e pelos utentes dos serviços de saúde, bem como a instalação de EBs de diversos sistemas de comunicação no interior de unidades de saúde, como DECT, WLANs, GSM e UMTS, sugerem a

realização de medidas de radiação EM em unidades de saúde, nomeadamente em hospitais.

Este documento descreve o procedimento de medida adoptado para a realização de medidas em unidades de saúde. Trata-se de uma adaptação do procedimento de medida de campos EM seguido pela equipa do Projecto **monIT** [2], contemplando não só a análise da conformidade com os limites de exposição à radiação EM, como também a análise da CEM dos sistemas de comunicação com os equipamentos médicos. A perspectiva adoptada neste procedimento não é a de analisar individualmente cada um dos equipamentos médicos, mas sim a de avaliar os níveis de radiação EM presentes em várias localizações das unidades de saúde e compará-los com o nível de imunidade mínimo definido em [6] – 3 V/m na banda de frequências [800 MHz – 2.5 GHz].

O procedimento de medida apresentado deverá ser adaptado às características de cada unidade de saúde, nomeadamente no que diz respeito à escolha dos pontos de medida. Em cada unidade de saúde, privilegia-se a realização de medidas em áreas junto às antenas dos sistemas de comunicações instalados no interior, nos locais mais sensíveis, como unidades de cuidados intensivos e blocos operatórios, e também nos locais em linha de vista com antenas de sistemas de comunicações móveis localizadas no exterior da unidade de saúde.

### REFERÊNCIAS

- [1] <http://monit.it.pt>.
- [2] Procedimento de Medida, IT, Lisboa, Portugal, 2004. (<http://monit.it.pt>).
- [3] República Portuguesa, Portaria N.º 1421/2004 de 23 de Novembro, Diário da República N.º 275 (Série I B), Lisboa, Portugal, Nov. 2004
- [4] Conselho da União Europeia, "Recomendação do Conselho de 12 de Julho de 1999, relativa à limitação da exposição da população aos campos electromagnéticos (0 Hz -300 GHz)", Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 199/59, Bruxelas, Bélgica, Jul. 1999.
- [5] Electronic Communications Committee (ECC) European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), Measuring Non-Ionizing Electromagnetic Radiation (9 kHz – 300 GHz), ECC Recommendation (02)04 (revised Bratislava 2003, Helsinki 2007), 2007.
- [6] International Electrotechnical Commission (IEC), Medical electrical equipment – Part 1-2: General requirements for safety – Collateral standard: Electromagnetic compatibility – Requirements and tests, IEC 60601-1-2, Sep. 2005.
- [7] ANACOM-Autoridade Nacional de Comunicações, "Procedimentos de monitorização e medição dos níveis de intensidade dos campos electromagnéticos com origem em estações de radiocomunicações", Regulamento n.º 86/2007, Diário da República, 2.ª Série, N.º 98, Maio. 2007.
- [8] PMM 8053A The Solutions for Every Electromog Problem, Catalogue, PMM Safety Products, Segrate, Italy, 2003. ([www.pmm.it/main/safetyproducts.asp#8053](http://www.pmm.it/main/safetyproducts.asp#8053))
- [9] Características do Equipamento de Medida, Projecto monIT (<http://monit.it.pt>).
- [10] SRM 3000 Selective Radiation Meter, Brochure, Narda Safety Test Solutions (Narda-STs), Pfullingen, Germany.