

Exposição a Radiação de Antenas Colocadas nos Topos dos Edifícios

Luis M. Correia

Instituto de Telecomunicações / Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa

Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

luis.correia@lx.it.pt

RESUMO

Esta comunicação discute os problemas de segurança associados à exposição de pessoas à radiação proveniente de estações base de sistemas de comunicações móveis instaladas no topo de edifícios em ambientes urbanos. Depois de se introduzir o problema, é apresentada a abordagem seguida: a questão fundamental não é saber se a exposição à radiação é maléfica, mas sim de saber quais são os limites de exposição a partir dos quais podem existir efeitos nocivos para os seres vivos. Em seguida são apresentados os limites máximos recomendados por organismos internacionais para a Taxa de Absorção Específica na banda de frequências das comunicações móveis, mais concretamente para o GSM. Medidas efectuadas num edifício com antenas instaladas no seu topo mostram que o sinal está cerca de 48 620 vezes abaixo dos máximos recomendados, pelo que se está perfeitamente dentro das margens de segurança. Pode-se assim afirmar que, na grande maioria dos casos, não existe perigo para as pessoas que trabalham ou habitam em edifícios com antenas de estação de base instaladas no seu topo.

ABSTRACT

This paper discusses the problems related with the safety of people exposed to radiation coming from base stations of mobile communication systems installed on the top of buildings in urban environments. After introducing the problem, the approach taken in the paper is presented: the issue is not to know if exposition to radiation is hazardous but to know what are the exposition limits that may constitute danger. Afterwards, the maximum values recommended by several international bodies are shown for the Specific Absorption Rate in the frequency band of mobile communications, and in particular for GSM. Measurements done in a building with antennas on its top show that the signal is circa 48 620 times below the maximum values, hence perfectly within the safety margins. One can then say that, in the large majority of cases, there is no danger for people working or living in buildings with base station antennas installed on their top.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico a que se tem assistido nas últimas décadas em certas áreas tem tido um forte impacto na sociedade, não só do ponto de vista económico mas também no que se refere ao comportamento das pessoas. Os ciclos que medeiam entre o desenvolvimento de novos produtos e a sua colocação no mercado têm vindo a reduzir-se, o que faz com que muitas vezes a informação global sobre o impacto dos produtos não seja do conhecimento geral. Este desconhecimento cria incertezas e receios nas pessoas que são de todo naturais.

Entre os muitos exemplos que se podem encontrar das áreas acima referidas situam-se de certo as Telecomunicações, e em particular as Comunicações Móveis. A liberalização do mercado e a criação de concorrência entre os operadores tem levado a que estes invistam fortemente em campanhas publicitárias para venda dos seus produtos (as Telecomunicações disputam desde há alguns anos o primeiro lugar com as áreas “tradicionais” no que se refere ao investimento em publicidade), o que faz com que haja por parte das pessoas um conhecimento generalizado da existência dos telefones móveis. Como resultado destas campanhas, a penetração das Comunicações Móveis em Portugal é excepcionalmente elevada, tendo ultrapassado as expectativas mais optimistas de há alguns anos: neste momento cerca de 50 % da população portuguesa possui em telefone móvel, sendo esta penetração já superior à dos telefones fixos.

O número elevado de utilizadores de telefones móveis, e o seu crescimento contínuo, leva a que os operadores sejam obrigados a aumentar a capacidade das suas redes continuamente, para poderem responder aos seus clientes com a qualidade de serviço desejada. Assim, tem-se assistido a uma proliferação de antenas por parte dos operadores, especialmente nos centros urbanos onde a utilização dos telefones móveis tem sofrido maior crescimento. Por razões técnicas, esta expansão das redes tem que ser efectuada com a colocação das antenas a uma altura do solo cada vez mais baixa, o que faz com que se tenha passado da situação de colocação das antenas em mastros muito altos em locais elevados para a colocação destas ao nível do topo de edifícios dentro das estruturas urbanas.

Decorre do atrás exposto que tem surgido em muitas pessoas a preocupação sobre os possíveis efeitos nocivos para a saúde em consequência da radiação das antenas que estão colocadas nos edifícios onde habitam ou trabalham, que é de todo legítima e natural. Por um lado, há efectivamente situações de sistemas de telecomunicações (não especificamente os móveis) onde existe perigo, devido aos valores elevados das potências radiadas; por outro, os órgãos de comunicação social têm dado muita atenção a este assunto, o que desperta as pessoas para o problema.

Pretende-se com este trabalho abordar as questões da exposição à radiação electromagnética proveniente das antenas de estação base dos sistemas de comunicações móveis GSM (os que são usados hoje em dia), no caso em que estas estão instaladas no topo de edifícios urbanos. Na Secção II estabelece-se a abordagem tomada para o problema, identificando-se algumas das fontes tomadas

como referência. A Secção III refere os parâmetros para os quais se recomendam os limites bem como os valores destes, de acordo com vários organismos internacionais. Um caso de estudo, onde se relatam medidas efectuadas em edifícios do campus do Instituto Superior Técnico e a sua comparação com os limites recomendados, é apresentado na Secção IV. Finalmente, apresentam-se as conclusões na Secção V.

II. A PERSPECTIVA DA ABORDAGEM

Têm sido referidos na comunicação social muitos estudos sobre a exposição de pessoas à radiação de telefones móveis, levados a cabo pelas mais variadas entidades, desde empresas a universidades, onde se relatam os mais diversos resultados. Porque estes assuntos, pelas sua seriedade, devem ser encarados de uma perspectiva científica, tem havido organismos a nível nacional e internacional que se têm debruçado sobre o assunto, com o objectivo de estudar o problema e analisar os possíveis efeitos biológicos da radiação electromagnética.

Como se percebe, a questão não pode ser vista de uma perspectiva de saber se a exposição à radiação é maléfica, mas sim de saber quais são os limites de exposição a partir dos quais existem efeitos nocivos para os seres vivos. Por exemplo, é sabido que a exposição aos raios solares pode provocar doenças cancerígenas dermatológicas, mas isso não significa que as pessoas não se possam expor ao Sol. Outro exemplo, facilmente compreensível, é que todos nós estamos sujeitos permanentemente à radiação electromagnética das mais variadas fontes (estações de televisão e de rádio, sistemas de comunicações de forças de segurança e de emergência - além dos privados -, radares, etc.) sem que isso constitua perigo. Ainda outro exemplo é o dos fornos de micro-ondas que são usados para cozinhar, que consistem em radiar potências elevadas sobre os alimentos; é claro que nesta situação a exposição à radiação é perniciosa. Portanto, a questão fundamental é o estabelecimento dos limites de exposição à radiação, e não a exposição por si própria.

Em Ciência, constitui um princípio básico que os resultados de um qualquer estudo só são aceites como válidos depois de terem sido reproduzidos e verificados pela comunidade científica, sendo posteriormente publicados nas respectivas revistas científicas. Assim, o facto de uma entidade publicitar resultados numa certa área não significa necessariamente que estes sejam válidos. Hoje em dia, com a crescente divulgação que os órgãos de comunicação social dão às mais diversas áreas, e com a massificação da Internet, é habitual publicitarem-se resultados que se verifica mais tarde serem válidos apenas em condições muito específicas (e não generalizáveis) ou mesmo incorrectos. E este é um ponto dos mais importantes no que se refere à pesquisa na área dos efeitos da exposição à radiação electromagnética.

No que se refere ao caso em apreço, desde há muito que o assunto tem vindo a ser estudado por organismos internacionais credíveis, como o são a Divisão de Saúde Ambiental (EHD –

Environmental Health Division) da Organização Mundial de Saúde (WHO – World Health Organisation) [WHO00], à qual está associado o Comité Internacional de Radiações Não-Ionizantes (INIRC – International Non-Ionising Radiation Committee) da Associação Internacional de Protecção contra Radiações (IRPA – International Radiation Protection Association). Mais especificamente no âmbito europeu, a Comissão Europeia mandatou o Comité Europeu de Normalização Electrotécnica (CENELEC – Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) para elaborar uma norma nessa área, em conjugação com as recomendações dos organismos anteriores [CENE95]; como resultado desse mandato, foi recentemente publicada no Jornal Oficial das Comunidades Europeias a *Recomendação relativa à limitação da exposição da população aos campos electromagnéticos (0 Hz – 300 GHz)* [JOCE99]. São de destacar os pontos seguintes da Recomendação agora mencionada:

- (9) “A presente recomendação tem por objectivo proteger a saúde pública, aplicando-se consequentemente aos locais em que as pessoas passam períodos de tempo significativos de exposição aos efeitos abrangidos pela presente recomendação;”
- (10) “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 electromagnéticos. Há que recordar que apenas foram utilizados como base da limitação recomendada à exposição os resultados comprovados. ...”
- (11) “Essas restrições básicas e níveis de referência deverão aplicar-se a todas as radiações emitidas por campos electromagnéticos, à excepção da radiação óptica e da radiação ionizante. ...”

Embora se possa questionar a exactidão científica dos limites contidos na Recomendação do Conselho, e se admita sempre alguma incerteza relativa ao estabelecimento destes valores limites, a possível inexactidão e a incerteza nunca atingirão valores que ponham em causa resultados obtidos com grande margem de diferença. Por outras palavras, se a diferença entre os limites de exposição e valores de radiação medidos for apenas de uma ou duas vezes, poder-se-á questionar o resultado, isto é, poderá eventualmente questionar-se a incerteza dos limites; contudo nos casos em que essa diferença é de milhares de vezes (quando o valor máximo da potência medida está efectivamente milhares de vezes abaixo dos limites máximos), pode afirmar-se que se está perfeitamente dentro dos limiares de segurança.

III. OS LIMITES DE EXPOSIÇÃO

A radiação associada às comunicações móveis é do tipo não-ionizante, nas bandas de frequência de 900 MHz e de 1800 MHz. Nesta banda de frequências, os valores limites de exposição recomendados são estabelecidos através da Taxa de Absorção Específica, TAE, que corresponde ao ritmo a que a energia é absorvida por unidade de massa do tecido do corpo, sendo expressa em W/kg. Como já foi

referido anteriormente, estão estabelecidos limites pela CENELEC, válidos para a União Europeia, que podem ser comparados com os correspondentes valores dos EUA [ANSI92] e do Japão [TTC90], Tab. 1.

Tabela 1: Comparação dos limites máximos da Taxa de Absorção Específica entre a Europa, os EUA e o Japão.

Parâmetro	ANSI/IEEE EUA	CENELEC Europa	TTC/MPT Japão
Grupo restrito	Ambiente controlado	Trabalhadores	Condição P
TAE média sobre todo o corpo [W/kg]	0.4	0.4	0.4
TAE máxima [W/kg]	8	10	8
Tempo de média [min.]	6	6	6
Unidade de massa média [g]	1	10	1
Forma do volume de massa	Cubo	Cubo	Cubo
Grupo genérico	Ambiente não controlado	Publico	Condição G
TAE média sobre todo o corpo [W/kg]	0.08	0.08	0.4
TAE máxima [W/kg]	1.6	2	8
Tempo de média [min.]	30	6	6
Unidade de massa média [g]	1	10	1
Forma do volume de massa	Cubo	Cubo	Cubo

A análise da Tab. 1 permite verificar que os limites impostos para o público em geral são mais rigorosos que os associados a trabalhadores, o que se explica por se admitir que os últimos se encontram de algum modo protegidos da radiação no seu local de trabalho. Observa-se ainda que, embora as três organizações referidas não apresentem valores iguais para a TAE, de facto estes não diferem muito entre si, o que permite ter confiança nos limites recomendados, e usá-los como referência.

A TAE não é passível de ser medida directamente, pelo que se inferem a partir dos limites anteriores valores limites para grandezas que o podem ser, nomeadamente os valores eficazes (médias temporais) da intensidade dos campos eléctrico e magnético, E e H , bem como da densidade de potência média, S . Estas grandezas relacionam-se entre de si de maneira unívoca, pelo que basta medir uma delas para que as restantes sejam conhecidas. No caso da banda de frequências em análise, estes limites dependem da frequência, f , Tab. 2. Refira-se que estes valores se referem a exposição contínua (superior a 6 minutos), estando pelo menos uma ordem de grandeza abaixo dos valores considerados

para a exposição em períodos curtos (inferiores a 6 minutos); também por se associarem à exposição do público em geral, e não de trabalhadores, estes limites são mais rigorosos.

Tabela 2: Valores limites para as grandezas electromagnéticas para exposição contínua do público em geral, propostos pelo CENELEC.

f [MHz]	E [V/m]	H [A/m]	S [W/m ²]
400 – 2 000	$1.37 f^{1/2}$	$0.0364 f^{1/2}$	$f / 200$

Atendendo às frequências limites das duas bandas do GSM [MoPa92], os valores limites para as grandezas atrás referidas são facilmente calculados, Tab. 3.

Tabela 3: Valores limites para as grandezas electromagnéticas para exposição contínua do público em geral, nas bandas de frequência do GSM.

f [MHz]	E [V/m]	H [A/m]	S [W/m ²]
890	41.0	0.110	4.45
960	42.6	0.115	4.80
1710	56.9	0.153	8.55
1880	59.6	0.160	9.40

A perspectiva perante uma situação real deve ser portanto a de medir umas das grandezas no local em análise, comparando depois as medidas com os valores máximos recomendados pela CENELEC. Refira-se que no caso de se estar em presença de antenas radiando em mais de uma frequência, o que é frequentemente o caso (tipicamente cada antena de estação de base radia entre 3 a 6 frequências, nas estações de base instaladas em ambientes urbanos), o CENELEC recomenda que se some as densidades de potência radiadas em cada uma das frequências, normalizadas ao respectivo valor máximo. É de referir ainda que nos actuais sistemas GSM, a potência radiada em cada uma das frequências nem sempre atinge o seu valor máximo (o sistema tem controlo de potência, isto é, radia o mínimo necessário para garantir a ligação com a qualidade pré-definida), pelo que o cálculo com base no valor máximo radiado conduz a uma situação de pior caso. Por último deve ser notado que o facto de se ultrapassar os limites anteriormente referidos não implica necessariamente que haja perigo, uma vez que estes foram estabelecidos com uma margem de segurança razoável.

IV. UM CASO DE ESTUDO

O campus do Instituto Superior Técnico possui, desde há uns anos, uma estação de base do GSM instalada no topo de um dos seus edifícios, o Pavilhão de Pós-Graduação. Um Trabalho Final de Curso [AnNe97] analisou o problema da exposição à radiação das pessoas que trabalham não só no próprio edifício onde as antenas estão instaladas mas também no edifício fronteiro (Complexo Interdisciplinar) que recebe a radiação directamente e em linha de vista das antenas. Efectuou-se assim uma extensa campanha de medidas em todas as salas de ambos os edifícios, tendo-se registado o sinal em computador, para posterior processamento.

Para uma potência equivalente radiada (EIRP) de $45 \text{ dBm} = 31.6 \text{ W}$, a potência mais elevada foi medida precisamente numa das salas do Complexo Interdisciplinar, $-18 \text{ dBm} = 0.016 \text{ mW}$, e não no Pavilhão de Pós-Graduação onde as antenas estão instaladas (valor máximo de $-31 \text{ dBm} = 0.0008 \text{ mW}$). A razão para se obter um valor de potência superior no edifício fronteiro pode ser explicada por vários factores:

- As antenas apresentam o máximo de radiação numa direcção horizontal, ou próxima desta (ligeiramente inclinada para baixo), decrescendo a radiação fortemente à medida que o ângulo se aproxima da vertical, pelo que a radiação para dentro do edifício onde as antenas estão instaladas é francamente inferior à que existe na direcção horizontal (e portanto dirigida ao edifício fronteiro).
- As placas de betão que se encontram entre as antenas, instaladas no telhado, e as salas onde foram feitas as medidas provocam uma atenuação do sinal, que varia tipicamente (não foram feitas medidas de atenuação por materiais neste caso em concreto) entre 0.1 e 0.01 (10 e 20 dB) por cada placa, o que significa que o sinal é fortemente atenuado em cada atravessamento.
- Enquanto o sinal tem que penetrar as referidas placas de betão para atingir as salas do edifício onde as antenas estão instaladas, apenas tem que atravessar vidros (cuja atenuação é mínima) para penetrar nas salas do edifício fronteiro.
- A atenuação do sinal com a distância (d) é do tipo $1/d^2$, não havendo portanto uma atenuação muito significativa com a distância (comparada com os casos em que se verifica ser essa dependência do tipo $1/d^4$), embora, claramente, esta atenuação seja maior para o edifício fronteiro que para o edifício onde as antenas estão instaladas.

Uma vez efectuadas as medidas, procedeu-se ao seu processamento. Foi assim necessário converter a potência recebida no telefone móvel para a densidade de potência existente no local de medida; para tal considerou-se que a antena do telefone tinha um ganho igual ao de uma antena isotrópica, o que pode ser encarado como correspondente a um caso médio. Para o valor máximo obtido no conjunto dos dois edifícios (isto é, no Complexo Interdisciplinar), obteve-se então uma densidade de potência de 1.9 mW/m^2 , que se encontra cerca de 2 440 vezes (34 dB) abaixo do valor máximo recomendado pelo CENELEC; por sua vez, o valor máximo medido no Pavilhão de Pós-Graduação está cerca de

48 620 vezes (47 dB) abaixo do valor máximo recomendado pelo CENELEC. Com já foi referido atrás, embora se possa questionar a exactidão científica dos limites mencionados, e se admita sempre alguma incerteza relativa ao estabelecimento destes valores limites, a possível inexactidão e a incerteza nunca atingirão valores que ponham em causa resultados obtidos com grande margem de diferença. Pode afirmar-se portanto que se está perfeitamente dentro dos limites de segurança em ambos os casos, e seguramente mais no caso do edifício onde estão instaladas as antenas

Os resultados obtidos para esta caso são extrapoláveis para a grande maioria das instalações, isto é:

- As potências emitidas pela grande maioria das antenas de estação de base em ambientes urbanos é semelhante à que existe no caso em análise (45 dBm = 31.6 W). Verifica-se aliás uma tendência para baixar estas potências, tendo em vista diminuir a interferência na comunicação.
- Mesmo que as potências emitidas fossem superiores, nunca atingiriam valores tão elevados que levassem a densidade de potência a apresentar valores semelhantes aos máximos recomendados. Refira-se, para efeitos de comparação que os telefones móveis emitem uma potência máxima de 2 W (33 dBm), mas que, obviamente, a distância do telefone ao seu utilizador (nomeadamente a cabeça) é substancialmente menor.
- As distâncias envolvidas, quer no caso de penetração dentro do edifício onde as antenas estão instaladas quer no caso do edifício fronteiro, serão semelhantes.
- A atenuação provocada pelos materiais é certamente semelhante, visto que estes não variam muito, verificando-se mesmo que no caso de vidros revestidos com películas reflectoras a atenuação é parecida à das placas de betão.

Assumindo que esta extrapolação é válida, então não constitui perigo para as pessoas a existência de antenas de estação de base de comunicações móveis no topo dos edifícios onde trabalham ou habitam.

V. CONCLUSÕES

Verifica-se hoje em dia uma preocupação natural nas pessoas sobre os possíveis efeitos nocivos para a saúde em consequência da radiação das antenas que estão colocadas nos edifícios onde habitam ou trabalham. Sabendo-se que há efectivamente situações de sistemas de telecomunicações (não especificamente os móveis) onde existe perigo, devido aos valores elevados das potências radiadas, há portanto que analisar o problema com o devido cuidado. A questão fundamental não é saber se a exposição à radiação é maléfica, mas sim de saber quais são os limites de exposição a partir dos quais podem existir efeitos nocivos para os seres vivos.

Tendo-se apresentado os limites máximos para a Taxa de Absorção Específica recomendados pela CENELEC, válidos para a União Europeia, e comparados com os correspondentes valores dos EUA e do Japão, verifica-se não haver diferenças significativas, o que permite ter confiança nos limites

recomendados, e usá-los como referência. Porque não é possível medir este parâmetro, estes limites são convertidos para grandezas mensuráveis, como é o caso da densidade de potência.

Medidas realizadas no campus do Instituto Superior Técnico, num edifício onde está instalada uma estação de base de GSM e num edifício fronteiro a este, mostram que o sinal é muito superior no edifício fronteiro, comparado com aquele onde as antenas estão instaladas. Este facto deve-se à grande atenuação provocada pelas placas de betão que se encontram entre as antenas e as salas onde as pessoas se deslocam. De qualquer modo, o valor máximo do sinal medido (no edifício fronteiro) está de 2 440 vezes abaixo do valor máximo recomendado pelo CENELEC, enquanto essa relação é de 48 620 vezes para o próprio edifício das antenas.

Pode portanto afirmar-se que, na grande maioria dos casos, não existe perigo para as pessoas que trabalham ou habitam em edifícios com antenas de estação de base instaladas no seu topo.

REFERÊNCIAS

- [AnNe97] G.C. Ângelo e M.I. Neto, *Aspectos de Penetração e Segurança em Edifícios com Estações de Base GSM no Topo*, Trabalho Final de Curso, DEEC, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, Set. 1997
- [ANSI99] ANSI/IEEE, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*, ANSI/IEEE C95.1-1991, New York, NY, USA, Apr. 1992
- [CENE95] CENELEC, *Human exposure to electromagnetic fields. High frequency (10 kHz to 300 GHz)*, European Prestandard ENV 50166-2, CENELEC, Brussels, Belgium, Jan. 1995.
- [JOCE99] Conselho da União Europeia, *Recomendação do Conselho de 12 de Julho de 1999 relativa à limitação da exposição da população aos campos electromagnéticos (0Hz – 300GHz)*, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 1999/519/CE, L199, Bruxelas, Bélgica, 1999/07/30.
- [MoPa92] M. Mouly and M.B. Pautet, *The GSM System for Mobile Communications*, M. Mouly et M.-B. Pautet, Palaiseau, France, 1992
- [TTC90] TTC/MPT, *Protection guidelines for human exposure to radiofrequency electromagnetic waves*, Telecommunications Technology Council, Ministry of Posts and Telecommunications, Deliberation No. 38, Tokyo, Japan, 1990.
- [WHO00] <http://www.who.int/peh-emf>