

# Comparação de Níveis de Radiações de Radiofrequência Emitidas por Antenas de Estações Rádio-Base

Carlos H. S. Figueiredo, Glaucio L. Ramos, Paulo T. Pereira, Moacir S. Júnior & Carlos S. Queiroz

**Abstract**—This work describes the basic concepts of electromagnetic theory related to non-ionizing radiation emission levels of the radio base station cellular mobile system based in current research. Research results were compared with norms established by agencies such as National Telecommunication Agency (ANATEL), the International Commission on Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP) and other bodies concerned with health-related studies. A comparison will be shown between radiation levels before and after the installation of a new radio base station.

**Index Terms**—Non-ionizing radiation, radiofrequency, cellular phone, thermal effects.

**Resumo**—Este trabalho descreve os conceitos básicos sobre a teoria eletromagnética relacionada às emissões dos níveis de radiação não-ionizante das estações rádio-base do sistema de telefonia móvel celular. Resultados de medições são comparados com normas pré-estabelecidas por órgãos como a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), International Commission on Non ionizing radiation Protection (ICNIRP) e demais órgãos com estudos relacionados à saúde. Será realizada também uma comparação entre níveis de radiação medidos antes e depois da instalação de uma nova estação rádio base.

**Palavras chave**—radiações não ionizantes, radiofrequência, telefonia celular, efeitos térmicos.

## I. INTRODUÇÃO

Nos meados de 1940, os primeiros serviços de telefonia móvel apareceram nos Estados Unidos. Estes serviços usaram, a princípio, uma torre em cada área metropolitana.

O espectro de frequência de rádio (RF) é um produto limitado, e as agências reguladoras limitam a quantidade de espectro de radiofrequência disponível para o serviço de telefone celular. Estes regulamentos limitariam o número máximo de chamadas simultâneas abaixo da demanda prevista. Esta realidade fez com que as companhias telefônicas adotassem a aproximação celular, em que múltiplas torres de celular são instaladas para cobrir uma grande área geográfica. No sistema celular cada torre ou estação rádio-base (ERB) cobre uma área chamada célula. Uma região grande pode ser

dividida em células, permitindo que as estações diferentes utilizem as mesmas frequências ou canais suficientemente separados, método conhecido como reuso de frequência.

Hoje em dia, nos deparamos com uma grande quantidade de estações por toda a cidade e em rodovias que as interligam. O número de usuários aumenta a cada dia e as estações ficam sobrecarregadas. Novas estações precisam ser instaladas e, na maioria das vezes, próximas a residências e centros comerciais.

Como a população encara este fato? A instalação de uma nova estação pode causar medo pelo simples fato das pessoas estarem desinformadas sobre a emissão de radiações eletromagnéticas. A radiação emitida pode causar danos à saúde? Que tipos de radiação são emitidos pelas antenas de celulares? Quais seriam os níveis de exposição seguros? A radiação emitida pela antena do aparelho é diferente da emitida pelas antenas das torres?

Os efeitos biológicos ocasionados pela radiação vêm sendo estudados pelos cientistas há cerca de 60 (sessenta) anos. Está comprovado que a radiação ionizante (aquela capaz de alterar o estado físico de um átomo) pode ser altamente nociva à saúde, inclusive, mantendo relação direta com o surgimento de câncer. Os raios X e os raios gama, como aqueles emitidos pelo cério, são exemplos de radiação ionizante [1].

A antena da estação de rádio-base, por estar geralmente colocada nas torres ou nos topos dos edifícios, dificilmente será uma fonte permanente de preocupação no que se refere à saúde pública e à proteção do meio ambiente. Isto porque os campos eletromagnéticos decaem pelo menos com o inverso do quadrado da distância da fonte irradiadora. Então, a densidade de potência do campo reduz-se substancialmente a partir de uns poucos metros de distância da antena.

Radiação não-ionizante é um fenômeno presente na natureza e essencial para o surgimento e manutenção dos sistemas de vida na terra, posto que, conduz, dentre outras, a energia luminosa e calorífica emitida pelo sol. Mas a tecnologia envolvida em novos sistemas celulares necessita de equipamentos que emitem radiação não ionizante. É o caso da telefonia sem fio [1].

Toda essa tecnologia é baseada na emissão/recepção de radiação em radiofrequência. Se essa emissão/recepção ocorrer em um nível tal de densidade de potência em que os sistemas naturais do meio possam absorvê-las, sem mudanças

Manuscrito recebido em 5 de junho de 2008; aceito em 23 de Março de 2009.

C. H. S. Figueiredo é funcionário da PRODABEL ([henriquetelecom2@gmail.com](mailto:henriquetelecom2@gmail.com)). G. L. Ramos ([glopesr@gmail.com](mailto:glopesr@gmail.com)), P. T. Pereira ([paulotiburcio@ig.com.br](mailto:paulotiburcio@ig.com.br)) e M. S. Júnior ([msouzajr27@hotmail.com](mailto:msouzajr27@hotmail.com)) são professores da UFSJ. C. S. Queiroz é diretor da C&Q Engenharia de Radiações ([cqrf@cq.eng.br](mailto:cqrf@cq.eng.br)).

qualitativas significativas, ela passa a fazer parte do ambiente, como um atributo artificial. Se, no entanto, os campos eletromagnéticos artificialmente produzidos pela atividade forem suficientemente intensos para ocasionar danos à saúde humana ou à qualidade dos recursos ambientais, teremos uma atividade impactante, e, portanto, potencialmente poluidora.

## II. RADIAÇÃO

Radiação é um conjunto de ondas ou partículas que se propagam rapidamente no espaço, transportando energia. É o fluxo de partículas ou fótons (unidades elementares de uma onda eletromagnética). A radiação eletromagnética tem como propriedade peculiar, a dualidade “onda-partícula”.

Muitos fenômenos eletromagnéticos podem ser explicados pelos cientistas ao considerarem a radiação como um conjunto de ondas viajantes no espaço. A energia de um fóton está intimamente associada à frequência da onda eletromagnética. Quanto maior a frequência, maior a energia associada ao fóton e como consequência direta, maior será a sua capacidade de interação com o material biológico.

Basicamente, qualquer tipo de propagação de energia é considerado uma forma de radiação. A propagação de energia pode ocorrer de forma corpuscular ou eletromagnética. A radiação corpuscular é constituída por um feixe de partículas elementares propagando-se pelo espaço. A radiação eletromagnética é a propagação de campos eletromagnéticos no espaço.

Os campos eletromagnéticos também podem ser considerados como uma radiação corpuscular de fótons. Desta forma, a radiação pode ser entendida como propagação de energia presente em corpúsculos de matéria ou feixe de partículas elementares.

O termo radiação é na maioria das vezes associado à emissão de altas frequências através de um conjunto de partículas, como os raios X. É importante salientar que o mesmo termo descreve também a propagação de ondas eletromagnéticas. A diferença entre os valores de frequências utilizados é importante para que sejam determinados os tipos de radiação que ocorrem em ambos os casos, ionizante e não ionizante, mas com efeitos completamente distintos. A radiação ionizante é usualmente denominada apenas como radiação e a não-ionizante como propagação de ondas eletromagnéticas.

A emissão de radiação pode ocorrer de duas formas: emissão estimulada e a emissão espontânea. A emissão espontânea provém de substâncias ditas radioativas. Quando um elétron, presente em uma determinada camada de um átomo, é excitado com energia suficiente para alterar sua órbita, uma porção adicional de energia é absorvida por ele e ao retornar à sua órbita anterior, esta energia é despreendida em forma de pequenos “pacotes” de energia, os fótons. A emissão dessa energia ocorre em forma de ondas eletromagnéticas de altas frequências. A energia que um elétron deve possuir para vencer uma barreira de tensão de 1V (um volt) é o elétron-volt e equivale a  $1,6 \times 10^{-19}$  Joule.

Quando a energia de um fóton for menor que 12 eV (doze elétron-volts), a radiação é dita não-ionizante. Para valores superiores a este, são denominadas ionizantes. Este valor limite foi adotado por ser a energia suficiente para que um elétron seja retirado de sua órbita no átomo, provocando deste modo, alterações na matéria atingida. Esta energia possui valores variados de acordo com as substâncias em questão, sendo em torno de 5,1 eV para o sódio gasoso e 13,6 eV para o hidrogênio. A radiação ionizante pode interferir nas ligações químicas e estruturas moleculares dos átomos, ou seja, assim, ionizando-os.

## III. RADIAÇÃO IONIZANTE E NÃO IONIZANTE

As radiações classificadas como eletromagnéticas não ionizantes são aquelas que não possuem energia suficiente para ionizar a matéria. Caracterizam-se por possuírem energia inferior a cerca de 12 eV, comprimentos de onda menores que 100 nanômetros e frequências inferiores a  $3 \times 10^{15}$  Hz.

Embora a radiação seja um fenômeno único, uma das formas adotadas pela ciência para classificar uma radiação eletromagnética como ionizante ou não ionizante foi através da frequência ou número de oscilações por segundo (Hertz-Hz). As diferentes frequências indicam diferentes tipos de radiação, o que deu origem ao chamado espectro eletromagnético.

As ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda curtos comportam-se diferentemente das ondas com comprimentos longos quando as ondas viajam através do ar ou através do espaço. As ondas curtas tais como raios X ou microondas, podem ser focalizadas em um feixe.

Esses comprimentos de onda são úteis para determinadas aplicações, tais como uma comunicação irradiando de um ponto específico a outro, ou iluminando um determinado ponto. Ondas mais longas, tais como aquelas usadas na transmissão de rádio tendem a espalhar para maiores distâncias. No caso de uma exposição à radiação não ionizante, os efeitos são denominados “efeitos térmicos” e proporcionam um aquecimento do tecido biológico. Níveis significativos de aquecimento podem, em certos casos, superar a capacidade natural de termo-regulação do organismo humano exposto, causando danos a sua saúde.

## IV. RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE: EFEITOS E RISCOS BIOLÓGICOS

### A. Efeitos Biológicos

Efeito biológico é uma resposta mensurável a um estímulo ou a qualquer alteração do meio ambiente, por um organismo. Um efeito biológico pode ou não ser prejudicial à saúde. Quando um efeito provoca alguma alteração detectável em relação ao bem-estar ou integridade de indivíduos expostos é considerado prejudicial.

### B. Efeitos Térmicos

A faixa de frequências utilizada pela segunda geração de telefonia celular e antenas é de 800 MHz a 1900 MHz.

Estas radiações (não ionizantes) podem liberar energia suficiente para produzir efeitos térmicos (de aquecimento) ao incidir em organismos vivos. As radiações não ionizantes intensas de baixa frequência podem também liberar correntes elétricas capazes de afetar o correto funcionamento de algumas células (sensíveis a estas correntes) musculares ou nervosas. Campos eletromagnéticos de alta intensidade podem causar prejuízos para a saúde. Fatores como frequência e intensidade do sinal determinam a natureza desses efeitos.

Os efeitos biológicos oriundos de radiações não ionizantes são, de certa forma, bem quantificados. Por se tratar de aquecimento de tecido biológico, este tipo de efeito é designado efeito térmico.

O organismo humano possui mecanismos de termo-regulação e, quando o nível de aquecimento dos tecidos biológicos excede a capacidade natural do organismo, sérios danos podem ocorrer nesses mesmos tecidos.

Organizações internacionais estabeleceram valores limites para exposição à radiofrequência. Os valores de SAR (taxa de absorção específica) definidos pelo ICNIRP e adotados pela ANATEL são [5]:

Limite Ocupacional - 0,4 W/kg

Limite público em geral - 0,08 W/kg

#### C. Efeitos Não-Térmicos

Além dos efeitos térmicos resultantes da exposição a radiações podem ocorrer efeitos não-térmicos. Ainda não existe sequer uma definição clara sobre tais efeitos e o conhecimento científico sobre esse efeito é reduzido.

A maior dificuldade encontrada pelos pesquisadores reside na quantificação de efeitos de avaliação subjetiva e também no fato do intervalo de observação ser insuficiente para estabelecer relações concretas de causalidade, tanto a curto quanto em longo prazo.

#### D. Riscos Biológicos

No que diz respeito às possíveis influências das radiações, em particular pessoas que residem próximo a locais onde estão instaladas estações rádio-base, verifica-se a preocupação e o receio.

Entretanto, a maioria dos problemas associados ao funcionamento dos sistemas de telecomunicações móveis diz respeito à "percepção do risco" pela população e não ao risco propriamente dito. Os níveis de exposição ao público, de modo geral são muito inferiores aos níveis de referência estabelecidos pela ANATEL quando comparados com

a exposição aos próprios aparelhos celulares. Não são conhecidos efeitos prejudiciais à saúde para valores abaixo dos níveis de referência estabelecidos e legalmente definidos [3-9].

Também não foi comprovado o perigo de interferência eletromagnética das radiações proveniente de estações base, relacionado ao funcionamento de dispositivos médicos, como próteses metálicas. O principal risco associado ao uso de aparelhos celulares é o acidente de trânsito causado pela utilização dos mesmos durante a condução de veículos, devido

à dispersão da atenção nos condutores. Para reduzir tais efeitos é aconselhável a utilização de um dispositivo "viva-voz", fone de ouvido ou um dispositivo Bluetooth.

Com relação às crianças, o uso de celulares por crianças até seis anos de idade não é recomendado e para pacientes que possuem marca-passo a distância recomendada é de no mínimo 15 centímetros do implante e a utilização do celular durante o curso de uma ligação deve ser do lado oposto ao implante.

#### E. Taxa de Absorção Específica - SAR

Sigla em inglês de "Specific Absorption Rate": Taxa de absorção de energia por tecidos do corpo, medida em W/kg (watt por quilograma). É a medida amplamente adotada em radiofrequências superiores a cerca de 100 kHz [10]. Por muitos anos pesquisas vem sendo realizadas com a finalidade de delimitar níveis seguros de exposição aos campos eletromagnéticos. Muitos países adotaram as diretrizes da ICNIRP, uma organização científica independente, formalmente reconhecida pela Organização Mundial de Saúde. Uma quantidade significativa de trabalhos e pesquisas forma a base para as diretrizes da ICNIRP.

#### F. SAR Localizada

Grandes margens de segurança estão incorporadas aos limites de segurança estabelecidos. Na faixa de frequência utilizada pelos telefones celulares, limites são especificados como níveis de SAR, que é uma medida da absorção da energia das ondas de rádio pelo corpo. Nos celulares usados próximos à cabeça ou ao corpo a SAR não deve exceder o limite médio de 2 W/kg em 10 g de tecido (ou 1,6 W/kg em 1 grama, nos EUA e em alguns outros países).

Os limites estabelecidos pelas normas visam prevenir efeitos conhecidos à saúde humana e refletem o atual estágio do conhecimento. Desta forma, os limites de SAR foram estabelecidos para prevenir efeitos térmicos. Ao se definir o SAR procurou-se estabelecer uma unidade de medida (dose) correlacionada a efeitos de elevação de temperatura do corpo.

#### G. Limites de Exposição

Considerando a penetração da radiação de radiofrequência no organismo, o SAR (taxa de absorção específica) deve ser medida no seu interior, o que na prática dificulta bastante a sua realização.

Desta forma, são estabelecidos limites, Fig. 1 e Fig. 2, para algumas grandezas facilmente mensuráveis no interior dos organismos como a densidade de potência e intensidades de campo elétrico e magnético.

Limites distintos são adotados para exposição em áreas públicas e em ambiente de trabalho. Os limites para áreas públicas correspondem a valores 50 vezes menores que os valores mínimos com algum efeito comprovado. Para ambientes de trabalho os níveis estabelecidos são maiores considerando que outras precauções necessárias foram tomadas.

Os limites de exposição estabelecem valores máximos permissíveis para os níveis de radiação absorvidos pelo corpo

humano. Organismos internacionais estabeleceram limites de exposição, com base em diversos estudos científicos.

Estes limites são adotados por vários países e as autoridades competentes têm a obrigação de fiscalizar o seu cumprimento.

No Brasil a ANATEL é responsável, entre outros fatores, por esta fiscalização e os limites adotados têm como base os níveis estabelecidos pelo ICNIRP (Comissão Internacional para Proteção Contra Radiação Não-Ionizante). Atualmente o único mecanismo confirmado como potencial gerador de efeitos prejudiciais à saúde resultantes da exposição à radiação de radiofrequência é o aquecimento dos tecidos biológicos (efeitos térmicos).

Com base nesse mecanismo, limites de exposição foram estabelecidos para a faixa que abrange as radiofrequências. Discussões sobre a abordagem utilizada para o estabelecimento de níveis ditos seguros são realizadas, uma vez que existe a possibilidade da ocorrência de efeitos não-térmicos e efeitos a longo prazo.

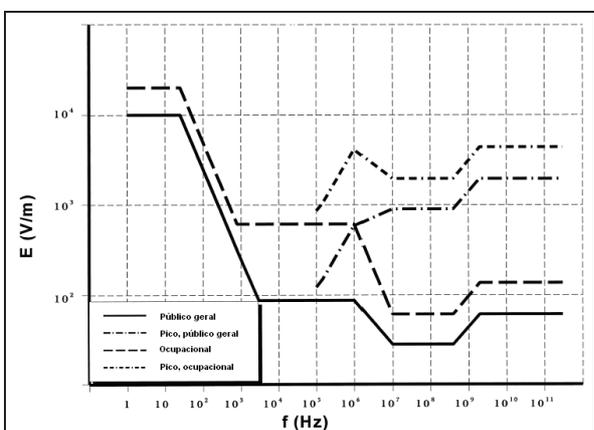


Fig. 1. Limites de exposição ao Campo Elétrico [3].

H. Organismos Nacionais e Internacionais

\*ABRICEM - Associação Brasileira de Compatibilidade Eletromagnética. Participação destacada no processo de adoção de normas internacionais pela ANATEL.

\*ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações. Regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz. (Anexo à resolução n° 303 de 2 de julho de 2002).

\*ICNIRP - Comissão Internacional de Proteção Contra Radiações Não Ionizantes. Estabelecimento de padrões e limites de referência para as radiações não ionizantes adotados pela maior parte dos países do mundo, inclusive o Brasil através da Anatel.

\*MMF - Mobile Manufacturers Fórum. Organização internacional dos fabricantes de equipamentos para sistemas celulares.

\*WHO (OMS – Organização Mundial de Saúde) Projeto EMF da Organização Mundial da Saúde. Link para base de dados com estudos da OMS e do IEEE.

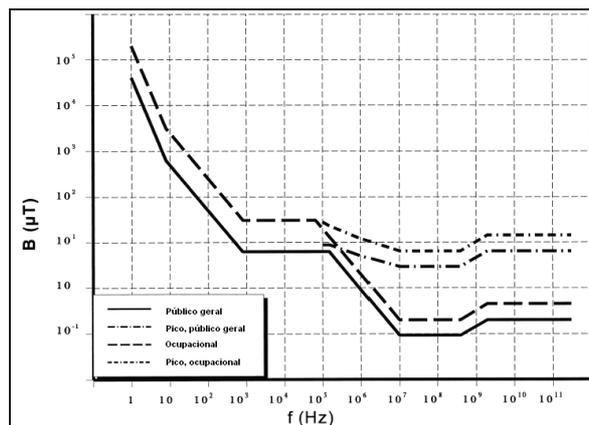


Fig. 2. Limites de referência Campo Magnético [3].

V. ESTUDO DE CASOS

Apresentam-se nesta seção cinco casos de medições realizadas em diversas regiões da grande Belo Horizonte. A finalidade desta apresentação é representar através de gráficos e tabelas níveis de densidade de potência medidos pré-instalação e pós-instalação.

Desta forma torna-se possível a comparação de níveis de radiação existentes nos locais e os acréscimos devidos à ativação das antenas bem como uma comparação com os limites estabelecidos pela ANATEL. Adotou-se como referência, o valor para o pior caso, sendo este, para a faixa de 824 MHz a 894 MHz, 435 µW/cm² e para a faixa de 1775 MHz a 1880 MHz, 935 µW/cm².

A. Caso 1

ERB composta por 3 setores de antenas a serem fixadas em suportes metálicos nas fachadas e equipamentos para transmissão de dados na s tecnologias TDMA e GSM, instalados em uma das lojas do edifício comercial.

Os resultados das medições podem ser vistos na Fig. 3 e Tab. I.

TABELA I  
VALORES DE MEDIÇÕES PRÉ E PÓS INSTALAÇÃO PARA O CASO 1.

| CASO 1 (Pontos) | PRÉ [µW/cm²] | PÓS [µW/cm²] | LIMITE ANATEL [µW/cm²] |
|-----------------|--------------|--------------|------------------------|
| 1               | 102          | 163          | 435                    |
| 2               | 52           | 70           |                        |
| 3               | 60           | 79           |                        |
| 4               | 64           | 77           |                        |
| 5               | 59           | 81           |                        |
| 6               | 57           | 68           |                        |
| 7               | 58           | 73           |                        |
| 8               | 75           | 73           |                        |
| 9               | 55           | 76           |                        |
| 10              | 57           | 66           |                        |
| 11              | 51           | 82           |                        |
| 12              | 75           | 86           |                        |
| 13              | 73           | 86           |                        |
| 14              | 51           | 67           |                        |

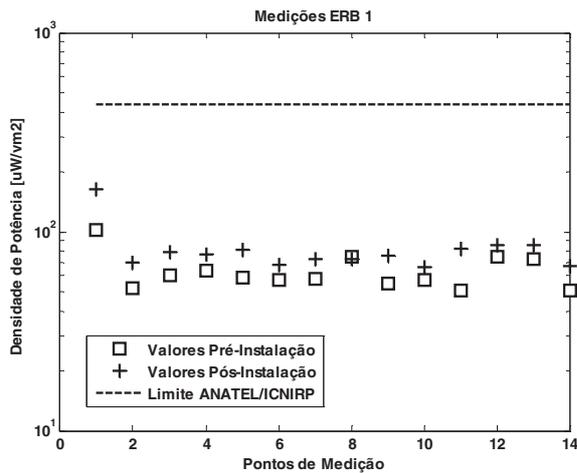


Fig. 3. Valores obtidos nas medições para o caso 1.

**B. Caso 2**

ERB composta por 2 equipamentos RBS e 3 setores de antenas a serem fixadas em um mastro metálico a instalar no topo de uma edificação existente.

Os resultados das medições podem ser vistos na Fig. 4 e Tab. II.

TABELA II  
VALORES DE MEDIÇÕES PRÉ E PÓS INSTALAÇÃO PARA O CASO 2.

| CASO 1 (Pontos) | PRÉ [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] | PÓS [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] | LIMITE ANATEL [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1               | 140                               | 146                               | 435   |
| 2               | 36                                | 66                                |   |
| 3               | 35                                | 64                                |   |
| 4               | 36                                | 69                                |   |
| 5               | 34                                | 74                                |   |
| 6               | 36                                | 76                                |   |
| 7               | 38                                | 76                                |   |
| 8               | 37                                | 77                                |   |
| 9               | 38                                | 71                                |   |
| 10              | 39                                | 84                                |   |

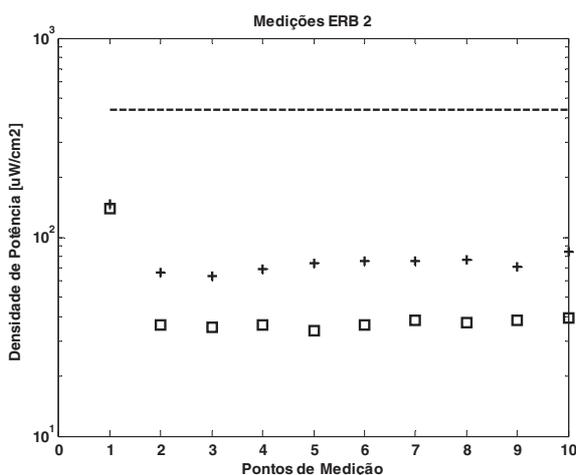


Fig. 4. Valores obtidos nas medições para o caso 2.

**C. Caso 3**

ERB composta por 3 antenas a serem fixadas em um poste metálico de 40 metros de altura e os equipamentos serão

instalados sobre o terreno.

Os resultados das medições podem ser vistos na Fig. 5 e Tab. III.

TABELA III  
VALORES DE MEDIÇÕES PRÉ E PÓS INSTALAÇÃO PARA O CASO 3.

| CASO 1 (Pontos) | PRÉ [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] | PÓS [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] | LIMITE ANATEL [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1               | 90                                | 132                               | 435   |
| 2               | 48                                | 75                                |   |
| 3               | 51                                | 78                                |   |
| 4               | 49                                | 70                                |   |
| 5               | 58                                | 63                                |   |
| 6               | 52                                | 70                                |   |
| 7               | 51                                | 62                                |   |
| 8               | 54                                | 65                                |   |
| 9               | 77                                | 80                                |   |
| 10              | 58                                | 65                                |   |

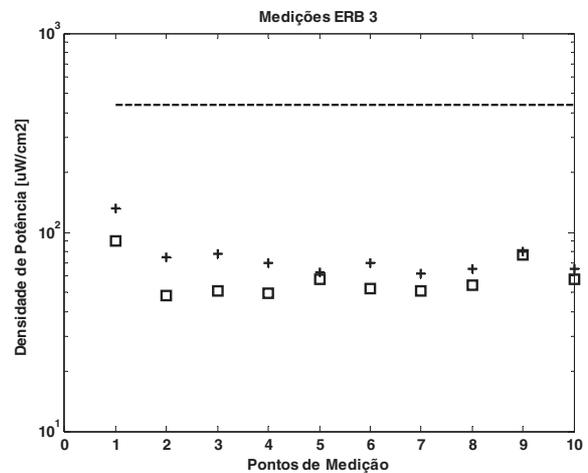


Fig. 5. Valores obtidos nas medições para o caso 3.

**D. Caso 4**

ERB composta por 5 gabinetes metálicos e 3 antenas sustentadas por mastro metálico de 6 metros a instalar no topo de uma edificação existente.

Os resultados das medições podem ser vistos na Fig. 6 e Tab. IV.

TABELA IV  
VALORES DE MEDIÇÕES PRÉ E PÓS INSTALAÇÃO PARA O CASO 4.

| CASO 1 (Pontos) | PRÉ [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] | PÓS [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] | LIMITE ANATEL [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1               | 90                                | 132                               | 435   |
| 2               | 48                                | 75                                |   |
| 3               | 51                                | 78                                |   |
| 4               | 49                                | 70                                |   |
| 5               | 58                                | 63                                |   |
| 6               | 52                                | 70                                |   |
| 7               | 51                                | 62                                |   |
| 8               | 54                                | 65                                |   |
| 9               | 77                                | 80                                |   |
| 10              | 58                                | 65                                |   |

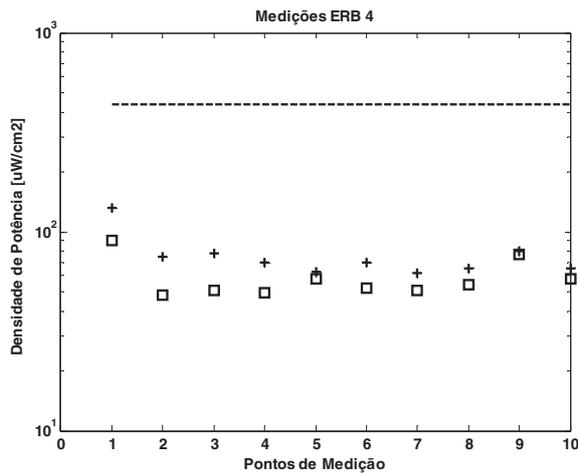


Fig. 6. Valores obtidos nas medições para o caso 4.

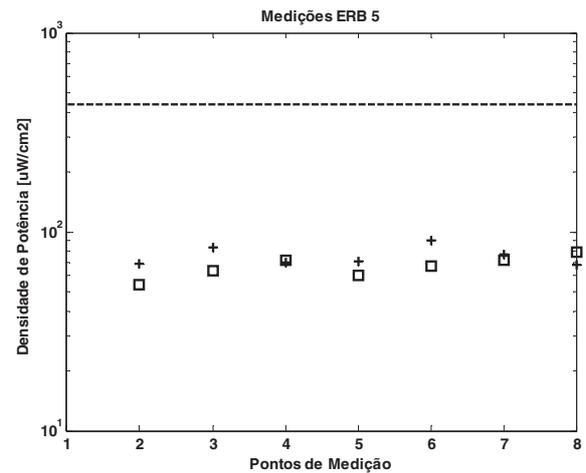


Fig. 7. Valores obtidos nas medições para o caso 5.

E. Caso 5

ERB composta por 3 antenas a serem fixadas em um poste metálico de 30 metros de altura e os equipamentos serão instalados sobre o terreno..

Os resultados das medições podem ser vistos na Fig. 7 e Tab. V.

F. Análise dos Resultados

Pode-se observar, através dos gráficos e tabelas anteriores, referentes aos casos reais, alguns aspectos de grande importância para uma análise das radiações eletromagnéticas observadas.

Os valores referentes aos níveis de densidade de potência medidos pré-instalação e pós-instalação são praticamente os mesmos, em alguns casos, são exatamente iguais.

Os valores obtidos nas medições são centenas de vezes menores que o valor adotado como limite, sendo este valor, o para o pior caso.

Os gráficos foram construídos em escala logarítmica, visto que em outra escala, os valores demonstraram tamanha discrepância que os gráficos tornaram-se pouco esclarecedores, dificultando uma posterior avaliação.

TABELA V  
VALORES DE MEDIÇÕES PRÉ E PÓS INSTALAÇÃO PARA O CASO 5.

| CASO 1 (Pontos) | PRÉ [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] | PÓS [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] | LIMITE ANATEL [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ] |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1               | 60                                | 86                                | 435   |
| 2               | 54                                | 69                                |   |
| 3               | 64                                | 83                                |   |
| 4               | 72                                | 70                                |   |
| 5               | 60                                | 71                                |   |
| 6               | 67                                | 90                                |   |
| 7               | 72                                | 77                                |   |
| 8               | 79                                | 68                                |   |

VI. CONCLUSÕES

O receio por parte da opinião pública é fato inegável. Dúvidas quanto aos possíveis danos para a saúde pública é um fato gerador de freqüentes pesquisas e estudos sobre radiações. Discussões em fóruns nacionais e internacionais e trabalhos junto aos organismos públicos fazem parte desta realidade.

A radiação eletromagnética não é mais que energia emitida por uma determinada fonte, a uma determinada freqüência. Campos eletromagnéticos são parte do espectro de radiação. Para que os efeitos possam ser estudados é necessário, antes de tudo, a distinção entre os tipos ionizantes e não-ionizantes.

Diariamente estamos rodeados por diversas fontes de campos eletromagnéticos: televisores, rádios, fornos de microondas, chuveiros elétricos, secadores de cabelo, aspiradores de pó e o próprio sol. A geração de um campo eletromagnético ocorre sempre que há passagem de corrente elétrica em um condutor e a quantidade de campo magnético pode ser mensurada pela densidade do fluxo.

Estações rádio-base de telecomunicações possuem valores de densidade de fluxo magnético inferiores a valores medidos em alguns eletrodomésticos.

Os aparelhos de telefonia celular funcionam com microondas de baixa intensidade e suas transmissões e recepção de sinais de estações utilizam baixas potências. Várias células são utilizadas para "iluminar" uma área, visto que utilizam baixos valores de potência e que atenuações encontram-se presentes. As estações rádio-base são projetadas considerando limites pré-estabelecidos, proporcionado exposições em níveis seguros.

REFERÊNCIAS

[1] INTERNATIONAL Radiation Protection Association. Acesso em 15 de Dezembro de 2006. Disponível em: <<http://www.irpa.net>>.  
 [2] ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Acesso em 16 de Dezembro de 2006. Disponível em: <<http://www.icnirp.org/documents/emfddl.pdf>>.

- [3] LIN, J. C. Cellular-phone radiation effects on cancer in genetically modified mice. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, v. 44, n. 6, December 2002.
- [4] SCHÜZ, J. et al. Cellular telephone use and cancer risk: Update of a nationwide danish cohort. *Journal of the National Cancer Institute*, v. 98, n. 23, December 2006.
- [5] PETERSEN, R. C.; TESTAGROSSA, P. A. Radio-frequency electromagnetic fields associated with cellular-radio cell-site antennas. *Bioelectromagnetics*, v. 13, 1992.
- [6] THANSANDOTE, A.; GAJDA, G. B.; LECUYER, D. W. Radiofrequency radiation in five vancouver schools: exposure standards not exceeded. *Canadian Medical Association Journal*, v. 160, 1999.
- [7] SCÜTZ, J. et al. Cellular Phones, Cordless Phones, and the Risks of Glioma and Meningioma. *Interphone Study Group, Germany*. Acesso em 16 de Dezembro de 2006. Disponível em: <<http://www.iarc.fr/ENG/Units/RCAI.html>>.
- [8] CHRISTENSEN, H. C. et al. Cellular telephones and risk for brain tumors: A population-based, incident case-control study. *Neurology*, v. 64, n. 7, 2005.
- [9] IEEE C95.1-1999. Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 30 GHz. [S.1].
- [10] LIN, J. C. Health effects - effects of cell-phone radiation on lymphoma-prone mice. *IEEE Microwave Magazine*, v. 4, n. 2, June 2003.

**Carlos Henrique Silva Figueiredo** nasceu em Belo Horizonte, em 6 de janeiro de 1971.

Possui graduação em Engenharia de Telecomunicações pelo Centro Universitário de Belo Horizonte (UNI-BH) (2005), curso de especialização em Redes de Telecomunicações pela Universidade Federal de Minas Gerais (2008). É funcionário da Gerência de Engenharia de Rede da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S/A – PRODABEL, atualmente responsável pelo licenciamento do Serviço de Comunicação Multimídia junto à ANATEL. Tem experiência em implantação de Estações Rádio-base, licenciamento, microondas, propagação de ondas eletromagnéticas, radiação eletromagnética, projetos de cabeamento estruturado e gerenciamento de projetos.

**Glaucio Lopes Ramos** nasceu em Vitória, ES, em 29 de junho de 1974.

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1999), mestrado em Ciências em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2001) e é doutorando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais desde 2007.

Desde setembro de 2010 é Professor Assistente I da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba (UFSJ/CAP). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Teoria Eletromagnética, Microondas, Propagação de Ondas, Antenas, atuando principalmente nos

seguintes temas: Eletromagnetismo Aplicado, Antenas, Sistemas Celulares, Propagação de Ondas Eletromagnéticas e Comunicações Móveis.

Ganhou três prêmios (SBMO/IEEE MTT-S 2001, SEPEX Uni-BH 2006 e SIC UFOP 2006) por trabalhos relevantes na área de Engenharia.

**Paulo Tibúrcio Pereira** nasceu em Dores do Indaiá, MG, em 22 de abril de 1962.

Possui graduação em Engenharia Elétrica e mestrado em Tecnologia pelo CEFET-MG. Durante cinco (5) anos, trabalhou como engenheiro de desenvolvimento de testes e probe, na Sid Microeletônica SA, desenvolveu oito softwares para testes de semicondutores utilizando linguagem "C" e equipamentos Teradyne. Foi supervisor da Lindgren RF Enclosures Inc. por sete anos, tendo realizado vinte projetos com montagens e testes de blindagens de radiofrequência, no Irã, Colômbia, Venezuela, Equador e Brasil. Durante cinco anos, trabalhou como projetista de RF da Telemig Celular SA, desenvolveu vinte e cinco projetos de ampliações e vinte e sete otimizações da rede de telefonia móvel celular utilizando bases de dados georeferenciadas e as ferramentas de predição de RF: Celplanner, Planet e dB Planner. Atualmente, é professor e pesquisador na área de Engenharia Elétrica e Telecomunicações na Universidade Federal de São João del-Rei. Suas pesquisas incluem predições de radiofrequência, testes de semicondutores, medidas de parâmetros geofísicos, geoprocessamento e utilização de RF para estudos de artefatos arqueológicos.

Ganhou três prêmios (Belzer 1986, SEPEX UNIBH 2006 e SIC UFOP 2006) por trabalhos relevantes na área de engenharia. Possui uma técnica registrada no INPI e quatro produtos tecnológicos.

**Moacir de Souza Júnior** nasceu em Itaúna, MG, em 27 de setembro de 1971.

Possui graduação em Engenharia Elétrica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (1998), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (2000) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (2004). Foi coordenador dos Cursos de Engenharia de Telecomunicações e Elétrica do Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH de 2003 a 2007. Atualmente é professor Adjunto I da Universidade Federal de São João del-Rei. Área de atuação: Eletromagnetismo aplicado (compatibilidade eletromagnética).

**Carlos Soares Queiroz** possui graduação em Engenharia Eletrônica com Major em Telecomunicações pelo CREI/NYIT (1966), título de Professional Engineer, State of California (1968), curso de Engenharia de Segurança do Trabalho pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (1974), Curso de Projetos, Instalação e Manutenção de Sistemas de HF/VHF/MO pelo NARDA - USA (2001), Curso de RF SAFETY e Certificado FCC.

Tem experiência em projetos, testes de propagação, instalação de VHF/MO, alinhamento e controle de qualidade de equipamentos de transmissão e sistemas irradiantes, avaliação ambiental de radiações não-ionizantes, projeto, instalação e manutenção de equipamentos de comunicação "Power Line Carrier". Empresas: CEMIG, Bechtel, GE, Auso Italtel, Leeds & Northrup, Motorola, EPC, Mendes Júnior.