

LINHAS DE TRANSMISSÃO CAMPOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS MAIO 2004

Elaborado pela ABRICEM

## CONTEÚDO:

1. Introdução
2. Conceitos sobre energia elétrica
3. Sistema de energia elétrica
4. Estudos sobre influência na saúde
5. Medidas de precaução
6. Níveis típicos de exposição
7. Conclusões
8. Referências

## INTRODUÇÃO

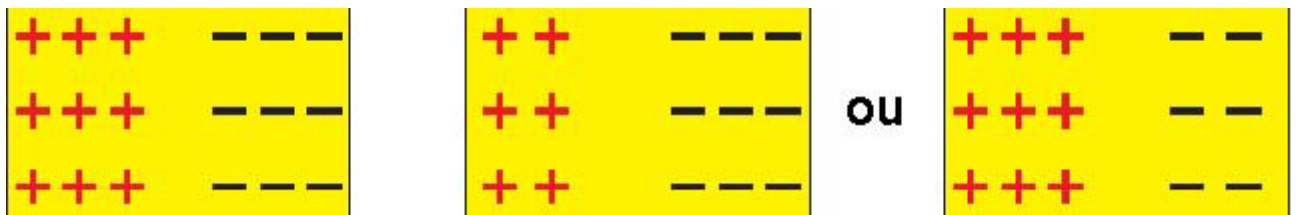
Este informativo se propõe a esclarecer dúvidas sobre questões relacionadas com linhas de transmissão de energia elétrica e exposição a campos elétricos e magnéticos.

Para tanto, inicialmente são definidos alguns conceitos básicos relacionados com a transmissão de energia elétrica. Em seguida são abordados os resultados de estudos e pesquisas sobre saúde e exposição a tais campos. São também apresentados níveis típicos de exposição esperados, tanto pela convivência com dispositivos eletro-eletrônicos quanto nas cercanias de linhas de transmissão. A partir disso, são discutidas as medidas de precaução tomadas a respeito.

## CONCEITOS GERAIS

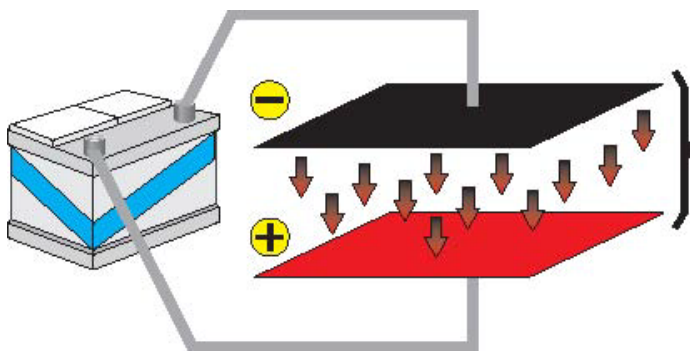
- **Carga elétrica** - A matéria é constituída de átomos compostos de partículas elementares com polaridade (carga) elétrica negativa ou positiva.

O estado elétrico normal de um corpo é o estado neutro, em que as cargas elétricas positivas e negativas estão em equilíbrio (a carga total é nula). Fora do equilíbrio, o corpo apresenta excesso de carga positiva ou negativa.



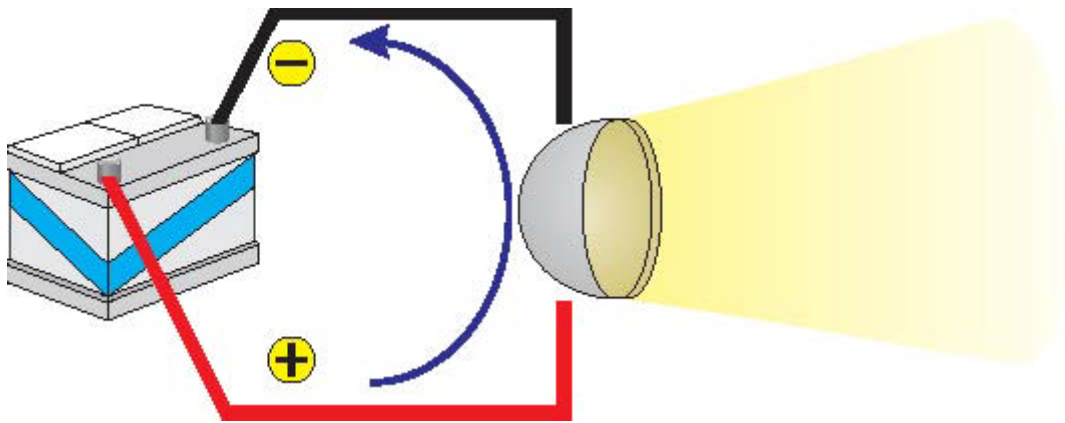
Equilíbrio Não Equilíbrio (-) Não Equilíbrio (+)

- **Diferença de Potencial** - é a diferença no estado elétrico de dois corpos, que pode resultar na passagem de uma corrente elétrica (fluxo de cargas) entre os mesmos, se forem interligados por um condutor elétrico. Convenciona-se atribuir sentido positivo à diferença de potencial medida a partir de um corpo com carga elétrica negativa ou nula para outro com carga positiva. Potencial de um ponto dado é a diferença de potencial entre esse ponto e um ponto de referência, comumente a terra. A diferença de potencial é também denominada tensão ou voltagem e é medida em volt (V). A unidade de medida da corrente elétrica é o ampere (A).

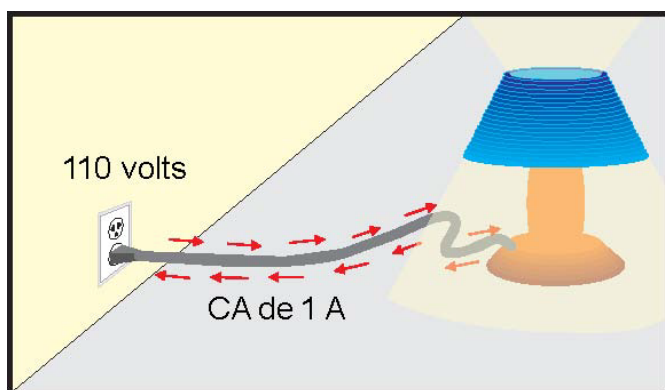


Diferença de Potencial

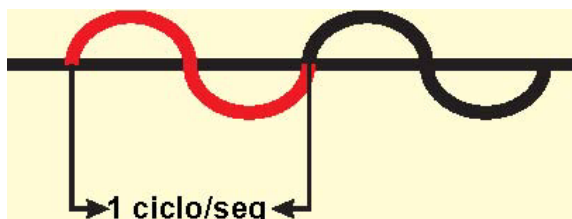
Corrente contínua (CC) - é a que não muda de sentido no tempo. (P.ex, 12 V contínuos de uma bateria de carro)



Corrente alternada (CA) é a que inverte o sentido periodicamente no tempo. (P.ex. 110 V alternados nas instalações domiciliares).

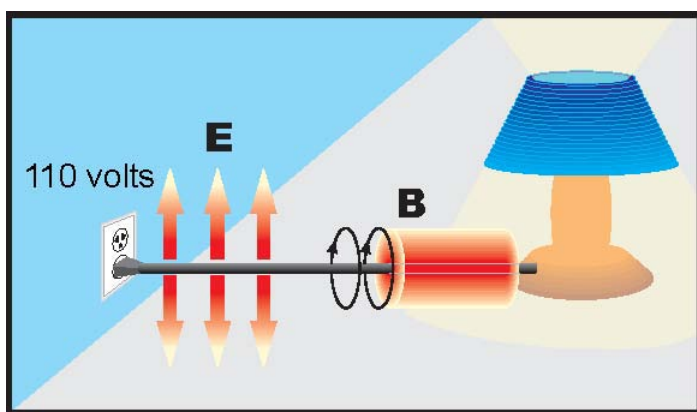


Frequência - é o número de inversões periódicas de sentido da CA, por segundo. A unidade de medida da frequência é o hertz (Hz) (antigamente chamada "ciclos por segundo") No Brasil, utiliza-se CA na frequência de 60 Hz.



Campo elétrico - sendo de  $d$  metros a distância entre dois pontos entre os quais há uma diferença de potencial de  $U$  volt, diz-se que há entre os dois pontos um campo elétrico  $E$ , valendo  $U/d$  volt por metro (V/m). O campo elétrico manifesta-se como uma força que atua sobre uma carga elétrica.

Campo magnético - a passagem de corrente elétrica por um condutor gera ao redor do mesmo um campo magnético que se manifesta como uma força que atua sobre um material magnético, p.ex. um ímã ou a agulha de uma bússola. O campo magnético é representado pela grandeza  $H$  medida em ampere por metro (A/m) ou pela densidade de fluxo magnético ou indução magnética  $B$ , grandeza proporcional a  $H$ . As unidades de medida de  $B$  são o tesla (T) ou o gauss (G), entre as quais vale a relação :  $1\text{T} = 10^4\text{G}$  ou  $1\mu\text{T}$  (microtesla) =  $10\text{mG}$  (miligauss).

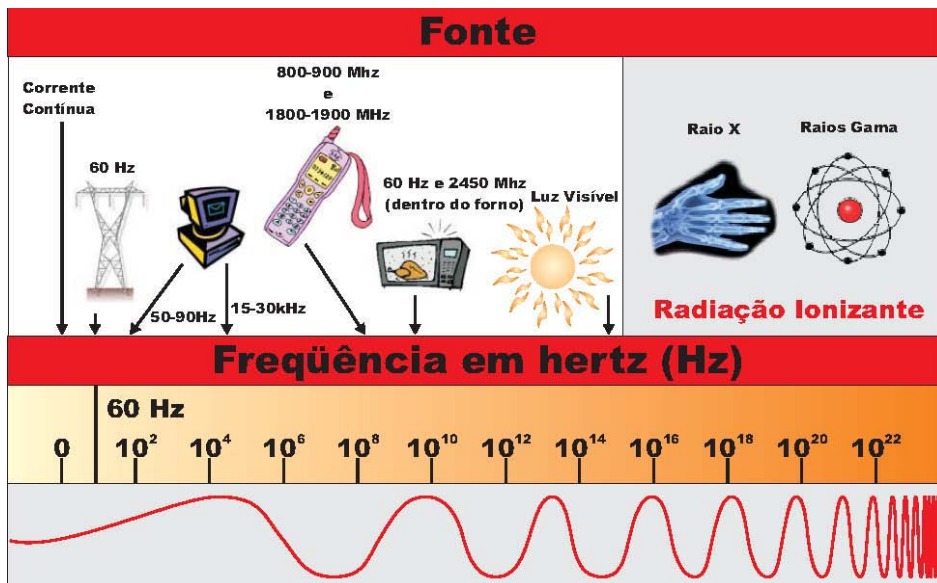


CEM – Campos Elétricos e Magnéticos que sempre estão presentes quando há transmissão de energia elétrica, sendo CEM de 60 Hz quando se utiliza CA na frequência de 60 Hz.

Radiação - é uma forma de transmissão de energia, em linha reta no espaço sem obstáculos. Campos eletromagnéticos transmitem-se sob a forma de radiação, representada por ondas ou por feixes de partículas elementares denominadas fótons. A energia do fóton é proporcional à frequência da radiação.

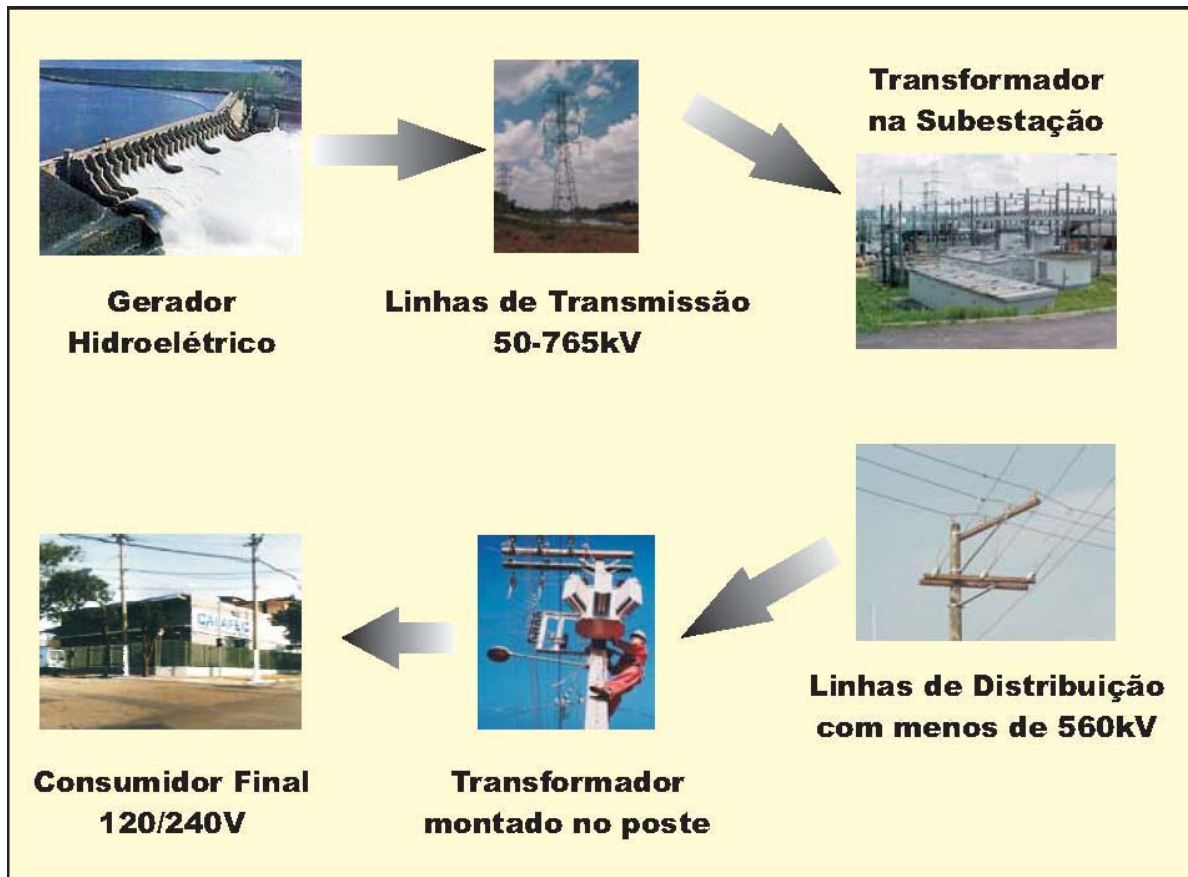
Radiações ionizantes - são constituídas por fótons que têm energia suficiente para produzir íons em sua passagem por matéria, ou seja, capazes de “arrancar” elétrons de átomos e moléculas. No tocante à matéria biológica que forma o corpo humano, somente radiações de altíssima frequência, como ultravioleta curto, raios X e raios gama têm efeito ionizante, com possíveis danos à saúde. Radiações de baixa frequência, assim como também ondas de rádio, microondas (telefone celular, forno doméstico) e luz, são radiações não ionizantes.

Espectro eletromagnético – abrange o conjunto de todas as frequências e sua divisão em subconjuntos alocados ao funcionamento de sistemas eletro-eletrônicos.



## SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

### COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE ENERGIA ELÉTRICA



Conforme ilustrado na figura acima, há 2 tipos de linhas de energia: de transmissão e de distribuição. As linhas de transmissão operam com altas tensões (44 KV a 138 KV) visando transmitir energia a distâncias maiores com menores perdas, normalmente interligando centrais geradoras a subestações próximas de centros urbanos.

As redes de abastecimento público utilizam linhas de distribuição urbanas com tensões mais baixas (1,2 KV a 44 KV) para levar energia das subestações até perto dos transformadores dos usuários comerciais e domiciliares. Esses transformadores abaixam as tensões para as normalmente utilizadas por tais usuários (110/220 V).

## ESTUDOS A RESPEITO DE SAÚDE

### **Os campos elétricos e magnéticos provocam danos à saúde?**

Não existem evidências científicas comprovadas, suficientemente fortes para que existam preocupações a esse respeito.

### **Por quê?**

Porque os estudos desenvolvidos e os experimentos realizados em animais, células e estudos clínicos desde a década de 70, não comprovaram que a exposição a campos elétricos e magnéticos causa danos à saúde.

### **Que tipo de danos eles poderiam causar?**

Até o momento as pesquisas não estabeleceram nenhuma evidência científica comprovada, suficientemente forte para que existam preocupações a esse respeito. Inúmeros estudos foram realizados sobre os mais diversos tipos de doença e nenhum deles comprovou que os campos elétricos e magnéticos causam danos a saúde.

### **Quando e como se gerou o receio em relação às instalações do sistema elétrico das distribuidoras e transmissoras?**

Em 1979 foi publicado o primeiro estudo que pretendeu apontar uma associação entre doenças e a proximidade de casas às linhas de transmissão de energia elétrica. A partir desse estudo, que apresentou fracas evidências e resultados pouco significativos, a comunidade científica internacional iniciou uma cruzada para tentar comprovar essa tese não alcançando nenhuma conclusão até o momento.

### **Qual é a opinião dos órgãos internacionais a respeito?**

A Organização Mundial da Saúde - OMS reconhece oficialmente as recomendações da ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, e os resultados das pesquisas mundiais lhe permitem afirmar que a exposição a campos com intensidades inferiores aos limites recomendados pelas diretrizes internacionais da ICNIRP não apresenta qualquer consequência conhecida para a saúde.

## MEDIDAS DE PRECAUÇÃO

Que limites de exposição a CEM devem ser respeitados para se evitar danos à saúde das pessoas?

Os limites recomendados pelo ICNIRP e adotados pela OMS para a população em geral guardam um fator de segurança de 50 vezes menor do que considerados toleráveis pelo organismo humano. Esses limites estão apresentados na tabela abaixo:

| Valores Limites para 60 Hz | Campo Elétrico (kV/m) | Densidade de Fluxo Magnético (μT) |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Público em Geral           | 4,17                  | 83,3                              |

Qual a fundamentação de tais limites?

As conclusões das pesquisas científicas existentes até o momento são insuficientes para que se adote limites de exposição de campos elétricos e magnéticos inferiores aos recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que já são bastante conservadores.

Os níveis de emissão das instalações da Eletropaulo são muito inferiores aos recomendados pela Organização Mundial da Saúde ( em média 8 a 10 vezes menor).

Em adotando tais limites, como está o Brasil em relação a outros países?

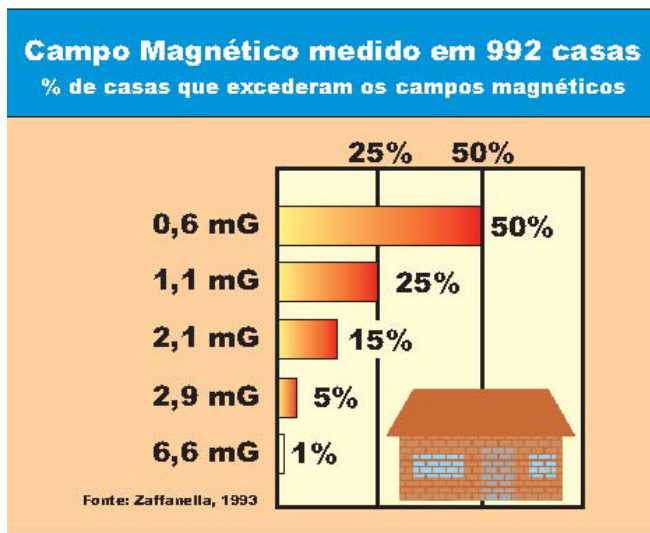
A maioria dos países desenvolvidos (Alemanha, França, Reino Unido, Canadá, USA, Austrália, Coréia, entre outros) adota limites iguais ou superiores aos da ICNIRP. Assim, a ICNIRP apresenta os valores mais conservativos, considerando maiores fatores de segurança, do que outras entidades que emitiram diretrizes baseadas em evidências científicas.

## NÍVEIS TÍPICOS DE EXPOSIÇÃO

Que nível de exposição a CEM ocorre normalmente dentro de casa?

É interessante que se tenha uma idéia dos campos magnéticos normalmente presentes numa residência para se avaliar o grau de exposição médio a que é submetida uma pessoa nesse ambiente. Na falta de dados do contexto brasileiro, apresenta-se na figura abaixo alguns resultados de levantamento efetuado nos Estados Unidos pelo Instituto de Pesquisa de Energia Elétrica (EPRI).

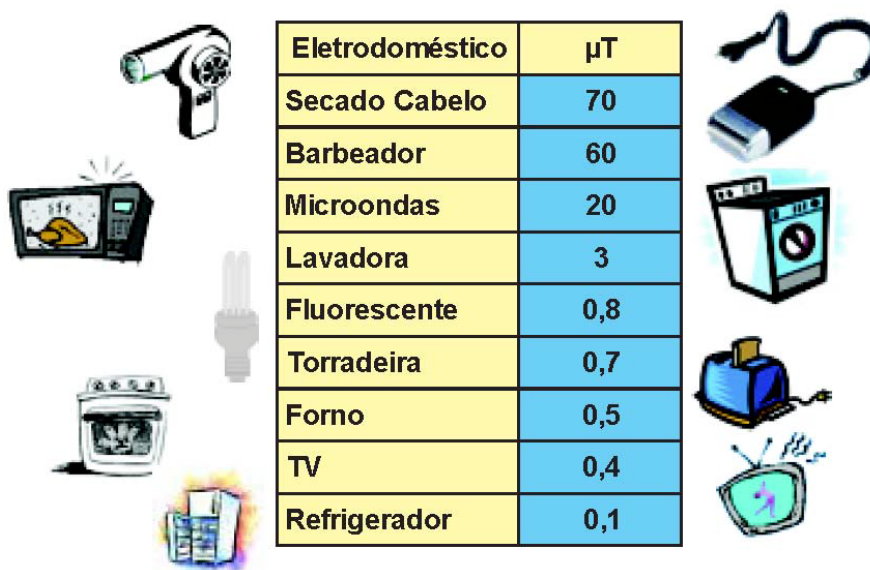
As medidas de campo magnético indicadas nessa figura foram realizadas pelo EPRI (Instituto de Pesquisa de Energia Elétrica dos USA) em 992 residências.



E quanto a CEM gerada por eletrodomésticos?

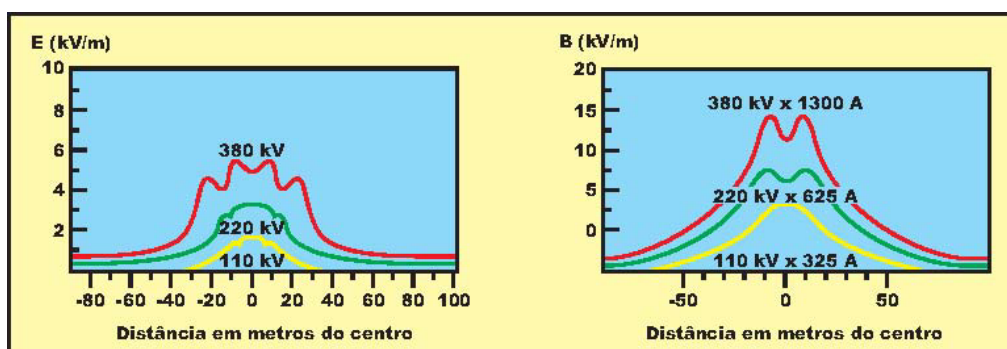
Campos magnéticos na proximidade de eletrodomésticos são freqüentemente mais fortes que os provenientes de outras fontes, inclusive comparando com aqueles existentes diretamente debaixo de fios de alta tensão. Em compensação tais campos diminuem de intensidade com a distância mais depressa que os campos de fios de alta tensão.

No quadro seguinte, baseado em dados levantados em 1992 (Fonte: EMF In Your Environment, U.S. Environmental Protection Agency, 1992), são apresentados os níveis máximos de EMF a distância normais de uso de eletrodomésticos comuns:



Como variam os níveis de CEM de linhas de 60 Hz em função da distância?

Esses níveis dependem não somente da distância como também da configuração de instalação das linhas e do fluxo de energia (carga), como ilustrado abaixo:



| Voltagem | Altura do Condutor |
|----------|--------------------|
| 110kV    | 8m                 |
| 220kV    | 10m                |
| 380kV    | 12m                |

Há informações de medidas de CEM efetuadas em linhas típicas de São Paulo?

Foram realizadas medições no Sistema Eletropaulo para se verificar os níveis dos campos elétricos e de densidade de fluxo magnético existentes na sua área de atuação..

O resumo dos resultados obtidos nas medições estão apresentados na tabela abaixo.

| Linhas de Subtransmissão 88 kV    |        |       |
|-----------------------------------|--------|-------|
| Campo Elétrico (kV/m)             |        |       |
| Valores medidos                   | Máximo | Médio |
| Dentro da faixa de segurança      | 2,033  | 0,947 |
| No limite da faixa de segurança   | 0,739  | 0,362 |
| Densidade de Fluxo Magnético (μT) |        |       |
| Valores medidos                   | Máximo | Médio |
| Dentro da faixa de segurança      | 22,31  | 10,02 |
| No limite da faixa de segurança   | 13,01  | 6,13  |

| Circuitos de Distribuição 13,8 kV     |        |       |
|---------------------------------------|--------|-------|
| Campo Elétrico (kV/m)                 |        |       |
| Valores medidos                       | Máximo | Médio |
| No limite das distâncias de segurança | 0,053  | 0,025 |
| Densidade de Fluxo Magnético (μT)     |        |       |
| Valores medidos                       | Máximo | Médio |
| No limite das distâncias de segurança | 4,13   | 1,87  |

## CONCLUSÕES

- Os limites máximos de campos elétricos e magnéticos, gerados por linhas de transmissão 60 Hz, adotados pela OMS -Organização Mundial da Saúde para a exposição do público em geral, com base em recomendações da ICNIRP– International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, são:
- ? Campo elétrico: 4,17 kV/m e ? densidade de fluxo magnético: 83,3  $\mu\text{T}$
- As conclusões das pesquisas científicas existentes até o momento são insuficientes para que se adote limites de exposição de campos elétricos e magnéticos inferiores aos recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que já são bastante conservadores.
- Os níveis de emissão das instalações da Eletropaulo são muito inferiores aos recomendados pela Organização Mundial da Saúde ( em média 8 a 10 vezes menor).
- Nesse contexto, não existem razões objetivas para se levantar dúvidas quanto à salubridade de linhas de transmissão nas cercanias de moradias.

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Compatibilidade Eletromagnética – ABRICEM. - <http://www.abricem..com.br>
- International Comission on Non-Ionizing Radiation Protection ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Health Phys. 66:100-106; 1994.
- International Electrotechnical Commission -IEC -[http:// www.iec.ch/](http://www.iec.ch/)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc–IEEE. International Committee on Electromagnetic Safety -[http:// grouper.ieee.org/groups/scc28/index.html](http://grouper.ieee.org/groups/scc28/index.html)
- Ministério do Trabalho e Emprego – Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde– Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Brasil.
- National Institute of Environmental Health Sciences – NIEHS. EMF Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power. Questions & Answers. 2002. EUA
- United Nations Environment Programme / World Health Organization / International Radiation Protection Association. Extremely low frequency (ELF) fields. Geneva: World Health Organization; Environmental Health Criteria 35; 1984.
- World Health Organization – WHO – The International EMF Project (EMF) <http://www.who.int/peh-emf/project/en/>

## LINHAS DE TRANSMISSÃO

CAMPOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS

Realização:



Direitos autorais da ABRICEM. Este documento não pode ser reproduzido sem prévia autorização da Abricem e da AES Eletropaulo.

Endereço para correspondência:

### **ABRICEM**

Al. Guatás, 477 - Planalto Paulista - CEP 04053-041 - São Paulo - SP Telefone: (11) 5071-4433

E-mail: [abricem@abricem.com.br](mailto:abricem@abricem.com.br)

Site: [www.abricem.com.br](http://www.abricem.com.br)