



**ABNT – Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 28º andar
CEP 20003-900 – Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro – RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 220-1762/220-6436
Endereço eletrônico:
www.abnt.org.br

Copyright © 2000,
ABNT–Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

Palavra(s)-chave:

4 páginas

Sumário

Prefácio

- 0 Introdução
- 1 Objetivo
- 2 Referências normativas
- 3 Definições
- 4 Símbolos e abreviaturas
- 5 Critérios para limitação
- 6 Níveis de referências normativas
- 7 Metodologia de medição
- 8

A

Prefácio

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (ABNT/CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ONS circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

0 Introdução

<<parágrafo>>

1 Objetivo

1.1 Esta norma fixa as diretrizes para limitar a exposição a campos elétricos e magnéticos na frequência industrial de 50 e 60 Hz, instruindo quanto aos princípios fundamentais relacionados aos procedimentos de medição, limites de tolerância e medidas básicas de proteção contra efeitos reconhecidamente adversos à saúde humana promovidos pelos referidos campos.

1.2 Para fins da presente norma, entende-se por efeito adverso, aquele que causa prejuízo à saúde, detectável no indivíduo ou em sua descendência, diferentemente do efeito biológico, que pode ou não resultar em um efeito adverso à saúde.

1.3 Considerando que a associação da exposição a campos elétricos e magnéticos de baixas frequências (1 a 100 kHz), onde se inclui a faixa de ELF, com a ocorrência de algumas patologias importantes, como o câncer, encontra-se em fase de discussão, não havendo à luz do conhecimento científico atual quaisquer indicativos que viabilizem a necessária comprovação epidemiológica, sem a qual não pode ser evidenciada tal associação, as diretrizes aqui estabelecidas deverão ser revisadas e atualizadas, no caso de avanços na identificação da correlação entre os efeitos desses campos em relação à saúde.

1.4 Esta Norma aplica-se a todas as instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica operados na frequência de 50 ou 60 Hz, envolvendo:

- a) Usinas geradoras de energia elétrica;
- b) Subestações elétricas de energia elétrica;
- c) Linhas de transmissão de energia elétrica;
- d) Linhas de Subtransmissão de energia elétrica;
- e) Circuitos de distribuição de energia elétrica.

2 Referência normativa

A norma relacionada a seguir contém disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. A edição indicada estava em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usar a edição mais recente da norma citada a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

NBR 5456 – Eletrotécnica e eletrônica – Eletricidade geral – Terminologia

NBR 5460 – Eletrotécnica e eletrônica – Sistemas elétricos de potência – Terminologia

NBR 5464 – Eletrotécnica e eletrônica – Interferências eletromagnéticas – Terminologia

NBR 6548 – Eletrotécnica e eletrônica – Transmissão de energia elétrica e corrente contínua de alta tensão – Terminologia

3 Definições

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições X.X a X.X e complementadas pelos termos técnicos das NBR 5456, NBR 5464, NBR 5460 e NBR 6548.

3.1 Geração

A geração de energia elétrica é realizada por usinas geradoras, através do aproveitamento de outras fontes de recursos energéticos, tais como: hídricos, térmicos, nucleares, eólicos, solar, etc. Uma usina hidrelétrica apresenta as principais características: Barragem, Reservatório, Estruturas de Concreto (Tomada D'água e Vertedouro), e Casa de Força, onde estão instalados os principais equipamentos de geração, tais como: geradores e turbinas.

3.2 Subestação

A transformação, redistribuição, seccionamento e medição da energia elétrica gerada nas usinas são realizadas através das Subestações Elétricas, compostas de vários equipamentos, além de barramentos. Uma Subestação Elétrica apresenta os principais equipamentos: Transformadores e Autotransformadores, Disjuntores, Chaves Seccionadoras, Transformadores de Corrente e de Potencial, Para-Raios e Reatores.

3.3 Linhas de transmissão de Energia Elétrica

O transporte da energia é realizado através de linhas aéreas ou subterrâneas. As linhas aéreas apresentam em geral, condutores nus, suportados por estruturas, das quais são isolados através de isoladores. As linhas subterrâneas, em geral apresentam cabos isolados, instalados em redes de dutos. Existem dois tipos principais de linhas para transporte da energia elétrica, as de transmissão e as de distribuição.

3.3.1 Linhas de Transmissão

O transporte da energia gerada nas usinas até as estações transformadoras, bem como a interligação com outros sistemas de transmissão, é realizado através das linhas de transmissão, que operam em alta tensão, permitindo que a energia seja transportada a partir de longas distâncias. No Brasil as linhas operam em diversas classes de tensão, sendo tensões típicas: 69 kV, 138 kV, 230 kV, 345 kV, 440 kV, 500 kV e 765 kV, e são classificadas em:

Linhas de Transmissão: classe de tensão igual ou maior que 230 kV

Linhas de Subtransmissão: classe de tensão abaixo de 230 kV

3.3.2 Circuitos de Distribuição

O transporte da energia das subestações transformadoras de distribuição é realizado através dos circuitos de distribuição, que operam em média tensão. No Brasil os circuitos de distribuição operam em diversas classes de tensão, sendo tensões típicas: 11 kV, 13,8 kV, 21 kV, 24 kV e 34,5 kV.

3.4 Epidemiologia

Epidemiologia é o campo do conhecimento voltado para a análise das causas e mecanismos relacionados à distribuição das condições de saúde em grupos populacionais. Enquanto o raciocínio clínico empregado na Medicina procura associar sinais e sintomas com características pessoais conduzindo à formulação de um diagnóstico, a Epidemiologia analisa características individuais ou coletivas de grupos populacionais para tentar estabelecer os mecanismos causais das doenças e, desta maneira, propor intervenções que melhorem as condições de saúde das coletividades. A importância do método epidemiológico no conhecimento dos agravos à saúde tornou-se tão preponderante que qualquer associação de causa e efeito entre uma exposição e determinada doença somente é aceita quando sustentada por evidências obtidas por meio de estudos epidemiológicos.

4 Símbolos e abreviaturas

4.1 Intensidade de Campo Elétrico (E)

Amplitude da força exercida sobre uma carga elétrica estacionária positiva e unitária, localizada em um ponto de um campo elétrico. É expressa por:

$$E = V.m^{-1} \text{ (Volt / metro)}$$

4.2 Intensidade de Campo Magnético (H)

Grandeza vetorial que conjuntamente com a densidade de fluxo magnético especifica um campo magnético em qualquer ponto do espaço. É expressa por:

$$H = A.m^{-1} \text{ (Ampère / metro)}$$

4.3 Densidade de Fluxo Magnético (B)

Amplitude da grandeza vetorial que representa uma força que age sobre uma carga em movimento. É expressa em T (Tesla) ou G (Gauss). As unidades apresentam a relação:

$$1 T = 10^4 G$$

4.4 Densidade de Corrente (J)

Vetor cuja integral sobre uma superfície é igual à corrente que atravessa essa superfície. A densidade média em um condutor linear é igual à corrente dividida pela seção transversal do condutor. É expressa por:

$$J = A.m^{-2} \text{ (Ampère por metro quadrado)}$$

4.5 Condutividade Elétrica (σ)

Grandeza escalar ou vetorial, cujo produto pela intensidade de campo elétrico é igual à densidade de corrente de condução. É expressa por:

$$\sigma = S.m^{-1} \text{ (Siemens por metro)}$$

4.6 Campo Magnético

Um campo magnético pode ser especificado através da densidade de fluxo magnético (B) ou da intensidade de campo magnético (H). As duas grandezas são relacionadas pela fórmula:

$$B = \mu H$$

Onde:

μ é a constante de proporcionalidade (permeabilidade magnética). No vácuo, no ar e em materiais não magnéticos, incluindo meios biológicos, essa constante tem o valor de $4\pi \cdot 10^{-7} H.m^{-1}$ (Henry / metro).

5 CRITÉRIOS PARA LIMITAÇÃO

As diretrizes reconhecidas e adotadas pela Organização Mundial de Saúde (WHO – World Health Organization) são estabelecidas pela ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – Comissão Internacional para Proteção Contra Radiações Não-Ionizantes), sucessora do IRPA (International Radiation Protection Association – Associação Internacional de Proteção contra Radiações) e de seu Grupo de Trabalho denominado INIRC (International Non-Ionizing Radiation Committee – Comitê Internacional para Radiação Não-Ionizante) que regulamenta sobre a exposição a campos elétricos e magnéticos.

5.1 Diretrizes para Limitação

As diretrizes são estabelecidas baseadas em efeitos na saúde de caráter imediato, a curto prazo, como estimulação das células nervosas do cérebro, de nervos periféricos, de músculos, incluindo o coração, além de choques e queimaduras causadas por contacto com objetos condutores, podendo envolver em função da intensidade de corrente aplicada, dificuldades de respiração e fibrilação ventricular (batimento cardíaco desordenado). O principal mecanismo de interação é a indução de corrente elétrica, e os efeitos ocorrem durante o período de exposição aos campos.

5.2 Efeitos em voluntários

Efeitos observados em voluntários expostos a campos magnéticos de baixa frequência com intensidade elevada é a indução de fosfenos, sensações visuais brilhantes e oscilatórias, adquiridas mesmo com os olhos fechados. Esses fosfenos são também induzidos, podendo comprimir o globo ocular com a pálpebra fechada.

5.3 Penetração de Campos Elétricos

Os campos elétricos de frequência 50 ou 60 Hz possuem baixa capacidade de penetração, a grande maioria dos efeitos biológicos está associada principalmente à exposição a campos magnéticos.

5.4 Produção do Hormônio Melatonina

O hormônio melatonina, produzido pela glândula pineal, regula o ritmo circadiano e foi utilizado como agente anticancerígeno nas décadas de 1970 e 1980, porém não se mostrando eficaz. A utilização desse agente em alguns pacientes havia sido motivada por ter sido detectado que o nível de melatonina era mais baixo em portadores de câncer. Estudos recentes, realizados com voluntários, mostraram que não existe nenhuma correlação entre a exposição a campos de frequência 50 ou 60Hz e o nível noturno de melatonina no sangue.

5.5 Efeitos em Longo Prazo

Os efeitos da exposição em longo prazo, como o aumento do risco de câncer, a Organização Mundial de Saúde conclui que até o momento, os dados disponíveis são insuficientes e inconsistentes para fornecer um embasamento científico que estabeleça maiores restrições à exposição.

5.6 Limites para Exposição Ambiental

5.6.1 População ocupacional

As populações ocupacionais expostas, trabalhadores da área de energia elétrica, estão em geral submetidos a condições conhecidas e pré-estabelecidas, e deverão estar treinados para enfrentar o risco em potencial e adotar as precauções apropriadas.

5.6.2 Público em geral

O público em geral é constituído por pessoas de todas as faixas etárias e condições distintas de saúde, podendo inclusive incluir grupos ou indivíduos particularmente mais susceptíveis. Na maioria dos casos este público não tem consciência de sua exposição aos campos elétricos e magnéticos. A adoção de restrições mais rigorosas para o público em geral em relação a população ocupacional exposta.

5.6.3 Níveis de Exposição

Os níveis de exposição a campos elétricos e magnéticos são estabelecidos a partir de restrições básicas fundamentadas através de grandezas físicas, correlacionadas aos efeitos biológicos da exposição. Para a frequência de 50 e 60 Hz, a grandeza utilizada para especificar tais restrições é a densidade de corrente, uma vez que na faixa de frequências de 4 Hz a 1 kHz, em níveis de intensidade de correntes induzidas superiores a $100 \text{ mA}\cdot\text{m}^{-2}$, são excedidos os limiares para mudanças agudas na excitabilidade do sistema nervoso central e para outros efeitos agudos, como a reversão do potencial evocado visualmente. A partir desse parâmetro, foi estabelecido que para frequências na faixa de 4 Hz a 1 kHz, a exposição ocupacional deve ser limitada a campos com densidades de corrente inferiores a $10 \text{ mA}\cdot\text{m}^{-2}$, ou seja adotando-se um fator de segurança igual a 10. Para o público em geral, foi adotado o fator de segurança de 50, resultando em uma restrição básica para a exposição de $2 \text{ mA}\cdot\text{m}^{-2}$. Em função da pouca disponibilidade de dados relacionando as correntes transitórias com efeitos na saúde para a faixa de frequência de 4 Hz a 1 kHz, a Organização Mundial de Saúde recomenda que os valores indicados nas restrições para densidades de correntes induzidas por transitórios ou campos com picos de duração muito curta, sejam tomados como valores instantâneos e não como médias temporais.

5.6.4 Níveis de Referência

Os níveis de referência para exposição são fornecidos para comparação com valores medidos nas grandezas físicas. A concordância com os níveis de referência apresentados nesses critérios, assegura a concordância com as restrições básicas. No caso dos valores medidos serem superiores em relação aos níveis de referência, não significa

necessariamente que as restrições tenham sido excedidas, mas uma análise mais detalhada se faz necessária, para avaliar a concordância com as restrições básicas.

6 NÍVEIS DE REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Os Níveis de Referências Normativas são estabelecidos a partir das restrições básicas, através do modelamento matemático e por extrapolação de resultados de investigações de laboratório em frequências específicas. Os níveis são fornecidos para a condição de acoplamento máximo do campo com o indivíduo exposto, permitindo dessa forma o máximo de proteção.

6.1 Modelos Matemáticos

6.1.1 Campo Magnético

Para campos de baixas frequências, foram desenvolvidos vários métodos de computação e métodos de medida para derivar níveis de referência para intensidades de campo, a partir das restrições básicas. As simplificações que foram adotadas até o presente, não consideraram fenômenos tais como a distribuição não homogênea e a anisotropia da condutividade elétrica e de outras propriedades dos tecidos, de importância para esses cálculos.

Modelos para o campo magnético admitem que o corpo tem condutividade homogênea e isotrópica utilizando caminhos condutivos fechados e circulares, para estimar as intensidades de correntes induzidas em diferentes órgãos e partes do corpo utilizando a seguinte equação para campo senoidal de frequência f conforme resulta da lei da indução de Faraday.

$$J = \pi R f \sigma B$$

Onde:

B é a densidade de fluxo magnético;

R é o raio do caminho considerado para a indução da corrente;

σ é a condutividade.

Se, por simplicidade, for admitida uma condutividade homogênea de $0,2 \text{ S.m}^{-1}$, uma densidade de fluxo magnético de 1 G , na frequência de 50 Hz , serão geradas densidades de corrente entre $0,2$ e 2 mA.m^{-2} na área periférica do corpo (CRP 1997). De acordo com outra análise (NAS 1996), níveis de exposição de 60 Hz e 1 G correspondem a densidades médias de corrente de $0,28 \text{ mA.m}^{-2}$ e a densidades de corrente máximas de aproximadamente 2 mA.m^{-2} . Cálculos mais realísticos baseados em modelos anatomicamente e eletricamente refinados (Xi e Stuchly 1994), resultaram em densidades de corrente máximas excedendo 2 mA.m^{-2} para um campo de 1 G em 60 Hz . Porém, a presença de células biológicas afeta a distribuição espacial de correntes induzidas e campos, resultando em diferenças significativas na magnitude (maior por um fator de 2) e no fluxo da corrente induzida, em comparação com o previsto por análises simplificadas (Stuchly e Xi 1994).

6.1.2 Campo Elétrico

Modelos de campo elétrico devem levar em conta o fato que, dependendo das condições da exposição, do tamanho, da forma e posição do corpo exposto no campo, a densidade da carga da superfície pode variar muito, resultando numa distribuição de correntes variável e não uniforme dentro do corpo. Para campos elétricos senoidais em frequências abaixo de 10 MHz , aproximadamente, a intensidade da densidade da corrente induzida no interior do corpo aumenta com a frequência.

A distribuição da densidade de corrente induzida varia inversamente com a seção transversal do corpo e pode ser relativamente alta no pescoço e nos tornozelos. O nível de exposição de 5 kV.m^{-1} para exposição do público em geral, corresponde, nas piores condições, a uma densidade de corrente induzida de quase 2 mA.m^{-2} no pescoço e no tronco, se o vetor campo elétrico for paralelo ao eixo do corpo (ILO 1994; CRP 1997). Todavia a densidade de corrente induzida por 5 kV.m^{-1} obedece às restrições básicas, nas piores condições reais de exposição.

6.2 Níveis de Campo Elétrico e Campo Magnético

Os níveis de referência para campos elétricos e magnéticos devem ser considerados separadamente e não aditivamente. Isto porque, para fins de proteção, as correntes induzidas por campos elétricos e magnéticos não são aditivas.

A Organização Mundial de Saúde recomenda para a exposição ambiental, isto é, para público geral a campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo na frequência de 50 e 60 Hz os seguintes limites:

Campo Elétrico: $4,20 \text{ kV / m}$

Campo Magnético: $0,83 \text{ G}$

6.3 Níveis de Corrente de Contato e Induzidas

Até a frequência de $2,5 \text{ kHz}$ o nível de referência para corrente de contato para exposição do público em geral é de $0,5 \text{ mA}$. Correspondendo à metade do estabelecido para a exposição ocupacional pela Organização Mundial de Saúde, tendo em vista que os limiares para as correntes de contato que produzem respostas biológicas em crianças e mulheres adultas correspondem a aproximadamente metade e dois terços respectivamente dos limiares para homens adultos.

7 METODOLOGIA DE MEDIÇÃO

7.1 Seleção dos Pontos de Medição

7.1.1 Critérios Gerais

Os locais para medição de níveis de campos elétricos e campos magnéticos deverão ser previamente selecionados, através de avaliação das plantas da instalação, de forma que seja mapeada a distribuição destes campos na área a ser avaliada, levando-se em consideração as regiões onde teoricamente se apresentam campos em níveis mais elevados. Esses locais deverão ainda, quando possível, apresentar fácil acesso e localização afastada de outras fontes emissoras eletromagnéticas. Especialmente na avaliação de níveis de campos elétricos, recomenda-se que os pontos de medição apresentem localização afastada de árvores e massas metálicas, que interferem no resultado das medições. Na impossibilidade de se atender a tal premissa, todos os agentes interferentes citados deverão ser identificados e discriminados com suas respectivas características, geometria e locação em relação aos respectivos pontos de medição, para que sejam considerados na avaliação final dos trabalhos.

7.1.2 Linhas de Transmissão, subtransmissão e circuitos de distribuição

Além dos critérios acima, os pontos para mapeamento das linhas citadas deverão ser selecionados em regiões preferencialmente afastadas de ângulos fortes (superiores a trinta graus), transposições ou cruzamentos com outras linhas, que igualmente interferem no resultado das medições. Na impossibilidade do atendimento a essa recomendação, ou quando desejável a obtenção de níveis máximos de intensidade de campo no ponto selecionado, considerando-se a influência dos agentes citados e a presença de múltiplas fontes geradoras de campos, todos deverão ser também identificados e caracterizados na forma acima citada, para que sejam considerados na avaliação final dos trabalhos. Nesse caso, se necessário, recomenda-se que as medições sejam complementadas por uma avaliação espectral, para que sejam especificamente identificadas e quantificadas as contribuições não pertinentes à fonte avaliada. Sugere-se preferencialmente que os pontos para medição sejam selecionados no meio dos vãos das linhas, onde os campos apresentam magnitudes importantes e não são influenciados por estruturas metálicas que suportam os respectivos condutores. Áreas contíguas a alimentadores, onde os campos apresentam maior intensidades, também são consideradas como pontos importantes para a execução das medições.

7.1.3 Usinas e Subestações

Os pontos para mapeamento em Usinas e Subestações deverão ser selecionados nas proximidades das fontes emissoras de campos elétricos e magnéticos isto é, barramentos, transformadores de potência, transformadores de corrente, transformadores de potencial, disjuntores, chaves seccionadoras, reatores, pára-raios, cabos de força, etc), levando-se em consideração o arranjo físico da instalação, as atividades de operação e manutenção ali exercidas e a exposição ocupacional, em função dos postos de trabalho.

7.1.4 Áreas Urbanas

Em áreas urbanas e regiões habitadas ou com circulação e ou concentração de público, contíguas às linhas de transmissão, subtransmissão, circuitos de distribuição, usinas e subestações, os pontos para mapeamento das áreas citadas deverão ser selecionados considerando-se os locais passíveis de aglomeração e trânsito de pessoas, tais como praças, avenidas, etc, além de residências uni e plurifamiliares, escolas, clubes, hospitais, igrejas, etc.

7.2 Instrumentação Utilizada

7.2.1 Medidores de Banda Larga

São equipamentos que fornecem o valor eficaz (rms) total do campo em uma determinada faixa de frequência. Dessa forma, o valor obtido na leitura corresponde à soma das intensidades dos campos de todas as fontes de energia eletromagnética pertencentes a essa faixa de frequência. A grandeza medida, campo elétrico ou magnético, depende da ponta de prova utilizada.

7.2.2 Medidores de Banda Estreita ou Sintonizáveis

São equipamentos com largura de banda mais restrita, o que permite efetuar a medição do campo elétrico ou magnético correspondente a uma frequência específica. São adequados quando há várias fontes de campo no ambiente e deseja-se determinar a intensidade de campo correspondente a cada fonte. Como exemplo desses equipamentos destacam-se os analisadores de espectro e os receptores.

7.2.3 Monitores Individuais

São equipamentos portáteis, de uso pessoal, utilizado para medir a intensidade de exposição individual a campos magnéticos, dotados de alarme visual e audível, acionado sempre que o nível de campo avaliado se exceder a 50 % (cinquenta por cento) do limite pré-estabelecido. Apresentam a resultante (valor eficaz – rms) das três componentes ortogonais do campo magnético a cada 0,5 (meio) segundos. Operados a bateria e dotados de memória permanente, o que permite que os dados sejam armazenados mesmo quando o equipamento for desligado.

7.2.4 Pontas de Prova ou Antenas

Os instrumentos citados nos itens 7.2.1 a 7.2.3 são operados através de acoplamento a pontas de prova ou antenas, classificadas segundo a grandeza mensurada, campo elétrico ou campo magnético, e quanto a direcionalidade, lineares ou isotrópicas. As pontas de prova lineares fornecem um sinal proporcional à componente do campo em uma determinada

direção do espaço, a qual depende do posicionamento da antena. Para obter-se o valor total do campo resultante, são necessárias três medições em três direções ortogonais. A resultante será dada pela expressão:

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

7.2.4.1 Configuração de Pontas Isotrópicas

As pontas de prova isotrópicas são configuradas através da combinação de três antenas lineares, posicionadas em três eixos ortogonais, sendo que o sinal fornecido por esse transdutor corresponde ao somatório das componentes do campo sobre os três eixos, fornecendo o valor total do campo, com apenas uma medição. A medição se resume em posicionar a ponta de prova de modo a se obter a máxima leitura no ponto desejado. As principais pontas de prova utilizadas para medição de campo elétrico e magnético são:

7.2.4.1.1 Antena de Quadro (Loop)

Antena de Quadro (Loop) é um transdutor que fornece um sinal elétrico em seus terminais de saída proporcional à intensidade do campo magnético. Tem formato circular. Os modelos comerciais cobrem uma determinada faixa de frequências e não são sintonizáveis em uma frequência fixa. Para se obter o valor do campo magnético em uma determinada frequência, deve ser somado à leitura obtida no instrumento de medição o valor do fator de correção da antena para essa frequência. Esse valor deve ser fornecido em forma de curva ou tabela pelo fabricante da antena.

7.2.4.1.2 Antena Dipolo

Antena Dipolo é um transdutor que fornece um sinal elétrico em seus terminais de saída proporcional à intensidade do campo elétrico. Tem formato linear. Existem modelos sintonizáveis e modelos de banda larga, que cobrem uma determinada faixa de frequências e não são sintonizados em uma frequência fixa. Para obter-se o valor do campo elétrico em uma determinada frequência, deve ser somado à leitura obtida no instrumento de medição, o valor do fator de correção da antena para essa frequência. Esse fator deve ser fornecido em forma de curva ou tabela pelo fabricante.

7.2.4.1.3 Antena Bicônica

Antena Bicônica é um transdutor que fornece um sinal elétrico em seus terminais de saída, proporcional à intensidade do campo elétrico. Para obter-se o valor do campo em uma determinada frequência, deve ser somado à leitura no instrumento de medição o valor do fator de correção da antena para essa frequência. Esse fator é fornecido nas formas acima discriminadas pelo fabricante.

7.2.4.1.4 Antena Log Periódica

Antena Log Periódica de forma semelhante à antena bicônica, porém com outra geometria, essa antena também é de banda larga e cobre uma faixa de frequências normalmente superior à das antenas bicônicas. Também aqui deve ser utilizado o fator de correção da antena, fornecido em forma de curva ou tabela pelo fabricante.

7.2.4.1.5 Pontas de Prova Isotrópicas

Pontas de Prova Isotrópicas são transdutores de banda larga, composta por conjunto de três antenas loops, ou três antenas dipolos, formando um conjunto compacto e associado, na maioria dos casos a um instrumento de medição, que fornece diretamente a leitura do campo elétrico ou magnético.

7.3 Calibração

Os métodos de calibração existentes fundamentam-se na premissa de que um campo conhecido pode ser estabelecido através de medições práticas, cálculos teóricos, ou da combinação de ambos. A escolha do método e das técnicas para calibração depende do tipo e dimensões da ponta de prova, faixa de frequência, facilidades e equipamentos disponíveis, além do nível de precisão requerida.

7.3.1 Instrumentação

Toda a instrumentação utilizada para os trabalhos de medição deverá estar devidamente calibrada, dentro das especificações do fabricante, e abrangendo a faixa de frequência de interesse. O certificado de calibração correspondente deverá ser anexado aos respectivos Laudos de Avaliação das Instalações, indicando a metodologia e técnicas utilizadas.

7.3.2 Certificado de Calibração

O certificado de calibração deverá ser emitido pelo IMETRO, laboratório credenciado ou por instituição técnica devidamente capacitada, comprovando que a calibração do instrumento se encontrava dentro de sua validade, na data das medições.

7.4 Diretrizes e Procedimentos para as Medições

7.4.1 Altura da medição

Os campos elétricos e magnéticos deverão ser medidos a uma altura de 1(um) metro acima do nível do solo, para comparação com os níveis de segurança recomendados. Eventualmente, poderão ser realizadas medições ao nível de 1,70 (um e setenta) metros acima do solo, altura compatível com os membros superiores da escala humana.

7.4.2 Horário das Medições

As medições deverão ser realizadas preferencialmente 2 (duas) vezes ao dia, em horários distintos, observando-se a variação da Curva de Carga da instalação, que consiste em uma representação gráfica demonstrando o consumo de energia na unidade de tempo, apresentando pontos de baixo, médio e alto consumos de energia. Em áreas predominantemente residenciais, por exemplo, os pontos de alto consumo, em geral estão concentrados entre os horários de 18 (dezoito) e 21 (vinte e uma) horas, caracterizando o horário de ponta, enquanto que ao longo do dia, e particularmente na madrugada, são encontrados pontos de baixo e baixíssimo consumo, respectivamente. Quando realizada medição diária, deverá ser anexada a Curva de Carga da instalação, correspondente ao dia da medição.

7.4.3 Informações Complementares

7.4.3.1 Linhas de Transmissão, Subtransmissão e Circuitos de Distribuição

As seguintes informações, quando pertinentes deverão estar disponibilizadas antes do início das medições:

- a) Classe de tensão
- b) Tipo de circuito
- c) Numero de condutores por fase
- d) Sub espaçamento entre condutores
- e) Diâmetro dos condutores de fase
- f) Diâmetro dos condutores do cabo pára-raio
- g) Distância entre fases
- h) Média dos condutores no meio do vão
- i) Altitude média do local
- j) Comprimento do vão
- k) Largura da faixa de servidão
- l) Carregamento do circuito, corrente nominal e máxima de operação

7.4.3.2 Usinas e Subestações

Em Usinas e Subestações, deverão ser previamente levantadas as características operacionais das principais fontes geradoras de campos elétricos e magnéticos, bem como o arranjo físico da instalação.

7.4.4 Equipamentos e Acessórios Complementares

Além da instrumentação, é recomendada a utilização dos seguintes equipamentos e acessórios para realização das medições em campo:

- Termo-higrômetro
- Trena
- Arranjo físico da instalação
- Equipamentos de proteção individual (EPI)

7.4.5 Procedimentos de Medição de Campo Elétrico

7.4.5.1 Sensor de Campo Elétrico

O sensor de campo elétrico deve ser orientado preferencialmente de forma a ler o campo elétrico vertical, por ser o valor regularmente utilizado para caracterizar os efeitos dos campos em objetos e pessoas. A medição deve ser realizada com o suporte totalmente isolado e as leituras no medidor executadas pelo próprio operador, que deverá estar a 2 (dois) metros do sensor e totalmente isolado do solo. A umidade relativa em todas as medições deverá ser inferior a 80 % (oitenta por cento).

7.4.5.2 Linhas de Transmissão, Subtransmissão e Circuitos de Distribuição

As medições devem ser realizadas a partir do ponto previamente selecionado, ou preferencialmente a partir do meio do vão da linha. Para levantamento do perfil longitudinal, quando possível recomenda-se que as medições sejam executadas entre as distâncias de 0 (zero) a 30 (trinta) metros a partir do ponto selecionado, respectivamente nos dois sentidos em relação a esse ponto, com espaçamento de 5 (cinco) metros. Para levantamento do perfil lateral as medições devem ser realizadas no sentido perpendicular à linha, conforme discriminação abaixo:

- a) Sobre a faixa correspondente à projeção horizontal da linha no solo nos dois sentidos em relação ao ponto selecionado, com espaçamento de 1(um) metro.

- b) Fora da faixa correspondente à projeção horizontal da linha no solo nos dois sentidos em relação ao ponto selecionado, até os limites da faixa de servidão da linha, com espaçamento não superior a 5(cinco) metros.

7.4.5.3 Usinas e Subestações

Deverão ser executadas medições estáticas, nos pontos selecionados, em conformidade com o item 7.1.3, acima. No caso de avaliação de trabalhadores ocupacionalmente expostos, deverão ser utilizados monitores individuais, em conformidade com Normas e Recomendações relacionadas à Exposição Ocupacional.

7.4.5.4 Áreas Urbanas

Medições em Áreas Urbanas e Regiões Habitadas ou com Circulação e ou Concentração de Público, contíguas a Linhas de Transmissão, Subtransmissão, Circuitos de Distribuição, Usinas e Subestações. Deverão ser executadas as medições estáticas nos pontos determinados, em conformidade com o item 7.1.4, acima.

7.4.5.5 Fontes de Erros nas Medições

As fontes mais prováveis de erros nas medições de campos elétricos, para as quais devem ser tomadas precauções são:

- a) Dificuldades no posicionamento do Medidor
- b) Efeitos da Umidade
- c) Efeitos da Temperatura
- d) Efeitos da Proximidade do Operador

7.4.6 Procedimentos de Medição de Campo Magnético

As medições de campos magnéticos deverão ser realizadas através de varredura dinâmica nos pontos previamente selecionados, com o sensor orientado nas direções X, Y e Z, de forma a se obter a leitura do campo magnético nas direções horizontal, vertical e perpendicular à fonte geradora do mesmo. A intensidade total do campo será calculada posteriormente, em função dos dados das componentes nas três direções.

7.4.6.1 Sensor de Campo Magnético

No caso de utilização de instrumentação isotrópica, o sensor deverá ser girado lentamente em várias direções, até que seja encontrada a máxima leitura, que corresponderá à intensidade total do campo magnético. Diferentemente do campo elétrico, o campo magnético não é influenciado pela presença do operador ou pela presença do medidor, que é constituído de material não magnético.

7.4.6.2 Linhas de Transmissão, Subtransmissão e Circuitos de Distribuição

Deverão ser usados os mesmos procedimentos adotados para medição de campo elétrico conforme descrito no item 7.4.5.2. Caso necessite o levantamento do perfil vertical da linha recomenda-se a realização através da execução de no mínimo 4 (quatro) medições junto a essas áreas, em pontos situados entre 1 (um) metro em relação ao solo e a altura do condutor superior da linha, ou de ponto mais elevado em relação a esse condutor, desde que passível de proximidade de ocupação humana. Essas medições deverão ser realizadas com a utilização de equipamento apropriado (veículo com dispositivo para içamento vertical), e após avaliação teórica dos níveis de exposição nos pontos selecionados.

7.5 Apresentação dos Resultados

As informações abaixo relacionadas às características da instrumentação utilizada para as medições, o ambiente avaliado e as recomendações adotadas para realização das mesmas, são consideradas importantes, e deverão constar no Laudo de Avaliação da Instalação.

- a) Características das instalações
- b) Características dos equipamentos componentes da planta e arranjo físico da instalação
- c) Planta do local em observação, com indicação das alturas dos objetos fixos (casas, estruturas, árvores, etc)
- d) Referência da Norma ou Recomendação Utilizada
- e) Data e Horários (início e término das medições)
- f) Corrente e Voltagem da Instalação no ato da medição
- g) Condições Climáticas (Temperatura e Umidade), no ato da medição