

ANEXO III

CAMPOS ELÉTRICOS E ELETROMAGNÉTICOS

Os efeitos dos campos elétricos gerados por linhas de transmissão, como indução elétrica em cercas e o Efeito Corona (zumbido característico), dentre outros, sempre foram considerados na sua devida dimensão pelo Setor Elétrico para o estabelecimento das normas de operação e segurança dos seus sistemas. No entanto, outros efeitos de menor magnitude, como os enumerados a seguir, não estão contemplados como problemas sob responsabilidade das concessionárias de energia elétrica:

- Interferência em aparelhos de TV, rádios, rádio-amador, etc.
- Possibilidade de queima de aparelhos eletro-eletrônicos, microcomputadores, telefones comuns e celulares, fornos de micro-ondas, etc. em dias de tempestades.
- Perigo de descargas elétricas em antenas de TV, de rádio-amador e parabólicas.
- Alta concentração de descargas elétricas na região das linhas de transmissão em dias de tempestades, causando incômodo e apreensão aos moradores.

Até recentemente a preocupação dos técnicos e do público com relação aos campos que se estabelecem em torno das linhas de transmissão restringia-se unicamente aos efeitos e impactos do campo elétrico, não constituindo motivo de preocupação o campo magnético gerado pela corrente elétrica circulante. Entretanto, a corrente elétrica cria um campo magnético em torno do condutor por onde passa. O campo magnético debaixo de uma linha de transmissão é muito pequeno próximo ao solo, comparado com o produzido por televisores, aspiradores de pó, liquidificadores, secadores de cabelos, fornos de micro-ondas, televisão, telefones celulares, barbeadores, máquinas de furar ou mesmo pelo campo magnético da Terra.

Como o parcelamento proposto poderá ficar sob a influência direta das linhas energizadas provenientes da subestação de Furnas, cabe uma reflexão sobre os casos históricos onde foi estudada a interação entre os efeitos elétricos e eletromagnéticos com a presença de pessoas moradoras nas suas proximidades.

Casos Históricos

A partir da divulgação dos resultados de diversos estudos epidemiológicos, embora não conclusivos, apontando para a possibilidade de uma associação entre a exposição aos campos magnéticos de baixa frequência e a ocorrência de câncer, vem se estreitando a cooperação entre pesquisadores do setor elétrico e epidemiologistas no sentido de melhor avaliarem a exposição àquela modalidade de radiação não ionizante. Como fruto desta atividade de cooperação, foram desenvolvidos dosímetros e medidores de exposição pontual e contínua ao

longo do tempo, os quais têm provido dados para se avaliar as características da referida associação (Lindh, 1988; Armstrong et al., 1994; Koifman e Thériault, 1994).

Embora uma descrição aprofundada dos mecanismos biológicos do processo de carcinogênese fuja dos objetivos deste estudo, faz-se necessário discutir algumas características comuns deste processo para um melhor entendimento do problema aqui analisado.

Sabe-se atualmente que a formação das neoplasias cancerígenas desenvolve-se obedecendo a uma cronologia de etapas comuns, a primeira das quais caracterizada pela alteração do material genético de uma célula (Bishop, 1987). Esta etapa, denominada de iniciação, pode suceder com um único contato com o agente agressor (vírus, substâncias químicas, radiação ionizante, etc), sendo de natureza irreversível. A presença desta célula com material genético alterado, não necessariamente implica no desenvolvimento do câncer. Para que tal ocorra, um conjunto de fatores chamados promotores deve atuar, estimulando aquela célula inicialmente alterada a se reproduzir. Este processo, denominado de promoção, é de longa duração e, mesmo quando existente, a remoção da exposição aos referidos fatores de promoção pode reverter o processo, abortando o desenvolvimento do câncer.

Quando, entretanto, tais fatores de promoção seguem presentes, a reprodução das células alteradas prossegue, tornando-se autônoma, irreversível e subordinando o metabolismo do organismo ao seu próprio processo de crescimento. Esta fase, conhecida como progressão caracteriza as modificações no plano celular dos fenômenos conduzidos à formação de neoplasias. Alguns agentes, tais como substâncias químicas presentes através da combustão do tabaco e as radiações ionizantes, são capazes de conduzirem por si só a todas as etapas do processo, sendo denominadas de carcinógenos completos. Um grande número de outras, entretanto, tem momentos de atuação bem diferenciados, quer como agentes iniciadores quer como promotores (Brandt-Rauf, 1987; Hermo, 1987).

Neste sentido, a proximidade das linhas de transmissão de alta tensão consiste num fato instigante, tendo em vista o crescente debate sobre a plausibilidade de uma associação epidemiológica entre a exposição às radiações não-ionizantes de baixa frequência e a ocorrência de tumores (Wertheimer e Leeper, 1979; Ahlbom, 1988; Savitz et al., 1989; Thériault, 1992).

Wertheimer e Leeper, em 1979, estudaram a incidência de câncer em crianças que moravam próximo à cidade de Denver, no Colorado – EUA. Tomenius, em 1986, desenvolveu estudos sobre a incidência de tumores em crianças nas proximidades de linhas de transmissão de 200 kv e 50 hz, no condado de Estocolmo, na Suécia.

Savitz e colaboradores, em 1988, estudaram casos de câncer em pessoas, relacionados à exposição de campos magnéticos em residências e exposições ocupacionais. No caso particular em estudo, verificam-se diversas oportunidades de exposição diária à radiação não-ionizante de baixa frequência decorrente de travessias realizadas pela comunidade ao longo das linhas de transmissão.

Estes autores realizaram um *state-of-art* sobre o assunto, com dados obtidos de exposições de radiações de pessoas em residências e em exposições ocupacionais, agregando dados de efeitos eletromagnéticos de linhas de transmissão em populações em Yorkshire, Inglaterra, Suécia, Denver e Washington nos EUA, entre outros. A conclusão deste estudo é que “pode existir influência dos campos eletromagnéticos nos seres humanos”, apesar da reconhecida precariedade das amostragens e dos métodos de medidas.

Decorridos quinze anos desde a publicação por Wertheimer e Leeper (1979), do primeiro informe sobre esta associação, dezenas de estudos sobre o problema têm sido realizados.

Embora não haja um consenso na comunidade científica sobre a natureza causal desta associação, as evidências acumuladas neste sentido por diferentes pesquisadores são crescentes, sendo muito intensas as pesquisas básicas em ciências biológicas atualmente realizadas para elucidar os mecanismos explicativos desta associação.

Neste sentido, acredita-se que caso os campos magnéticos estejam associados de forma causal ao desenvolvimento de neoplasias, sua participação neste processo ocorreria através de mecanismos de promoção ou de co-promoção, no qual atuariam juntamente com outro fator promotor, estimulando a proliferação de células com material genético já modificado (Koifman, 1993). Assim, a descrição desta associação tem sido mais frequentemente realizada em relação às leucemias e tumores de cérebro (Savitz et al., 1989), mas também com tumores de partes moles, melanoma, câncer de mama em homens e, mais recentemente, de pulmão (Armstrong et al, 1994).

Estudos realizados por Tomenius (1986), Savitz (1988), Severson (1988), London (1991), Feychting e Ahlbom (1993), permitem estratificar as exposições domiciliares aos campos magnéticos contínuas ao longo do tempo, como sendo: muito elevadas quando iguais ou superiores a 3.0 mG; relativamente elevadas quando compreendidas entre 2.0 e 2.9 mG; moderadas quando compreendidas na faixa de 1.0 a 1.9 mG; e relativamente reduzidas quando abaixo de 1.0 mG.

Em termos de exposição ocupacional aos campos magnéticos, um estudo descritivo realizado pelo Electrical Power Research Institute nos EUA (1990), acompanhando diferentes atividades em trabalhadores do setor elétrico durante longos períodos de tempo, revelou os seguintes níveis medianos de exposição: 0.5 mG em trabalhadores de escritório; 1.1 mG em

trabalhadores externos e em motoristas; 2.3 mG em mecânicos; 2.5 mG em soldadores; 5.4 mG em eletricitistas de rede; e até 7.2 mG em operadores de subestações.

Pode-se inferir, portanto, que nas travessias ao longo das linhas de transmissão, os transeuntes ficarão sujeitos a níveis reduzidos de exposição, abaixo de 1.0 mG, isto é, considerando-se que são menores que aqueles a que ficam sujeitos trabalhadores externos ou motoristas.

Tendo em vista a controvérsia do assunto, o jornal Correio Braziliense na edição de 03/12/99 publicou no Caderno Mundo/Saúde, matéria “Magnetismo – Riscos de estar perto da energia”. A matéria discorreu sobre os riscos das pessoas que moram e trabalham perto de cabos de eletricidade com alta voltagem de contrair tumores malignos, estudados pela Universidade de Bristol, nos Estados Unidos.

Em consonância com as conclusões dos estudos já realizados, bem como a aceitação crescente no meio científico de que a exposição desnecessária aos campos magnéticos de baixa frequência deve ser prudentemente evitada – “prudential avoidance” (Carpenter, 1994) – estão sendo sugeridas no presente estudo algumas condutas visando minimizar a exposição da comunidade às radiações não ionizantes. Essas condutas e recomendações procuram principalmente evitar a ação dos campos magnéticos de baixa frequência sobre pessoas e animais, alertando-as sobre o perigo de residir, ou mesmo de transitar sistematicamente por sob as linhas. Entretanto, nem este, nem nenhum outro trabalho analisado, especificou a distância mínima da ação dessas radiações sobre seres humanos ou animais.

Dadas as indefinições de todos os estudos consultados, da inexistência de metodologias específicas e comprovadamente adequadas para a determinação da influência dos campos eletromagnéticos sobre seres humanos, e ainda que estes estudos demandem longos prazos para sua conclusão, não foram recomendadas neste estudo ações de monitoramento, mas sim normas e condutas visando evitar exposições de pessoas às radiações.

Quanto ao aspecto do campo elétrico no ser humano e seu efeito no meio ambiente, a legislação brasileira não contempla tal situação. A norma NBR 5.422 – ABNT indica uma fórmula apenas para cálculo da faixa de segurança, para n circuitos em paralelo, a saber:

$L = \sum ds_j + d_1 + b_1 + D_1 + d_n + b_n + D_n$, onde :

$\sum ds_j$ = distâncias, conforme figura 5.3.8.1

b= distância horizontal do eixo de suporte (eixo da linha) ao ponto de fixação do condutor mais afastado deste eixo, em metros. No caso estudado $b_1=b_n=5,75m$ (valor obtido da torre utilizada).

d= soma das projeções horizontais da flecha do condutor e do comprimento da cadeia de isoladores, em metros, após o seu deslocamento angular β devido a ação do vento.

No caso estudado das LTs de Furnas estes parâmetros têm os seguintes valores:

$\beta = 14^\circ$;
cadeia de isoladores = 2,9 m;

flecha = 10m; sendo assim:

$$d1=dn=(2,9+10).tg\beta \Rightarrow d1=dn=3,22m$$

$D = Du/150$ em metros, onde Du é a tensão da linha em kV. No caso $Du = 230kV$

Portanto:

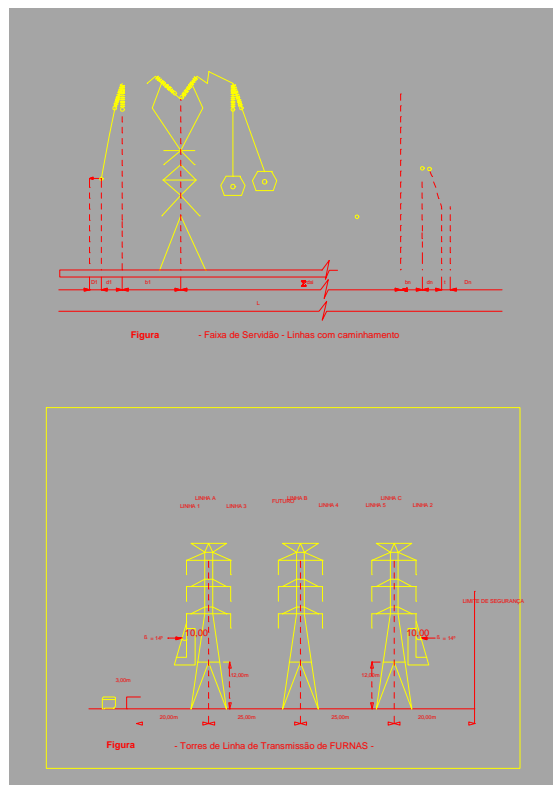
$$D1=Dn = 230/150 \Rightarrow D1=Dn=1,533m.$$

Substituindo esses valores na formula inicial, tem-se:

$$L = 2*(5,75 + 1,533 + 3,22) + 50 \Rightarrow 71$$

$L = 71 \text{ m}$

O projeto atual das Linhas de Transmissão de Furnas, após compactação, ao fixar a faixa de servidão em 90 m, levou em consideração estes 71 m fixados pela norma, com um acréscimo de 19 m, com o objetivo de aumentar a faixa de segurança e de se minimizar os efeitos dos campos elétricos sobre a futura ampliação da cidade.



Recomenda-se que se deve incorporar no projeto urbanístico, caso o projeto de substituição das linhas aéreas por subterrâneas, a previsão de implantação de uma via pública entre o limite da faixa de segurança e as edificações a serem construídas, de forma a se evitar a invasão da própria faixa, bem como proporcionar uma melhor vigilância da área pelos órgãos de segurança do DF e de FURNAS e minimizar os efeitos dos campos eletromagnéticos, aumentando a distância entre a linha e o parcelamento.

FURNAS como trabalha essencialmente com a geração, transmissão e distribuição às instalações dos consumidores, desenvolve programas especiais de divulgação de informações, precauções e recomendações úteis que visam a convivência do ser humano com as linhas de transmissão. No encontro realizado em Brasília, por ocasião da VI Semana de Qualidade de Furnas, em palestra intitulada “Efeitos Ambientais dos Campos Eletromagnéticos” foi exposta a problemática para discussão envolvendo esta questão bastante controversa. Na oportunidade, FURNAS mostrou que tem restrições e recomendações para algumas obras, benfeitorias e atividades na faixa de servidão da linha que devem passar por uma análise mais detalhada, podendo ser permitidas ou não, a saber:

- Cercas de arame farpado e mourões metálicos não-eletrificadas estarão naturalmente aterradas, não necessitando, portanto, de medidas de aterramento, pois não acumularão cargas elétricas;
- Cercas de arame e mourões de madeira, situadas nas faixas de servidão, necessitam de aterramento e seccionamento e devem ser propositadamente isoladas do solo porque podem acumular cargas elétricas induzidas;
- Construções não metálicas, do tipo de edificações para habitação permanente, como casas de alvenaria, barracos de madeira, casas de estuque não são permitidas na faixa de servidão de uma linha de transmissão;
- Construções metálicas constituídas por superfícies de metal - paredes de alumínio ou calhas protetoras de águas pluviais (horizontais e verticais) são desaconselhadas. É desaconselhável também a construção de prédios metálicos (silos, estábulos, armazéns almoxarifados) nas proximidades de linhas de transmissão. O aterramento destas construções é requisito fundamental para a segurança da edificação.
- Benfeitorias para usos agropecuários tais como estábulos, currais, chiqueiros, instalações para inseminação artificial, abrigos, cochos, monjolos, tanques, bebedouros, poços de água e cisternas são permitidas, em caráter excepcional dentro da faixa de servidão, desde que estejam fora da área de ocupação das torres de linhas e obedeçam a distâncias de segurança mínima para os cabos condutores.
- Inflamáveis, explosivos e combustíveis não podem ser estocados nos limites da faixa de servidão sob nenhuma forma, seja em edificação metálica ou não.

- Sistemas de irrigação podem ser operados se estabelecidos cuidados especiais com a movimentação de tubulações de irrigação próximo às linhas de transmissão, mantendo-se sempre o cuidado de mantê-las na posição horizontal e não vertical;
- Movimentação de veículos metálicos sob as linhas de transmissão podem ocasionar pequenas descargas elétricas, devendo ser realizada, respeitando no mínimo 20 (vinte) metros de distância, do condutor externo da linha.
- A instalação e a movimentação de longas tubulações metálicas paralelamente e adjacente às linhas de transmissão são proibidas. Devem ser feitas o mais perpendicularmente possível em relação às linhas de transmissão para reduzir as cargas elétricas induzidas. O trecho situado na faixa de servidão deve ser seccionado com juntas não metálicas e ser aterrado.
- Fertilizantes e pesticidas não devem ser usados em sistemas de irrigação adjacentes às linhas de transmissão pois tais ingredientes podem causar aumento da condutividade da água.
- Reabastecimento de veículos não poderá ser feito dentro da faixa de servidão de uma linha de transmissão, devendo o veículo ser rebocado para distância segura antes do reabastecimento.
- Interferências na recepção de rádio e televisão são raras nas proximidades das linhas de transmissão; podem ocorrer em aparelhos de baixa qualidade ou a emissora sintonizada é de pouca potência ou localizada à grande distância.
- Dependendo do tipo, alguns marca-passos podem sofrer interferências em virtude dos efeitos eletromagnéticos produzidos por linhas de transmissão. Os usuários de marca-passos que residem muito próximo às linhas de transmissão devem observar cuidados médicos especiais.
- Ozônio - a quantidade produzida por linhas de transmissão é pequena quando comparada à encontrada no ambiente natural, podendo ser considerada inofensiva.
- Ruído - geralmente perceptível em tempo seco e às vezes em tempo chuvosos ou com neblina, no entanto é bem menor que o causado pelo vento e chuva.

Recomendações Importantes

- Atividades recreativas - de maneira geral as atividades recreativas não são restringidas nas proximidades da linha de transmissão, desde que tomadas medidas simples de segurança, inclusive válidas para as que alimentam diretamente as residências (linhas de distribuição ou de baixa tensão).
- Áreas verdes - jardins, gramados, lagos e arborização baixa (somente arbustos e nunca árvores de porte médio ou grande) poderão eventualmente ser construídas dentro da

faixa das linhas de transmissão. Nunca se devem soltar pipas nem praticar aeromodelismo próximo às linhas de transmissão. Não usar os componentes da linha como alvos, pois os isoladores e condutores quando atingidos podem produzir fagulhas e cair no solo. Os isoladores tem a função de proteger a linha, se danificados podem ocasionar corte no suprimento de energia.

- Não é aconselhável a permanência de pessoas perto das torres de transmissão em face de condições atmosféricas adversas (mau tempo);
- Utilização de fogo é terminantemente proibida na faixa de servidão das linhas de transmissão, bem como soltar balões na área, pois podem causar incêndios e cortes de energia;
- Para o uso de máquinas agrícolas dentro da faixa de servidão, deve-se ter sempre o cuidado de manter o veículo permanentemente aterrado através de uma corrente ou cordoalha, de tal maneira que fique constantemente em contato com o solo.
- Não manter animais permanentemente sob as linhas.

Parcelamentos Urbanos na Área de Influência de Linhas de Transmissão

Nos novos projetos de parcelamentos urbanos, cuja implantação exige alterações das características dos terrenos interceptados por linhas de transmissão, envolvendo desde a movimentação de terra, até melhoramentos públicos, há necessidade de algumas medidas especiais. A implantação de loteamentos na área de influência das linhas de transmissão deve obedecer a princípios básicos para garantir níveis mínimos de segurança de acordo com a NBR-5422:

- As travessias de ruas, avenidas, estradas de acesso ao loteamento, rodovias, linhas elétricas (transmissão, sub-transmissão e distribuição) por linhas de transmissão são permitidas, desde que sejam feitas com um ângulo mínimo de 15° entre os eixos da linha e do obstáculo.
- Nas travessias das linhas de telecomunicações, tubulações, etc., recomenda-se um ângulo mínimo de 60°. Em decorrência, não poderão ser construídas ruas, avenidas, estradas de acesso ao loteamento, rodovias, linhas elétricas e de telecomunicações e tubulações paralelas às LTs, dentro das faixas de servidão.
- Máquinas, equipamentos ou veículos que possuam lanços e/ou braços, como escavadeiras, guindastes, etc. poderão ser utilizados dentro de faixa de servidão, desde que seja obedecida a distância vertical mínima compreendida entre o ponto mais baixo do cabo condutor e o ponto mais alto atingido pelos equipamentos utilizados, a qual deverá ser de 2,19 m - 3,11 m - 4,26 m e 5,81 m para as classes de tensão de 138, 230, 345 e 500 kV, respectivamente.

- É vedado erigir qualquer espécie de construção, bem como o plantio de árvores de porte alto na área da faixa de servidão.
- As ferragens das estruturas das torres de transmissão não poderão ser utilizadas para a colocação de ferramentas ou quaisquer outros fins.
- Os cortes e aterros necessários à realização de obras (estradas, escavações, etc.) deverão possuir proteções contra erosões, devendo ser realizados sem danificar os fios contrapesos que se encontram a 0,50 m da superfície. Caso sejam os fios contrapesos danificados, o responsável pelo loteamento deverá comunicar-se imediatamente com FURNAS para que sejam providenciados os trabalhos de recomposição.
- A distância mínima do pé de uma estrutura ao eixo do obstáculo (tubulações, linhas elétricas, linhas de telecomunicações, etc.) deverá ser de 20,0 m. Quanto às estradas de acesso, esta distância deverá ser de 14,0 m, quando não pavimentadas e de 22,0 m quando pavimentadas ou com previsão de pavimentação.

Não existindo dados ou normatização que estabeleça uma distância recomendável para a fixação de populações próxima à faixas de linhas de transmissão de energia, é sempre recomendável que o parcelamento proposto seja de baixa densidade populacional.

Objetivando evitar ainda mais a permanência prolongada de pessoas nas proximidades da linha, recomenda-se que, na via a ser criada entre o parcelamento e as linhas, sejam preferencialmente criados lotes comerciais e não residenciais.

Antes de submeter o projeto à aprovação do órgão competente, o projeto do parcelamento deverá ser apresentado, juntamente com os detalhes específicos das interferências com a faixa de servidão, ao exame técnico de FURNAS, para verificação de sua compatibilidade.

Para a análise, FURNAS solicita que nos desenhos de projeto do loteamento constem os dados técnicos abaixo relacionados:

- plotação da faixa de servidão, com a indicação de sua largura;
- nome ou número da(s) linha(s);
- número da(s) estrutura(s) envolvida(s);
- cotas de nível pré-existentes ou projetadas;
- distância(s) horizontal(ais) medida(s) na direção da linha considerada, do eixo do obstáculo (estrada, avenidas, linhas elétricas, linhas de telecomunicações, tubulações, etc.) do loteamento que cruza a(s) linha(s) de transmissão, ao centro das estruturas adjacentes;
- ângulo de cruzamento entre os obstáculos e a(s) linha(s) de transmissão;
- menor distância vertical entre o cabo condutor da(s) linha(s) de transmissão e os obstáculos.

Após a apreciação do projeto, FURNAS emitirá ao responsável pelo parcelamento, por carta, parecer a respeito das interferências examinadas, onde serão definidas responsabilidades, aguardando, a partir de então, a comunicação do início dos serviços , cuja antecedência solicita, seja de, pelo menos 15 dias.

Na hipótese de que os projetos não sejam encaminhados à Empresa para apreciação, fica sob inteira responsabilidade do empreendedor quaisquer danos que venham a ser causados às instalações da(s) linha(s) de transmissão e/ou a terceiros, reservado o direito de FURNAS agir judicialmente no sentido de resguardar suas instalações.(sic)