

XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

LINHA URBANA DE 138 KV DA LIGHT NO BAIRRO CARIOCA DE CAMARÁ- CUIDADOS ESPECIAIS DE PROJETO E MEDIÇÕES- INTERAÇÃO COM A COMUNIDADE LOCAL

FLAVIO LUCIANO A. SOUZA
ROBERTO MELLO SAMICO
ARMINDO F. CADILHE
LIGHT – SERVIÇOS DE ELETRICIDADE S.A
SÉRGIO.T.SOBRAL
ST& SC SERVIÇOS TÉCNICOS LTDA

Palavras-chave: Campo, Elétrico, Magnético, Interferência, Ruído Audível, Acoplamentos, Indutivo, Capacitivo

Foz do Iguaçu, 19 a 23 de novembro de 2000

LINHA URBANA DE 138 KV DA LIGHT NO BAIRRO CARIOCA DE CAMARÁ- CUIDADOS ESPECIAIS DE PROJETO E MEDIÇÕES- INTERAÇÃO COM A COMUNIDADE LOCAL

Sérgio.T.Sobral
ST& SC Serviços
Técnicos Ltda

Flavio Luciano A. Souza

Roberto Mello Samico
Armando F. Cadilhe
LIGHT – Serviços de Eletricidade S.A

PALAVRAS CHAVES

Campo, Elétrico, Magnético, Interferência, Ruído Audível, Acoplamentos, Indutivo, Capacitivo

SUMÁRIO

Para atender a crescente demanda da região, a LIGHT instalou há cerca de dois anos uma nova SE abaixadora de 138 kV no bairro carioca de Senador Camará. A interligação dessa SE com uma LT de 138 kV próxima, já em operação há décadas, resultou em dois circuitos de 138 kV (operação e reserva), cada um deles com cerca de 1,5 km de extensão, suportados por postes metálicos especiais de 15-17 m de altura, instalados diretamente em ruas do bairro mencionado.

O artigo descreve os cuidados especiais que a LIGHT tomou durante o projeto, para garantir segurança total aos que habitam nas imediações dos circuitos mencionados. Esses cuidados e as metodologias envolvidas poderão ser de interesse para outras Concessionárias.

O artigo compara ainda os resultados de medições feitas no local, com os cálculos e simulações digitais correspondentes, referentes a campo elétrico, campo magnético, ruído audível e interferências em rádio e TV. Comenta ainda os cálculos e simulações realizadas referentes a elevação de potencial de terra, potencial transferido, indução e acoplamento capacitivo com circuitos de telefonia e distribuição próximos. Descreve-se ainda as medições de laboratório referentes a segurança e durabilidade do recobrimento isolante utilizado nos postes.

Apresenta-se ainda um sumário do estado da arte referente à influência de campos elétricos e magnéticos sobre seres vivos e os valores limites aceitos na Europa, Estados Unidos e Canadá.

O artigo comenta que a falta de informações atualizadas sobre o assunto tem criado comportamentos emocionais em pessoas e entidades que, mesmo de forma bem intencionada, acabam criando pendências desnecessárias.

1 - INTRODUÇÃO

Há cerca de 4 anos, era urgente a entrada em serviço de uma nova SE de 138 kV, com capacidade instalada de 120 MVA, no bairro carioca de Senador Camará, para fazer frente a problemas de suprimento elétrico que vinham tornando-se frequentes na região. A comunidade local reclamava, que a deficiência de suprimento elétrico estava deteriorando a qualidade de vida no bairro, e reduzindo o valor de suas propriedades.

A LIGHT estava, na ocasião, desenvolvendo um intenso programa de obras em toda a área metropolitana do Rio de Janeiro, com vultosos investimentos cuidadosamente escalonados para poder atender, em um prazo de 3 anos, as regiões com os problemas de suprimento elétrico mais urgentes. De acordo com as previsões iniciais, a nova SE de Camará só poderia entrar em serviço em meados de 1998.

Com o objetivo de acelerar em cerca de 13 meses a implantação da SE em pauta, a LIGHT passou a estudar cuidadosamente os procedimentos que permitiram à COPEL reduzir custos e manter elevadas condições de segurança com a instalação de circuitos de 138 kV nas ruas das cidades de Curitiba, Londrina, Foz do Iguaçu etc. A LIGHT concluiu que a

metodologia era muito segura, porém optou por adotar procedimentos adicionais no sistema de aterramento dos postes metálicos de 15-17 m que sustentam os circuitos.

Este artigo examina os estudos e verificações feitos pela LIGHT e por consultores para verificar a completa segurança das instalações, e para demonstra-la aos habitantes da região.

2- GARANTIA DE SEGURANÇA E INFORMAÇÃO A COMUNIDADE LOCAL

Para garantir à comunidade local que os circuitos aéreos de 138 kV eram seguros, a LIGHT tomou as seguintes providências:

a) Contratou a firma ST& SC para preparar, de uma maneira inteiramente independente, um estudo global sobre as condições de segurança das instalações, e emitir um Laudo Técnico sobre o assunto.

b) Os principais cálculos e simulações digitais constantes do estudo da ST& SC foram verificados por meio de medições de campo e testes de laboratório, executados pelo CEPEL.

c) A ST& SC realizou ainda uma extensa pesquisa bibliográfica com relação aos valores limites de campos considerados seguros na Europa, USA, e Canada. Desde a concepção do projeto ficou estabelecido que os circuitos aéreos urbanos de 138 kV da LIGHT deveriam atender aos critérios mais severos dentre os internacionalmente adotados.

d) A ST& SC preparou então o seguinte conjunto de documentos relativos ao trabalho realizado:

-Laudo Técnico- concluiu que as instalações atendem às recomendações técnicas internacionais mais severas

-Folheto Informativo – destinado a ser distribuído a quem pedir informações sobre o assunto. Descreve em linguagem não especializada as conclusões sobre a segurança das instalações.

-Relatório Técnico Resumido- apresenta os resultados de cálculos, simulações digitais, medições de campo, testes de laboratório, critérios e normas internacionais sobre o assunto. Foi preparado de tal maneira que pode ser consultado com facilidade por pessoas sem formação técnica especializada.

-Relatório Técnico Detalhado- semelhante ao anterior, porém destinado a um leitor mais especializado.

3- VERIFICAÇÕES REALIZADAS

Para verificar a segurança das instalações, foram realizados os seguintes trabalhos:

3.1-Cálculos e Simulações Digitais - Feitas Pela ST&SC

- Campo Elétrico
- Campo Magnético
- Interferência em Rádios
- Interferência em Televisores
- Ruído Audível
- Indução em circuitos próximos
- Acoplamento capacitivo com circuitos próximos
- Efeitos de descargas atmosféricas
- Elevação de potencial de terra (para comprovar a eficácia do sistema de aterramento com eletrodos mais afastados da superfície do solo).
- Potenciais de terra transferidos.

3.2- Medições de Campo – Feitas Pelo CEPEL

- Campo Elétrico
- Campo Magnético
- Interferência em Rádios
- Interferência em Televisores
- Ruído Audível (verificações pelo CEPEL e medições feitas pela própria LIGHT)

3.3- Testes de Laboratório- Feitos Pelo CEPEL

- Resistividade e durabilidade do revestimento isolante do poste metálico

4- CRITÉRIOS DE SEGURANÇA QUANTO A CAMPOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS

4.1- Limites Aceitos Internacionalmente

A revista ELECTRA, publicada pela CIGRÉ no seu número 179 de agosto de 1998, apresenta as recomendações internacionalmente aceitas sobre o assunto, transcritas do artigo JWG 36.01/06, como segue:

- a) Sob linhas de transmissão:
- campo elétrico : 10 kV/m (rms)
 - campo magnético: 0,1 mT (rms)
- b) Na indústria:
- campo elétrico : 20 kV/m (rms)
 - campo magnético: 2 mT (rms)

4.2-Limites Adotados Pela LIGHT

Para suas linhas de 138 kV urbanas, a LIGHT optou por seguir um critério mais restritivo, como segue:

- campo elétrico : 5 kV/m (rms)
- campo magnético: 0,1 mT (rms)

O critério adotado pela LIGHT é semelhante aos adotados pelo IRPA e pelo ICNIRP (que são muito mais severos que o critério recomendado pela CIGRE- ver item 4.3 a seguir):

4.3- Limites Atualmente Adotados Por Outras Instituições e Países

- a) Reino Unido (UK) e NRPB (Para Exposição ao Público)
- campo elétrico : 12 kV/m (rms)
 - campo magnético: 1,6 mT (rms)
- b) Estados Unidos (ACGIH)
- campo elétrico : 12 kV/m (rms)
 - campo magnético: 1,6 mT (rms)
- c) Austrália e IRPA (Para Exposição de Público)
- campo elétrico : 5 kV/m (rms)
 - campo magnético: 0,1 mT (rms)
- d) CENELEC (Para Exposição de Público)
- campo elétrico : 10 kV/m (rms)
 - campo magnético: 0,64 mT (rms)
- e) ICNIRP (Para Exposição de Público)
- campo elétrico : 5 kV/m (rms)
 - campo magnético: 0,1 mT (rms)

4.4 – Sumário da Pesquisa Bibliográfica Sobre Danos a Saúde Causados Por Campos Elétricos e Magnéticos

Um sumário sobre o assunto é apresentado no Anexo 1 deste artigo

5- METODOLOGIAS UTILIZADAS

5.1- Simulações Digitais

- a) Campo elétrico- conforme Referência [3].
- b) Campo magnético- conforme [3].
- c) Elevação de potencial de terra- conforme [2].
- d) Potencial transferido- conforme [1,2].
- e) Indução em circuitos próximos- conforme [1].

5.2-Cálculos

- a) Efeitos de descargas atmosféricas- conforme [6,7].
- b) Interferência em rádios- conforme [4].
- c) Interferência em TVs – conforme [4].
- d) Ruído audível- conforme [5].
- e) Acoplamento capacitivo – conforme [3].

6-RESULTADOS DOS CÁLCULOS E MEDIÇÕES SOBRE CAMPOS

a) A Figura 1 mostra que o maior valor do campo elétrico obtido por simulação é de 0,51 kV/m, que é muito inferior ao valor limite de 5 kV/m. Os valores medidos mostraram boa coerência com os valores calculados, de tal forma que o maior valor medido foi de 0,46 kV/m

b) A Figura 2 mostra que o maior valor do campo magnético obtido por simulação é de 1,46 μ T, que é muito inferior ao valor limite de 0,1mT. Os valores medidos mostraram coerência com os valores calculados, de tal forma que o maior valor medido foi de 0,58 μ T.

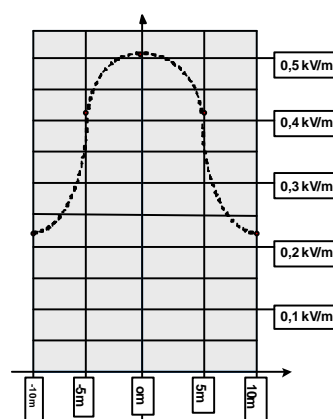
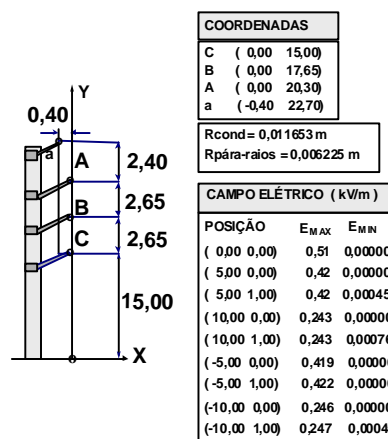


Fig1-Determinação digital do campo elétrico nas imediações de um poste de 138 kV

7-ELEVAÇÃO DE POTENCIAL DE TERRA E POTENCIAIS TRANSFERIDOS

As Figuras 3 e 4 mostram o sistema especial de aterramento utilizado nos 16 postes metálicos de cada um dos dois circuitos, resultando em uma resistência de terra de 14,1 Ω por poste. O maior curto-circuito à terra previsto é de 8,1 kA. As simulações digitais mostraram que a maior corrente injetada no solo por qualquer poste será de 241 A e ocorrerá no caso de um curto-circuito no primeiro poste do circuito à direita, ou do circuito à esquerda, da derivação do tronco de 138 kV. O maior potencial de passo

produzido nas imediações desses postes será de 158 V, que é muito inferior ao potencial tolerável de 3117V.

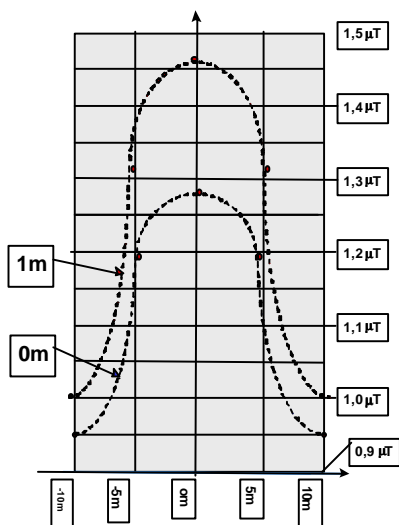
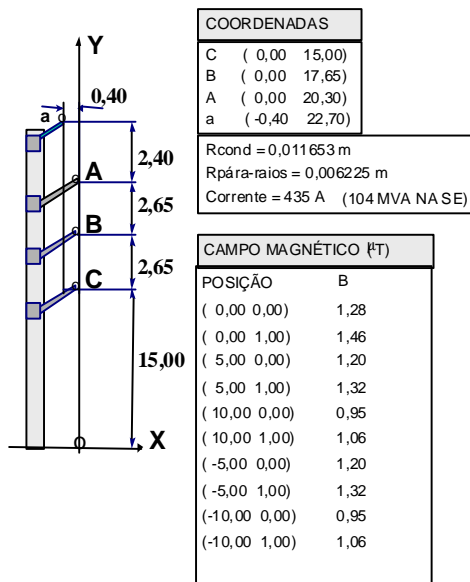


Fig2-Determinação digital do campo magnético nas imediações de um poste de 138 kV

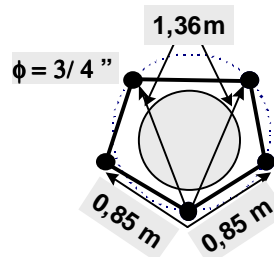
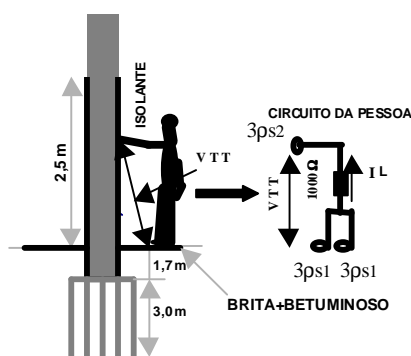


Fig 3 –Aterramento dos postes por meio de 5 eletrodos de 3 m, com o topo do eletrodo a 1,7m da superfície



$$IL = 0,116 / \sqrt{t} \quad \text{CORRENTE LIMITE A}$$

$$VTT = (1000 + 1,5 ps1 + 3 ps2) \cdot IL$$

$$t = 0,5 \text{ s} \quad ps1 = 3000 \Omega \cdot \text{m} \quad ps2 = 100 \cdot 10^6 \Omega \cdot \text{m}$$

Fig 4 – Determinação do potencial de toque tolerável por uma pessoa pisando sobre brita (ps1), em contato com um poste recoberto por uma camada fortemente isolante (ps2)

O material que reveste o poste até a altura de 2,5 m tem resistividade $ps2 > 100 \cdot 10^6 \Omega \cdot \text{m}$ e tem grande durabilidade, conforme comprovado pelos testes de laboratório realizados. A Fig 4 mostra que a pessoa que vier a tocar qualquer poste, durante um curto-circuito, estará absolutamente segura, pois o potencial de toque tolerável será superior a 49 megavolts, enquanto que a maior elevação de potencial de terra no metal será de apenas 3398 V.

Para evitar potenciais transferidos, as tubulações metálicas que se aproximavam dos postes foram substituídas por tubos de PVC.

8- INTERFERÊNCIA EM RADIO E TV

a) As medições e os cálculos mostraram que a relação sinal/ruído das estações radiofônicas é praticamente a mesma com os circuitos de 138 kV em operação (7,9) ou desligados (4,6 até 7,9).

b) As medições e os cálculos referentes a interferências em TV, na faixa de VHF (54 a 216 MHz) confirmaram que a relação sinal/ruído é praticamente a mesma com os circuitos de 138 kV em operação (1até 11,6) ou desligados (0,8-1,6). As medições e cálculos foram feitos na faixa de VHF para Ter-se a condição mais desfavorável. Na realidade a recepção local é feita principalmente em UHF (470 a 887 MHz), que é ainda menos sensível a interferências de LT's.

9-RUÍDO AUDÍVEL

Os cálculos e as medições feitas pela LIGHT mostraram que os níveis de ruídos estavam de acordo com as normas (abaixo de 50 dB, período noturno). Verificações feitas pelo CEPEL mostraram que alguns ruídos que vinham causando reclamações eram causados por isoladores defeituosos em alimentadores de distribuição próximos.

10-EFEITOS DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Os cálculos foram feitos utilizando o método das ondas trafegantes. Mostraram que não são preocupantes os valores das tensões que podem ser induzidas nas cercas locais, pelos raios que atingem os cabos pára-raios dos circuitos de 138 kV (apenas algumas centenas de volts, de natureza impulsiva, com duração de microsegundos). Deve ser lembrados que tensões um pouco maiores, mas ainda seguras, poderão ser induzidas nas cercas em apreço, quando um raio atingir um alimentador de distribuição. Os cálculos mostram ainda que os cabos pára-raios dos circuitos de 138 kV servem como uma eficiente blindagem contra descargas atmosféricas, que de outra forma poderiam atingir circuitos de distribuição e telefonia próximos.

11-TENSÕES INDUZIDAS E ACOPLAMENTO CAPACITIVO

Os cálculos demonstraram que os acoplamentos indutivos e capacitivos dos

circuitos de 138 kV com cercas metálicas e com os circuitos de distribuição e telefonia existentes, não produzirão valores preocupantes. Durante um curto-circuito à terra que ocorra nos circuitos em apreço, a maior tensão longitudinal que pode ser induzida ao longo de um objeto metálico não aterrado, ao nível do solo, será de 1,92 V/m. Portanto, mesmo que existisse um objeto metálico, não aterrado, com 470m de extensão, ainda assim o potencial tolerável de 902 V não seria excedido.

12- CONCLUSÃO

Pelo exposto nos itens anteriores, pode-se concluir que os circuitos de 138 kV analisados são seguros, não tendo fundamento os naturais receios que durante algum tempo ocorreram.

ANEXO 1- INFLUÊNCIA DE CAMPOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS SOBRE A SAÚDE-SUMÁRIO DA BIBLIOGRAFIA

a)Relatório preparado por um grupo de cientistas reunidos nos Estados Unidos pelo Comitee On Interagency Radiation Research And Policy Coordination (que faz parte da Agência Para a Política Científica e Tecnológica da Casa Branca)

Os trabalhos foram presididos por Dimitrios Trichopoulos (epidemiologista da Harvard School Of Public Health de Boston).Foram revistos mais de 1000 artigos técnicos sobre a influência de campos elétricos e magnéticos sobre a saúde, tendo-se concluído:

“Não existe na literatura publicada, elementos suficientes para manter de maneira convincente a afirmação que a exposição a campos elétricos ou magnéticos de frequência muito baixa, tais como os produzidos por aparelhos domésticas, pelas telas de computadores ou de televisão, ou pelas linhas elétricas, tenham efeitos perigosos para a saúde. Na falta de provas convincentes, todas as afirmações sobre um risco para a saúde associado a campos emitidos por tais fontes, será puramente especulativo e parece injustificado”.

b)Reunião da ICOH- Commission Internationale De Santé Au Travail, sob o patrocínio do Ministério da Indústria e do Comércio Exterior da França, ocorrida em Marne-la- Vallée, em outubro 1992

“A reunião da Comissão de Radiações No Trabalho do ICOH concluiu que os argumentos apresentados no que concerne aos efeitos de longa duração dos campos elétricos e magnéticos sobre a saúde, não justificam qualquer modificação nas práticas industriais atualmente em vigor, recomendando-se entretanto manter o assunto sob vigilância”.

c) Relatório encomendado pela Electricité de France e preparado pelo INSERM-Instituto Nacional de Saúde e de Pesquisa Médica (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale), publicado em fevereiro de 1993.

“No momento atual, não parece existir nenhum argumento sério que permita relacionar pessoas expostas aos campos elétricos e magnéticos, com problemas depressivos e suicídios, reprodução, e cancer em crianças”

“Todo fato epidemiológico deve ser interpretado à luz de sua plausibilidade biológica e de resultados experimentais. Deve ser lembrado que experiências com animais jamais mostraram efeitos carcinogênicos relativos à exposição aos campos elétricos e magnéticos. O efeito dos campos magnéticos e elétricos sobre a saúde é ainda um assunto para pesquisa. Ele não deve tornar-se um problema de saúde pública, até que algo seja confirmado.”

d) Estudo Epidemiológico Franco-Canadense envolvendo EDF (Electricité De France), Ontario Hydro e Hydro-Québec.

A Academia Nacional de Medicina, cujo parecer foi solicitado pelo Ministério da Indústria da França, preparou um parecer, discutido na reunião de 29.06.93, com as seguintes conclusões:

“A realidade das associações que foram descritas entre campos eletromagnéticos e certas patologias, tais como leucemia e/ou outros tipos de câncer, em crianças e em adultos, não será considerada como estabelecida pelos estudos epidemiológicos que se dispõem atualmente”

“Num contexto epidemiológico tão incerto, e no estado atual do conhecimento, a Academia Nacional de Medicina estima que os efeitos sobre a saúde provocado pelos campos eletromagnéticos, criados por

linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica, se é que existem, representam somente um risco muito pequeno na escala do indivíduo, e não constituem por conseguinte, um problema de saúde prioritário”.

REFERÊNCIAS

[1] – “Interferences Between Faulted Power Circuits and Communication Circuits or Pipelines- Simplification Using the Decoupled Method” paper 91 WM 107-3 PWRD, Winter Meeting 1991, New York

S.T.Sobral, W.Castinheiras, M.Nielsen, V.S.Costa, D.Mukhedkar

[2]- "Decoupled Method for Studying Large Interconnected Ground Systems Using Microcomputers - Part I - Fundamentals"

Summer Meeting, 1986, Cid. Mexico, IEEE

Trans Vol.PWRD- 3, Nº 4 Oct. 1988, pp: 1536-1544.

S.T. Sobral (IESA), Vasco G.P. Fleury (ITAIPU), D. Mukhedkar (ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL).

[3]-“Transmission Line Reference Book 345 kV and Above” (livro)

[4]-“Electric Power Transmission Systems and Engineering, Analysis and Design” (livro) Turan Gönen, Editora Wiley.

[5]-“A Comparison of Methods For Calculating Audible Noise of High Voltage Transmission Lines” Task Force of the Corona and Field Effects Subcommittee, IEEE,1982

[6]-“Traveling Waves on Transmission Systems” L.V.Bewley – (livro) John Wiley and Sons, 1935

[7] - “Wave Propagation on Transmission Lines” C.F.Wagner, G.D. McCann – 1935 Westinghouse Reference Book.

[8] – “Champs Électromagnétiques et Lignes Électriques – Etat de la Question et Aspects Sanitaires”

Ministère de l’Industrie, des Postes et Télécommunications et du Commerce Extérieur; Ministère des Affaires Sociales de la Santé et de la Ville