



**XXII SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GLT/09  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO - III**

**GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO – GLT**

**ESTUDO DE DISTRIBUIÇÃO E AVALIAÇÃO DE POLUIÇÃO NATURAL EM CADEIAS DE ISOLADORES EM “I”  
E “V” DE LINHAS DE CORRENTE ALTERNADA**

**Armando Nigri(\*) Jorge Lemos Sylvia Carvalho Marcelo Moraes Lúcio Medeiros Rafael Infantozzi  
LTs Consultoria e Serviços Furnas Centrais Elétricas LACTEC ICF Internacional.**

**RESUMO**

**Apresentar os resultados da avaliação de poluição em isoladores utilizando diversas metodologias. Foi acompanhada, ao longo de 12 meses a evolução de depósito superficial. Os resultados indicaram níveis de poluição muito leves. Constatado uma relação importante entre os valores de emissão de fótons, nível de DDSE e variação da temperatura. Ensaios de laboratório, com níveis de poluição leve, moderado, pesado e muito pesado, confirmaram esta relação. Resultados mostraram que valores até 10.000 fótons/minuto, com umidade relativa acima de 80%, equivaleriam a um nível de poluição adequado à distância de escoamento específica.**

**PALAVRAS-CHAVE**

Linhas de corrente alternada; Campo eletrostático; Radiação UV; Radiação IR; Poluição em cadeia de isoladores.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Estudos e resultados, tanto de laboratório quanto de campo, sobre a contaminação na superfície dos isoladores das linhas aéreas de transmissão, mostram que a probabilidade de ocorrer um desligamento da linha é diretamente proporcional ao nível de poluente depositado em sua superfície.

Esses trabalhos demonstram ainda que, em condições ambientais de baixa umidade relativa (UR) as superfícies contaminadas não são condutoras. Nessas condições, a contaminação é de pouco interesse. Entretanto, sob condições ambientais de nevoeiro, chuva leve ou orvalho, a contaminação é dissolvida transformando-se em uma camada condutora na superfície isolante, o que aumenta, consideravelmente, a corrente de fuga. Dependendo das condições meteorológicas, bem como do nível de poluição, esse aumento de corrente pode resultar no desligamento da linha.

A determinação dessas grandezas permite a intervenção das equipes de manutenção antes que ocorra o desligamento da linha de transmissão. Adicionalmente, subsidia aos projetistas as condições para se definir o correto dimensionamento do isolamento de uma linha que venha a ser projetada nessa mesma região.

Alinhado com esta filosofia, foi desenvolvida, por FURNAS Centrais Elétricas, no período de 2009 a 2011, uma pesquisa dentro do programa de P&D da ANEEL, cujo objetivo, foi desenvolver uma nova metodologia para avaliar o desempenho do Sistema de Transmissão quanto à poluição.

A metodologia tradicional utilizada para avaliar os níveis de poluição ( DDSE - Depósito de Densidade de Sal Equivalente), requer a retirada de operação das cadeias de isoladores, sendo necessária, portanto, uma intervenção da turma de manutenção.

Para permitir a avaliação dos níveis de poluição, através de inspeções ao nível do solo, sem qualquer intervenção na linha, foi pesquisada uma metodologia com a utilização de câmeras de detecção de radiação infravermelha (IR) e ultravioleta (UV).

Outra metodologia testada foi a utilização de equipamento, que determina a distribuição do campo eletrostático ao longo da cadeia de isoladores, para verificar se, mesmo em condições secas, a poluição altera a distribuição do campo eletrostático.

## 2.0 - DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

### 2.1 Preparação dos Corpos de Prova

A linha de transmissão, 750 kV, Itaberá – Tijuco Preto I, energizada em 15/03/1986, foi selecionada para a pesquisa por atravessar uma região com alta umidade relativa. Para que a pesquisa se concentrasse na menor área possível, foram escolhidas estruturas de suspensão, entre as torres 639 e 644, com cadeias duplas e vãos reduzidos.

No início da pesquisa, doze cadeias de isoladores novos foram instaladas para marcarem o início do ciclo. Mensalmente, ao longo de 12 meses, foram realizadas coletas dos poluentes nesses isoladores, bem como inspeções com os equipamentos relacionados no item 2.2, a seguir.

### 2.2 Equipamentos Utilizados

#### 2.2.1 - Detetor de Radiação IR - Termovisor

Trabalhos internacionais vêm tentando relacionar o grau de severidade da atividade elétrica com a temperatura do objeto onde ocorre esta atividade.

O termovisor é um equipamento que mede a temperatura, à distância, de qualquer objeto através da radiação infravermelha emitida.

#### 2.2.2 - Detector de Radiação Ultravioleta

Pesquisadores descobriram que qualquer atividade elétrica, tais como corona ou descarga parcial, gerada por uma instalação energizada em Extra-Alta Tensão, em função do elevado nível de gradiente de campo eletrostático, emite radiação ultravioleta (UV).

Esse equipamento é composto de uma câmara normal de vídeo e uma câmara que detecta a radiação UV. As imagens das duas câmaras são superpostas eletronicamente, gerando uma imagem do objeto inspecionado com a sua respectiva atividade elétrica, permitindo identificar, durante o dia, os pontos onde ocorre corona ou descarga parcial.

#### 2.2.3 - Equipamento Detector de Campo Elétrico

Basicamente este equipamento é composto de 2 (duas) placas metálicas paralelas que medem a diferença de potencial entre 2 pontos no ar.

No caso de se desejar conhecer a distribuição do campo elétrico ao longo da cadeia de isoladores é então importantíssimo que seja sempre mantida uma distância fixa entre o equipamento e a cadeia de isoladores.

Cabe ressaltar, no entanto, que o equipamento mede apenas uma componente do campo elétrico.

### 2.3 Metodologia da Pesquisa

#### 2.3.1 Inspeção com os Detectores de UV e IR

Posicionar os equipamentos de tal forma que o ângulo de visada seja em torno de 45° em relação a cadeia de isoladores, a uma distância aproximadamente igual a altura da estrutura e na direção da diagonal da base da torre.

..

Iniciar a inspeção da cadeia, dirigindo a câmera de UV para a extremidade próxima ao cabo condutor, deslocando até atingir a região desenergizada (estrutura). Registrar a imagem através de gravação digital.

Simultaneamente, utilizando a câmara de IR, registrar qualquer sobreaquecimento causado pela atividade elétrica detetada pela câmara de UV.

Durante todo o processo de inspeção devem ser monitoradas as condições meteorológicas, de umidade relativa e temperatura ambiente, através do termo-higrômetro e registrada, através de observação visual, a ocorrência de precipitação pluviométrica.

As inspeções foram realizadas logo após o amanhecer, já que é fundamental que a umidade relativa estivesse alta.

### 2.3.2 Ensaios de DDES

Uma cadeia de isoladores, previamente inspecionada conforme o item 2.3.1, foi retirada da LT, tocando-se o mínimo possível nas partes isolantes.

Em seguida, foram removidos os poluentes das partes superior e inferior dos isoladores, utilizando esponja de celulose limpa e água com condutividade controlada.

Nas soluções resultantes da limpeza do topo e do fundo dos isoladores foram medidos temperatura, condutividade e volume.

Para cada uma dessas medições foi determinado o DDSE correspondente.

### 2.3.3 Inspeção com o detector de campo eletrostático

As cadeias em “I” e “V” foram submetidas à inspeção com o medidor de campo eletrostático e os resultados armazenados, para posterior análise, em um PC.

## 3.0 - ENSAIOS EM LABORATÓRIO

Foram montadas cinco cadeias de suspensão em “I”, cada uma contendo 15 isoladores, poluídas com o equivalente a 0,027, 0,061, 0,124, 0,267 e 0,63 mg de NaCl/cm<sup>2</sup>.

Inicialmente foi aplicada uma tensão de 180 kV fase-terra, equivalente a uma tensão fase-fase de 312 kV, em uma cadeia limpa, para servir como referência. Foram registradas a sua atividade elétrica e temperatura através dos equipamentos de UV e IR. Esse procedimento foi repetido para as tensões de 133 e 80 kV fase-terra, equivalentes às tensões de 230 e 138 kV fase-fase, respectivamente, em cadeias com 12 e 8 unidades de isoladores.

No laboratório de poluição, as cadeias com 15 isoladores, preparadas previamente com os cinco diferentes níveis de poluição, foram submetidas à aplicação de tensão elétrica de 180 kV fase-terra. Após três minutos da energização, aplicou-se névoa limpa, até que os isoladores ficassem umidificados e a umidade relativa alcançasse, pelo menos, 90%, sendo iniciado o monitoramento das atividades elétricas ao longo da cadeia, através do equipamento detector de UV.

O equipamento foi mantido com ganho igual a 160, conforme recomendação do fabricante, e com a função contagem de fótons acionada. A gravação das atividades foi mantida até que ocorresse uma estabilização do número de fótons. Foram registradas, a atividade elétrica e a temperatura ao longo de cada uma das cadeias de 15 isoladores. Esse procedimento foi repetido nas tensões de 133 e 80 kV, para cadeias com 12 e 8 isoladores, para os mesmos níveis de poluição.

## 4.0 PROGRAMA COMPUTACIONAL

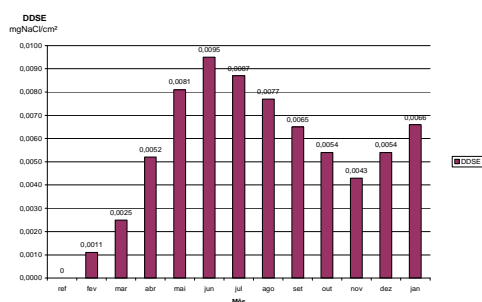
Foi desenvolvido um programa computacional com o objetivo principal de armazenamento e tratamento dos dados de campo, cálculo da densidade do depósito de equivalente de sal (DDSE) e apresentação gráfica dos resultados, sendo possível assim, a criação de um banco de dados visando o mapeamento das regiões com poluição.

## 5.0 RESULTADOS DA PESQUISA

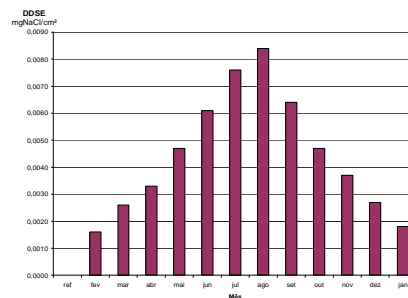
### 5.1 DDSE

A partir dos resultados de DDSE, fornecidos pelo programa mencionado no item 4, foi possível montar os gráficos 1 e 2, onde estão representados os valores médios mensais referentes à parte inferior dos isoladores das cadeias em “I” e “V”.

Registre-se que nos meses 1, 4, 8 e 11, por dificuldades na retirada das cadeias de isoladores, devido a questões de segurança para trabalhos com as instalações energizadas, os valores médios foram obtidos por interpolação.



Graf. 1 – Pol. Média x mês – Cadeia “I” parte inf.



Graf. 2 – Pol. Média x mês – cadeia “V” parte inf.

Nos gráficos acima, pode ser observado, para a cadeia em “I”, um aumento do nível de poluição, nos últimos 2 meses da pesquisa, quando seria de se esperar uma redução contínua no depósito, por tratar-se de um período de chuvas intensas que, excepcionalmente, não ocorreram.

Comparando os valores de DDSE encontrados na pesquisa com as classes de poluição definidas na norma IEC 60815, observa-se que em todos os meses a classe de poluição foi muito leve.

Trabalhos internacionais são unânimes em afirmar que as cadeias de isoladores em “V” apresentam níveis de poluição menores que em cadeias em “I”, em vista de uma maior eficiência de lavagem pela chuva. Na pesquisa, talvez em função do baixíssimo nível de DDSE, não foi constatada uma diferença muito significativa entre as cadeias em “I” e “V”.

## 5.2 Detecção de radiação ultravioleta - UV

Observou-se que o nível da atividade elétrica nas cadeias, medido através da contagem de fótons, não apresentou alterações significativas com o decorrer do depósito natural de poluição ao longo da pesquisa, já que na cadeia em “I” limpa, antes de qualquer depósito de poluição, foi registrado um valor de 2326 fótons /min, enquanto durante toda a pesquisa o mínimo registrado foi de 3051 fótons /min no 10º mês e o máximo alcançado foi de 12885 fótons/min no 3º mês.

A causa mais provável da pequena variação na intensidade das atividades elétricas seria em função do baixíssimo nível de poluição registrado.

A variação da atividade elétrica, através da contagem de fótons, ao longo dos 12 meses, está apresentada através dos gráficos 3, cadeia em “I”, e 4, cadeia em “V”, a seguir:

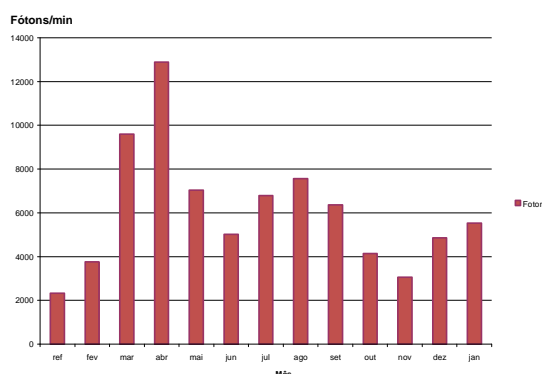


Gráfico 3 – atividade elétrica cadeia em “I”

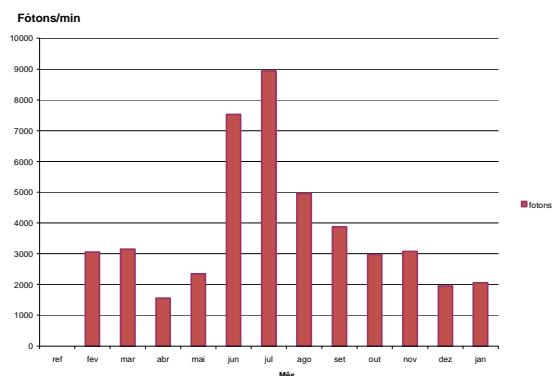


Gráfico 4 – atividade elétrica cadeia em “V”

### 5.3 Detecção de radiação infravermelha - IR

Este equipamento tem sido utilizado normalmente em sistemas de potência para detectar conexões elétricas com sobreaquecimento, em função da corrente de carga da linha.

Nesta pesquisa, o equipamento foi utilizado para medir a maior diferença de temperatura entre pontos ao longo das cadeias de isoladores, tendo como base a circulação de corrente de fuga nos isoladores poluídos, conforme apresentado no gráfico 5, a seguir, independentemente da corrente de carga na hora da inspeção.

Procurou-se detectar uma possível relação entre a temperatura, nos pontos onde estivesse ocorrendo uma atividade elétrica e o nível de poluição depositada.

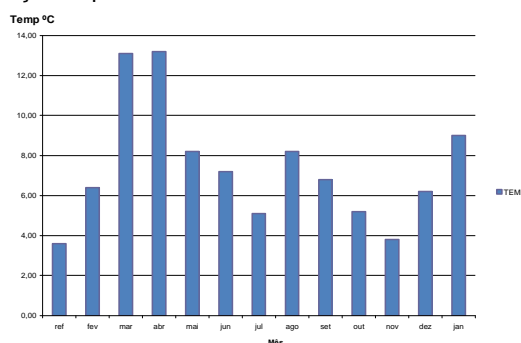


Gráfico 5 – máxima diferença de temperatura em cadeias em “I”

### 5.4 Monitoramento da umidade Relativa - UR

A umidade relativa, monitorada durante as inspeções mensais realizadas, mostrou valores sempre muito próximos ou superiores a 80%. Esse nível de umidade, associado aos depósitos de poluição, pode vir a causar problemas no que diz respeito à isolamento da linha se a distância de escoamento não for a adequada.

Por outro lado, no mês considerado como referência (mês 0), com a cadeia limpa, ou seja, sem poluição, as inspeções com os equipamentos foram realizadas após as 9:00 horas da manhã, quando a umidade relativa estivesse mais baixa, no caso 60%, justamente para não existir qualquer atividade devida à umidade relativa mas, sim, devida à distribuição do gradiente de campo.

### 5.5 Distribuição do Campo Eletrostático

As cadeias de isoladores de linhas de transmissão de alta tensão de corrente alternada apresentam uma distribuição de tensão não uniforme ao longo das suas unidades, em função do efeito capacitivo.

O equipamento medidor do campo eletrostático foi desenvolvido para apresentar, através de gráficos, a distribuição do campo eletrostático ao longo das cadeias de isoladores, visando à identificação de possíveis unidades danificadas.

Para a pesquisa em pauta, a idéia era verificar se, em função do nível do depósito de poluentes, existiriam alterações na curva de distribuição do gradiente de potencial. Assim, as alterações na distribuição do gradiente de campo, se existissem, não seriam tão significativas como no caso de unidades perfuradas, já que nesse caso o gradiente de campo ficaria reduzido a praticamente zero.

Seria necessário, então, que as curvas de distribuição de campo elétrico apresentassem uma precisão muito boa para permitir detectar variações muito pequenas. Esta precisão seria fornecida através de um espaçamento constante entre o berço do equipamento e a cadeia de isoladores no momento da medição.

As cadeias de isoladores de 750 kV são extremamente longas e, mesmo com o berço fornecido pelo fabricante, não foi possível manter o mesmo espaçamento ao longo de toda a cadeia. Assim, as curvas não apresentaram uma precisão capaz de permitir uma avaliação do resultado obtido.

É importante considerar ainda que, para inspeção com o equipamento de UV, seria necessário que a umidade relativa apresentasse valores acima de 70%, enquanto que a inspeção com o medidor do campo eletrostático, por se tratar de atividade envolvendo linha energizada, a umidade relativa tem de estar abaixo de 80%.

Assim, não foram realizadas medições de campo eletrostático em todos os meses da pesquisa e, mesmo nos meses onde foi possível obter registros, os mesmos apresentaram valores divergentes, mostrando que o espaçamento entre o equipamento e a cadeia não permaneceu constante.

## 5.6 – Ensaios em Laboratório

Nos ensaios de laboratório variou-se, significativamente, o nível de depósito de poluentes na superfície dos isoladores, para que tivéssemos resultados em todas as classes definidas na norma IEC, já que a pesquisa de campo apresentou somente níveis de poluição muito baixos

Observou-se que o nível da atividade elétrica, detetada no equipamento de UV, aumenta não só devido ao aumento do nível de poluição, mas, principalmente, em função da distância de escoamento específica. Assim, foram observados valores de 400 até acima de 26000 fótons /min.

## 6.0 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 6.1 Inspeção de Campo

Para realização de análise comparativa entre as diversas grandezas, envolvendo os diferentes métodos de inspeção, todos os valores obtidos (DDSE, nº de fótons e temperatura) foram convertidos para valores “por unidade” (PU), tendo como referencia os valores obtidos em inspeção realizada em cadeia sem depósito de poluentes e em condições secas.

Assim, a cadeia limpa, com nível de poluição de “0” (zero) mg/cm<sup>2</sup> de NaCl foi considerada como de DDSE igual a 1. Os demais valores de DDSE, obtidos mensalmente, foram relacionados a esse valor.

No caso da contagem de fótons, foi considerado como valor unitário o obtido na inspeção inicial também com os isoladores limpos.

A diferença de temperatura entre o objeto (ponto da cadeia onde estava localizada a atividade elétrica) e um ponto adjacente mais frio (ponto na cadeia sem atividade elétrica) também foi considerada como um valor por unidade na cadeia limpa.

#### 6.1.1 DDSE X Fótons

A comparação dos resultados obtidos através da inspeção com o equipamento de UV e da medição do DDSE mostrou que com o aumento do depósito de poluentes, também aumentava a contagem de fótons, devido ao aumento da atividade elétrica na cadeia de isoladores.

Tal fato pode ser comprovado tanto para a cadeia em “I”, gráfico 6, quanto para a cadeia em “V”, gráfico 7, a seguir.

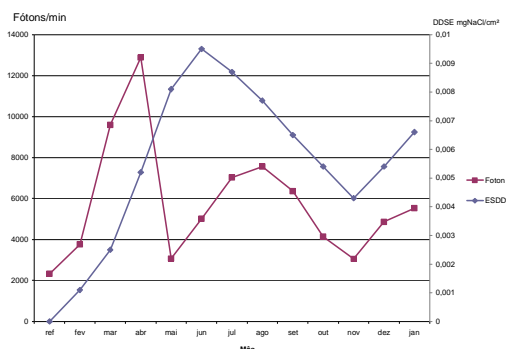


Gráfico 6 - Cadeia em “I”

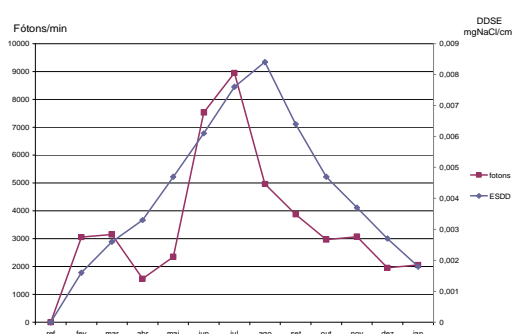


Gráfico 7 - Cadeia em “V”

#### 6.1.2 Temperatura X Fótons

Analisando, para a cadeia em “I” os valores, em PU, obtidos nas inspeções mensais, referente ao número de fótons e o aumento de temperatura nos pontos onde ocorriam as atividades elétricas, observou-se que os mesmos mostraram valores diretamente proporcionais, conforme pode ser observado no gráfico 8 a seguir.

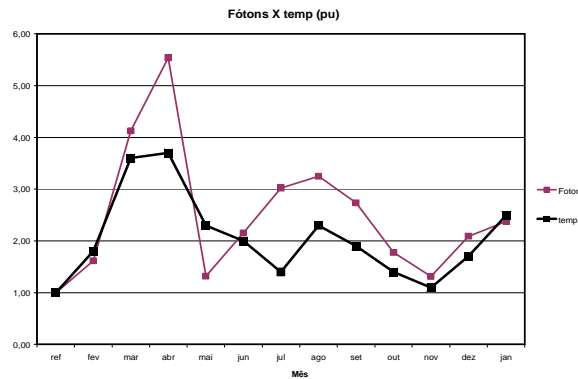


Gráfico 8 – comparação Fótons X Temperatura

Tal constatação mostra que existe uma evidente relação entre a atividade elétrica e a temperatura do isolador neste ponto.

## 6.2 Ensaios de Laboratório

As cadeias montadas para realização dos ensaios, energizadas com 138, 230 e 312 kV, apresentaram distâncias de escoamento específico de 22, 20 e 18 mm/kV, respectivamente.

Os resultados obtidos, em função do nível de poluição, para cada distância de escoamento específica, estão apresentados no gráfico 9, a seguir.

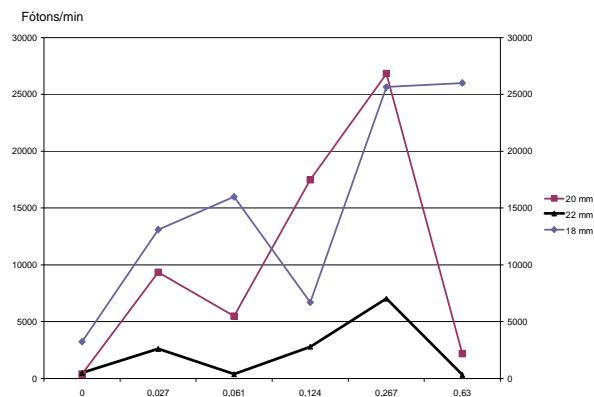


Gráfico 9 – comparação Fótons X DDSE X dist.escoamento

Dos resultados obtidos verifica-se que o número de fótons, detectados através do equipamento UV, varia em função tanto do nível de poluição depositado quanto da distância específica de escoamento.

Em relação ao nível de poluição depositado, observou-se um aumento das atividades elétricas com o aumento da poluição. Por outro lado, como era de se esperar, também ocorreu um aumento das atividades quando a distância de escoamento específica é reduzida.

Alguns dos resultados obtidos apresentaram valores não esperados, como por exemplo, no caso da distância escoamento de 22 mm/kV e nível de poluição de 0,63, que deveria apresentar um valor para o nº de fótons superior ao do ensaio com nível de poluição de 0,267. Para uma análise mais detalhada da causa desse resultado deve ser realizado um maior número de ensaios.

De qualquer forma, simplesmente extrapolar os resultados obtidos nos ensaios de poluição, realizados nos laboratórios do CEPEL, para situações reais das linhas de transmissão, não é aconselhável uma vez que:

- em laboratório os isoladores são uniformemente poluídos, enquanto no campo normalmente existe uma predominância de depósito em um lado do isolador em função do vento da região,
- em linhas de extra-alta tensão o posicionamento dos equipamentos de UV e IR, em relação às cadeias de isoladores, apresentam distâncias maiores que no laboratório,
- o ângulo de incidência e posicionamento dos equipamentos também pode variar significativamente, e

- a ocorrência de ventos, já que as cadeias de isoladores estão situadas a aproximadamente 30 metros de altura, também pode influir no resultado das medições de campo, enquanto que em laboratório as condições são controladas.

## 7.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos na pesquisa de campo com níveis de poluição muito leves, evidenciam uma forte correlação entre os valores de emissão de fótons, nível de DDSE e diferença de temperatura.

Os resultados obtidos nos ensaios de laboratório com níveis de poluição leve, moderado, pesado, e muito pesado, confirmaram o relacionamento entre os métodos de avaliação desenvolvidos na pesquisa.

Pelos resultados obtidos somente no laboratório poder-se-ia, numa primeira avaliação, definir que valores até 10.000 fótons/minuto, registrados em inspeções em cadeias de isoladores, utilizando equipamentos de UV, e com umidade relativa acima de 80% equivaleriam a um nível de poluição adequado a distância de escoamento específica dessa cadeia, indicando que não existiria a necessidade de qualquer intervenção pelas equipes de manutenção.

Outra forma de avaliação poderia ser através de fotografias que apresentem os níveis de atividade elétrica mostrada pelos equipamentos detectores de UV. Assim poderia ser feita uma comparação apenas visual para indicar a necessidade de manutenção, como é mostrado, por exemplo, na Figura 1.



a – sem problema



b – manter em observação



c – Manutenção imediata

Figura 1 – Avaliação da poluição através radiação UV

Entretanto, como os níveis de poluição observados no campo foram muito leves e é temerosa uma simples utilização dos dados obtidos em laboratório, é recomendável prosseguir com a pesquisa, com dados de linhas de transmissão localizadas em regiões com níveis mais elevados de poluição para confirmar as informações colhidas em condições de laboratório.

Com uma gama maior de informações seria possível o desenvolvimento de tecnologia com limites mais definidos para inspeção de cadeias poluídas, sem a retirada de operação das mesmas, utilizando equipamentos detectores de UV e IR em substituição ao método de coleta dos poluentes para a determinação do DDSE.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1). IEC 60815-1 TS Ed 1.0. 06 de Junho de 2007, Norma: DRAFT TECHNICAL SPECIFICATION 36/264/DTS
- (2) SUBBA, B Reddy, NAGABHUSHANA, S G R Study of Temperature Distribution Along an Artificially Polluted Insulator String
- (3) APONTE, G, SÁNCHEZ, V.H., CASTRO, M, ESPINOSA, A, and ROSALES, N Colombian Experience on Insulation Pollution Level Measurement Applying the ESDD Methodology - J.C. Castro, *Student Member, IEEE*,
- (4) KONTARGYRI, V.T., ILIA, N.C., GONOS, I.F. STATHOP, I. A, Electric Field and Voltage Distribution Along Insulators Under Pollution Conditions
- (5) LTS/ICF/FURNAS Projeto de P&D “Estudo de Distribuição e Avaliação de Poluição Natural em Cadeias de Isoladores em “I” e “V” de Linhas de Corrente Alternada”. Relatório final novembro 2011.



## DADOS BIOGRÁFICOS

Armando Isaac Nigri

- Nascimento: Rio de Janeiro – 14/09/1950
- Graduação: Pontifícia Universidade Católica PUC – Engenharia Elétrica - 1973



Sylvia Garcia Carvalho

- Nasc.: Rio de Janeiro 17/04/1959
- Graduação: Eng.<sup>a</sup> Elétrica - Universidade Veiga de Almeida - 1982
- Pós-graduação em Planejamento e Gestão Ambiental – Univer. Veiga de Almeida - 2001
- Pós-graduação em Eng. de Manut. Sistemas Elétricos - Univer Federal de Itajubá - 2012
- Experiência profissional: - Light S.E.S.A. - 23 anos
- Projeto eletromecânico de subestações;
- Aquisição de equipamentos elétricos para subestações;
- Engenharia de manutenção em subestações e linhas de transmissão, Furnas C.E.S.A. - 8 anos-- Engenharia de manutenção em linhas de transmissão.



Marcelo de Oliveira Morais Filho

- Nascimento: Sete Lagoas / MG – 30/06/1977
- Técnico em Eletrotécnica / ET Sete Lagoas – 1996 – Graduando em Eng. Elétrica 2013.
- Experiência profissional: Manutenção Eletromecânica e eletroeletrônica em sistemas de Geração e Transmissão de energia.



Lúcio de Medeiros

- Pesquisador Sênior no Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC
- Doutor em Eng. Elétrica, em Sistemas de Energia Elétrica, PUC-Rio
- Mestre em Eng. Elétrica, em Teoria de Controle e Estatística, PUC-Rio
- Eng. Eletricista, Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF.



Rafael Catelli Infantozzi

- Pesquisador na ICF International, Rio de Janeiro.
- Graduação em Engenharia Elétrica, ênfase em Sistemas de Energia Elétrica, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.



Jorge Luiz de Almeida Lemos

- Nascimento: Niterói RJ 27/11/52
- Graduação: Universidade Federal Fluminense, Engenharia Elétrica - 1977

