



VI SBQEE

21 a 24 de agosto de 2005

Belém – Pará – Brasil



Código: BEL 01 7506

Tópico: Análise, Diagnóstico e Soluções

MELHORIA DE DESEMPENHO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO SOB A AÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Antônio D. Andrade*

Rubens L. Markiewicz

Ana Cristina G. Bezerra

CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A. – CEMIG D

RESUMO

A CEMIG D possui cerca de 16.119 km de linhas de transmissão (LTs), nas tensões que variam de 34,5 a 161 kV. O elevado índice de descargas atmosféricas no Estado de Minas Gerais, aliado a altas resistividades do solo, tem sido a causa principal do mau desempenho das linhas, sendo responsável por cerca de 75% de seus desligamentos.

Este trabalho apresenta as ações que vem sendo desenvolvidas pelo Grupo de Estudos de Melhoria de Desempenho de LTs da CEMIG no sentido de reduzir os impactos provocados pelas descargas atmosféricas no sistema elétrico da empresa.

PALAVRAS-CHAVE

Linha de transmissão; Desempenho; Descargas Atmosféricas; Pára-raios; Aterramento de Linhas.

1.0 INTRODUÇÃO

O GT de Melhoria de Desempenho de LTs da CEMIG vem, há mais de 10 anos, estudando e buscando implantar melhorias de desempenho em linhas de transmissão que sofrem acentuadamente a ação de descargas atmosféricas.

No passado, as ações adotadas eram apenas medidas tradicionais de melhoria de desempenho, atuando na melhoria do

aterramento, da resistividade do solo, da blindagem, NBI da cadeia, etc. Essas medidas nem sempre foram suficientes para se conseguir a melhoria de desempenho almejada.

Com o surgimento dos pára-raios de ZnO, de corpo polimérico, tornou-se possível a execução de melhorias significativas de desempenho por meio da limitação de sobretensão nos terminais da cadeia de isoladores.

Foram instalados pára-raios de ZnO em 06 LTs da CEMIG, tendo sido obtidos resultados excelentes no desempenho dessas linhas. Porém o custo elevado dos pára-raios de ZnO, aliado à falta de recursos no setor elétrico para aplicação em melhorias de desempenho, tem dificultado a continuidade do programa de implantação de melhorias.

O objetivo deste trabalho é de apresentar as ações executadas pelo GT com o objetivo de dar continuidade aos trabalhos de melhoria de desempenho das linhas de transmissão, atuando na forma de obtenção de recursos, nos critérios de priorização de linhas, redução do custo de fabricação dos pára-raios, redução de custos de manutenção, melhoria da satisfação dos consumidores, etc.

2.0 ESTUDOS DE MELHORIA DE DESEMPENHO

2.1 Estatística de ocorrências

As figuras de 1 a 5 mostram as ocorrências no sistema elétrico da CEMIG devido a ação de descargas atmosféricas, apresentando a quilometragem de LTs e o índice de ocorrências (número de desligamentos/100 km/ano) por nível de tensão.

Observando-se as figuras apresentadas, pode-se constatar que o desempenho das linhas de transmissão da CEMIG é altamente afetado pelas ocorrências de descargas atmosféricas no estado.

As unidades regionais da CEMIG, ao serem fortemente afetadas em seus índices de desempenho de LTs, solicitam ao GT de Melhoria de Desempenho a inclusão de linhas de mau desempenho na lista de LTs priorizadas do GT para a realização de estudos.

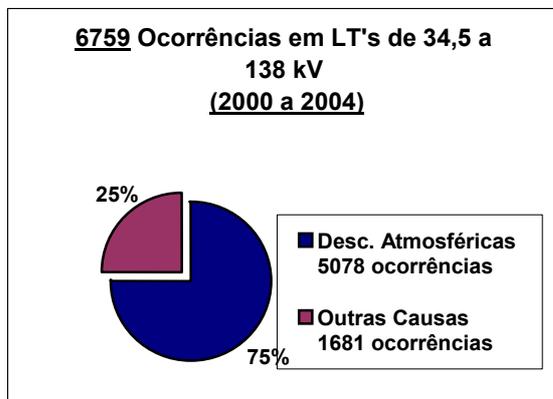


Figura 1 - Ocorrências em linhas de transmissão da CEMIG

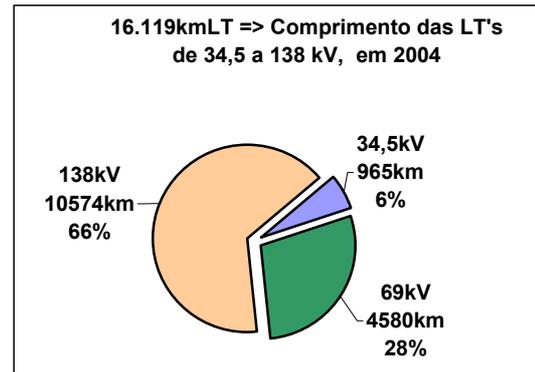


Figura 2 - Comprimento das linhas de transmissão por nível de tensão.

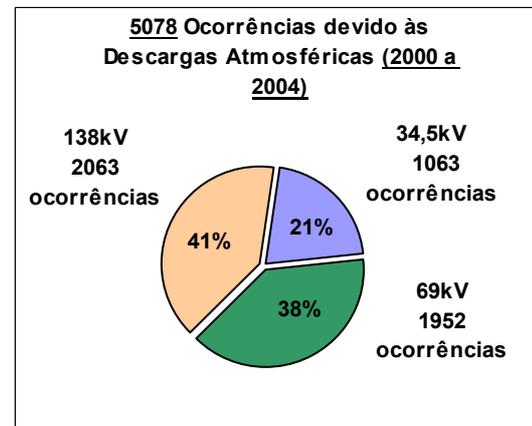


Figura 3 - Ocorrências devido a descargas atmosféricas, por nível de tensão, em linhas de transmissão.

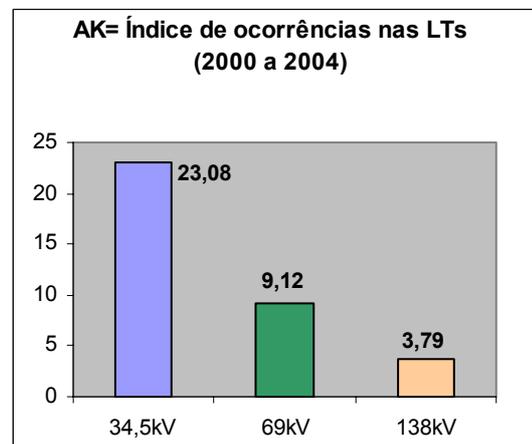


Figura 4 - Índice de ocorrências (número de desligamentos/100km/ano), por nível de tensão, nas linhas de transmissão.

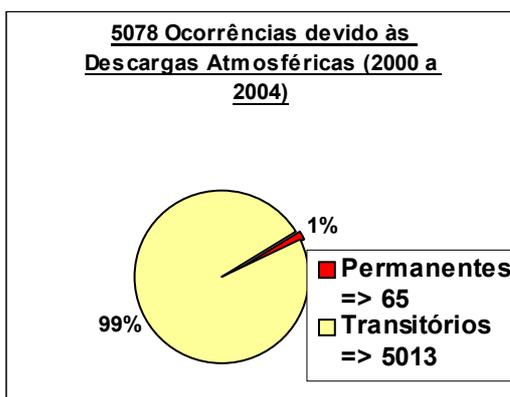


Figura 5 - Ocorrências transitórias x permanentes devido a descargas em linhas de transmissão.

2.2 Priorização de LTs para a execução de estudos de melhoria de desempenho

A partir das solicitações feitas pelas unidades regionais da empresa para a realização de estudos de melhoria de desempenho de LTs consideradas problemáticas, faz-se a inclusão dessas linhas na lista de prioridades de atendimento tendo em vista o elevado número de linhas a serem estudadas. Com o objetivo de se obedecer a uma seqüência de priorização, foram criados os critérios para a execução da priorização.

2.2.1 Critérios básicos utilizados na priorização de Lts

Foram estabelecidos originalmente os seguintes itens na composição dos critérios para priorizar as LTs para estudos de melhoria de desempenho:

a) Nível de tensão da LT:

De uma maneira geral, quanto maior a tensão maior a importância da LT no sistema. Assim, foram criados os seguintes parâmetros para cada nível de tensão:

NT = 34,5 kV → A = 2
 NT = 69 kV → A = 4
 NT = 138 kV → A = 6

b) Desempenho da LT sob a ação de descargas atmosféricas:

ND = número médio de desligamentos/ano devido à ação de descargas atmosféricas.

ND ≥ 30 → B = 7
 25 ≤ ND < 30 → B = 6
 20 ≤ ND < 25 → B = 5
 15 ≤ ND < 20 → B = 4

10 ≤ ND < 15 → B = 3
 05 ≤ ND < 10 → B = 2
 ND < 05 → B = 1

c) Linhas de transmissão sujeitas a religamento especial:

Estas linhas são aquelas que atravessam áreas habitadas e/ou faixas de servidão invadidas e que necessitam de atenção especial no processo de religamento.

Se a LT é de religamento especial → C = 3
 Se a LT é não de religamento especial → C = 0

d) LTs que provocam mergulho de tensão no sistema em caso de desligamentos por descargas atmosféricas:

NC = Número de grandes consumidores e cidades atingidos pela queda (mergulho) de tensão em outras LTs quando a LT em questão sofre um desligamento.

NC ≥ 6 → D = 6
 5 ≤ NC < 6 → D = 5
 4 ≤ NC < 5 → D = 4
 3 ≤ NC < 4 → D = 3
 2 ≤ NC < 3 → D = 2
 1 ≤ NC < 2 → D = 1
 NC < 1 → D = 0

e) Classificação da LT no plano geral de contingências

LT de prioridade "A" no plano de contingências → E = 6

LT de prioridade "B" no plano de contingências → E = 4

LT de prioridade "C" no plano de contingências → E = 2

Demais LTs → E = 0

f) Vida útil esperada para a LT:

Vida útil ≥ 5 → F = 1
 Vida útil < 5 → F = 0

2.2.2 Cálculo da priorização

A fórmula utilizada para classificar as LTs na Lista de Priorização é a seguinte:

$$P = (A + B + C + D + E) \times F$$

Onde P_{máximo} = 28 corresponde à linha de transmissão mais crítica sob o ponto de vista de necessidade de realização dos estudos de melhoria.

Estes são os critérios que foram adotados inicialmente para a priorização das LTs definidas como problemáticas pelas unidades regionais da CEMIG. A relação de linhas priorizadas é a base para a elaboração do planejamento anual dos estudos de melhoria de desempenho de linhas de transmissão.

A posição das LTs na Lista de Priorização poderá ser alterada em função da entrada de novas LTs para estudo, da alteração de configuração no sistema, de melhorias implantadas, etc.

2.3 Dados necessários para a execução de estudos de melhoria de desempenho

2.3.1 Avaliação das condições de aterramento das estruturas da LT

- Medição da resistência de aterramento de todas as estruturas;
- Se a medição da resistência de aterramento for superior a 20 Ω , deve-se fazer a medição da resistividade do solo.

2.3.2 Dados complementares

Junto com o relatório final de medições deverá constar:

- Tipo de terreno;
- Tipo de solo;
- Umidade ou não;
- Estado geral de isoladores e contrapesos;
- Existência de isoladores quebrados;
- Motivo que impediu alguma medição;
- Outras particularidades apresentadas para cada estrutura / sistema de aterramento.

Após o levantamento das medições e dados de campo da LT que possui mau desempenho, os dados são encaminhados ao GT de Estudos.

2.4 Execução de estudos de melhoria de desempenho

Os estudos são feitos buscando-se, em primeiro lugar, a adoção de medidas convencionais para a

melhoria do desempenho da linha, as quais seriam:

- Melhoria do aterramento através do redimensionamento dos cabos contrapesos e sistema de aterramento;
- Melhoria da resistividade do solo na região dos cabos contrapesos, através da adição de redutor de resistividade, p. ex. bentonita;
- Melhoria da blindagem, através do redimensionamento do sistema de cabo pára-raios;
- Melhoria do sistema de isolamento; redimensionamento das cadeias de isoladores;
- Etc.

Em uma segunda fase, se as medidas convencionais não são suficientes para a melhoria desejada de seu desempenho, estudos e simulações são realizadas visando a instalação de pára-raios ZnO, utilizando um enfoque técnico-econômico para sua aplicação.

São levantados os trechos críticos da LT, considerando o perfil, a distribuição de resistências de aterramento, o levantamento do histórico de manchas de descargas atmosféricas através do SLT (Sistema de Localização de Tempestades) e a localização de faltas.

São executadas simulações para os trechos críticos, visando uma otimização do número de pára-raios de ZnO/estrutura x custo de melhoria de desempenho.

Na CEMIG já foram instalados pára-raios de ZnO em seis LTs.

3.0 DESEMPENHO DE LINHAS ONDE FORAM UTILIZADOS PÁRA-RAIOS DE ZnO

A Tabela 1 mostra o desempenho de LTs antes e após a implantação de melhorias, tendo sido efetuada a instalação de pára-raios de óxido de zinco.

Cada LT teve uma característica de instalação diferente. Somente uma LT, a LT3 Ouro Preto 2 - Taquaril 138 kV, teve pára-raios de ZnO instalados em todas as fases e em todas as estruturas da linha, onde se pode verificar a excelência na melhoria de seu desempenho.

Nos últimos 04 anos foram estudadas adicionalmente cerca de 14 linhas de transmissão de desempenho ruim e altamente críticas sob o ponto de vista de classificação na lista de LTs priorizadas, porém as melhorias recomendadas

não foram implantadas tendo em vista as dificuldades financeiras encontradas e o alto custo do pára-raios de linhas de transmissão, o qual atualmente é importado.

Tabela 1 – Desempenho de LTs onde foram instalados pára-raios de ZnO

LINHA DE TRANSMISSÃO	kV	Comp. (km)	AK antes da instalação	AK 1998	AK 1999	AK médio nos últimos 05 anos
Diamantina – Gouveia	34,5	31,6	155,06	50,60	25,30	47,46
Ouro Preto 1 – Ponte Nova	138	66,5	30,87	12,01	10,51	7,52
LT3 Ouro Preto 2 – Taquaril	138	38,9	40,94	14,62	0,00	0,00
Itutinga – Minduri	138	44,6	19,40	13,45	6,72	4,03
Peti – Sabará	69	61	43,64	14,75	14,75	9,18
Itutinga – Três Corações 2	138	87,0	16,20 *	-----	2,30	2,76

*AK estimado – Estudos de melhoria de desempenho foram feitos durante a fase de projeto da LT.

Por isso, as atividades de estudos de melhoria de desempenho foram praticamente paralisadas nos últimos anos, o que obrigou o grupo de estudos a procurar alternativas.

4.0 ALTERNATIVAS PROPOSTAS PARA VIABILIZAR A IMPLANTAÇÃO DAS MELHORIAS

As alternativas que estão sendo pesquisadas pelo GT para atenuar as dificuldades citadas visam, basicamente, concentrar esforços para atender as linhas de transmissão mais críticas em termos de desempenho e buscar a redução do custo dos pára-raios. Elas destacam-se em três frentes principais, quais sejam:

- . Introdução da importância do grande consumidor nos critérios de priorização de LTs;
- . Busca da nacionalização da fabricação de pára-raios de ZnO;
- . Pesquisa sobre a energia envolvida na atuação do pára-raios de forma a dimensionar um pára-raios de menor energia, e conseqüentemente de menor custo, que atenda à necessidade da LT a ser melhorada.

A introdução da importância do grande consumidor nos critérios de priorização de LTs teve como objetivo levar em consideração os efeitos prejudiciais que os religamentos automáticos provocam no processo produtivo das indústrias. Além disso, buscou-se também encontrar apoio por parte do grande consumidor para uma possível parceria, com o objetivo de

obter recursos para investimentos na melhoria de desempenho das LTs que os atendem.

A nacionalização da fabricação dos pára-raios é um trabalho que tem sido feito em conjunto com os fabricantes nacionais de pára-raios de redes de distribuição, cujo objetivo é a redução do custo de aquisição dos pára-raios para linhas de transmissão, tendo em vista a inviabilidade de se justificar economicamente a importação dos pára-raios nos valores atualmente praticados no mercado internacional.

A pesquisa sobre a possibilidade de redução da capacidade de energia a ser absorvida pelo pára-raios tem por objetivo verificar a possibilidade de se utilizar, em toda a LT ou parte dela, um pára-raios de classe

menor de absorção de energia (classe 1 ao invés do classe 2), que suporte os esforços impostos pelas descargas atmosféricas sobre a LT, para determinados valores de resistências de aterramento, tendo como finalidade principal a redução do custo final do pára-raios.

De uma forma geral, os estudos visam como produto final a viabilização de atendimento de consumidores que exigem cada vez mais qualidade de energia, associada aos processos industriais modernos mais sofisticados, tendo como parâmetro determinante a redução dos custos na implementação das melhorias das LTs.

5.0 CONCLUSÃO

Os estudos de melhoria de desempenho para linhas de transmissão sob a ação de descargas atmosféricas, realizados pela CEMIG, trouxeram excelentes benefícios para a operação do sistema e para a qualidade da energia fornecida aos consumidores atendidos pelas LTs onde as melhorias recomendadas pelos estudos foram implantadas.

A escassez de recursos para a aplicação em melhoria de desempenho de LTs obrigou o GT de Estudos de Melhorias a buscar alternativas para garantir e ampliar a qualidade de fornecimento de energia elétrica da empresa.

O GT recomenda que, nas ampliações de sistema previstas pelo planejamento para uma determinada região, deve-se procurar contemplar as ações relativas a melhorias de desempenho de LTs da região de abrangência das ampliações.