



Grupo de Estudo de Desempenho de Sistemas Elétricos-GDS

NOVA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO FRENTE A DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

OSMAR PINTO JUNIOR*(1); DIMAS APARECIDO PEREIRA(2); VITOR GARDIMAN(3); EDEN LUIZ CARVALHO JUNIOR(2);

1 Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT/INPE
2 Empresa Amazonense Transmissão Energia – EATE
3 Grupo Storm

RESUMO

Diversos estudos sobre o impacto das descargas atmosféricas no desempenho de sistemas elétricos, em particular, no desempenho de linhas de transmissão, têm sido feitos, abordando diferentes aspectos do problema. Neste trabalho é descrito o desenvolvimento e aplicação de uma nova metodologia para análise do desempenho de linhas de transmissão frente a descargas atmosféricas, que tem como finalidade a avaliação do desempenho do sistema de aterramento de uma linha de transmissão frente a descargas atmosféricas, utilizando como princípio determinístico a frequência de ocorrência e intensidade das descargas e as condições ambientais. A metodologia tem utiliza dados de descargas atmosféricas obtidos pela rede BrasilDAT Dataset, uma rede que integra dados de outras redes e fornece uma base de dados de descargas atmosféricas mais precisa. A BrasilDAT Dataset integra e consolida dados de três diferentes redes de detecção de descargas atmosféricas: Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT), Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT) e Rede Mundial (World Wide Lightning Location Network – WWLLN), totalizando mais de 110 sensores instalados no país em todas as regiões. A integração dos dados das três redes a partir de critérios específicos permite obterem-se dados mais precisos sobre a ocorrência das descargas atmosféricas, visto que nenhuma rede detecta todas as descargas que ocorrem. A metodologia desenvolvida neste trabalho consiste numa análise, para um determinado período, das ocorrências de desligamentos de uma linha de transmissão buscando verificar uma possível relação causal entre os desligamentos e a ocorrência de descargas atmosféricas. A relação causal é feita considerando alguns critérios: (1) são consideradas as descargas que possam ter atingido as linhas, levando-se em conta uma dada incerteza de localização das mesmas; (2) são consideradas as descargas que tenham ocorrido num intervalo de +/- um minuto do horário do desligamento; (3) são consideradas as descargas que ocorreram numa distância máxima de 20 km da localização dos desligamentos obtidas pelos algoritmos dos relés de proteção/localizadores de faltas ou ferramentas específicas de localização de faltas. Determinadas as descargas, avalia-se o desempenho do sistema de aterramento considerando os diferentes números de descargas e os valores de pico de corrente das descargas. Dados de precipitação e de queimadas são avaliados, visto que os mesmos podem influenciar na degradação da isolação das cadeias de isoladores. A metodologia foi aplicada para três linhas de transmissão pertencentes à Empresa Brasileira de Transmissão de Energia (EBTE) no estado do Mato Grosso durante o período de 2012 a 2017: Brasnorte - Juba (C1 e C2) – BN-JB, Brasnorte – Juína (C1 e C2) – BN-JI e Brasnorte – Parecis (C1 e C2) – BN-PI. Durante este período foram observados 108 desligamentos nas linhas BN-JB, BN-JI e BN-PI, dos quais 87 (81%) foram associados com descargas atmosféricas e 5 (5%) com queimadas, sendo os demais 14% devido a outras causas não determinadas. Os resultados obtidos permitiram determinar os locais onde uma avaliação das condições de aterramento das linhas deve ser priorizada, o que permite melhorar o desempenho das linhas frente às descargas atmosféricas com um menor custo associado.

PALAVRAS-CHAVE

Linhas de transmissão, Descargas atmosféricas, Aterramento, Nova metodologia de avaliação.

1.0 - INTRODUÇÃO

O Brasil, por sua posição geográfica, é um país de grande incidência de descargas atmosféricas. Na última década foi registrada uma média anual de 70 milhões de descargas nuvem-solo. Elas são responsáveis por mais de 70% dos desligamentos das linhas de transmissão, a maior parte do tipo transitório. Contudo, uma parcela dos desligamentos pode ser de natureza permanente, associados, por exemplo, a ruptura de um cabo fase, implicando em maiores danos as empresas de energia elétrica e inconvenientes à sociedade.

No Brasil, o monitoramento das descargas atmosféricas teve início em 1988 no estado de Minas Gerais [1]. Ao longo dos anos, a área de cobertura do monitoramento foi se estendendo e o número de redes de detecção foi aumentando. Desde 2012, com a combinação de dados de diversas redes, todas as regiões passaram a ser monitoradas. Contudo, as diferentes características técnicas das redes fazem com que as informações tenham diferentes níveis de confiabilidade em diferentes regiões, o que muitas vezes impede que sejam feitos estudos onde se exige uma maior precisão nas informações. De modo a obterem-se dados mais precisos, o Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desenvolveu uma metodologia de integração dos dados de três redes individuais de modo a obter uma base de dados mais confiável: Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT), Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT) e Rede Mundial (World Wide Lightning Location Network – WWLLN), totalizando mais de 110 sensores instalados no país em todas as regiões [2]. Tal base de dados foi denominada BrasilDAT Dataset e possui dados desde o início de 2012 para todo o país. As Figuras 1 e 2 mostram a eficiência de detecção e a precisão de localização (elipse de incerteza de 50%) da BrasilDAT Dataset obtidas a partir de modelos e observações independentes.

BrasilDAT_{Dataset} - Eficiência de Detecção

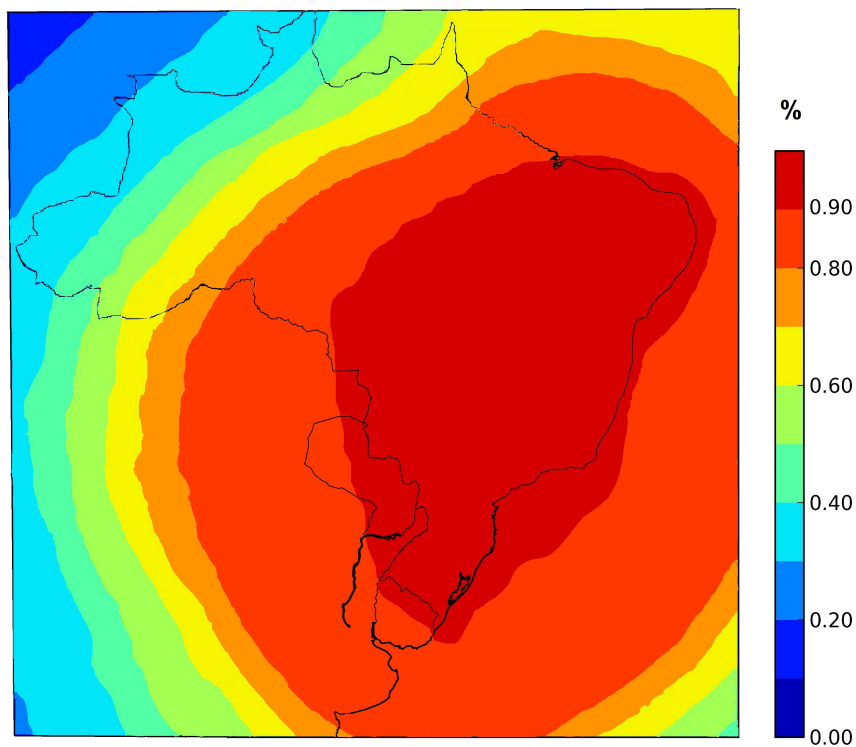


FIGURA 1 – Eficiência de detecção da rede BrasilDAT Dataset.

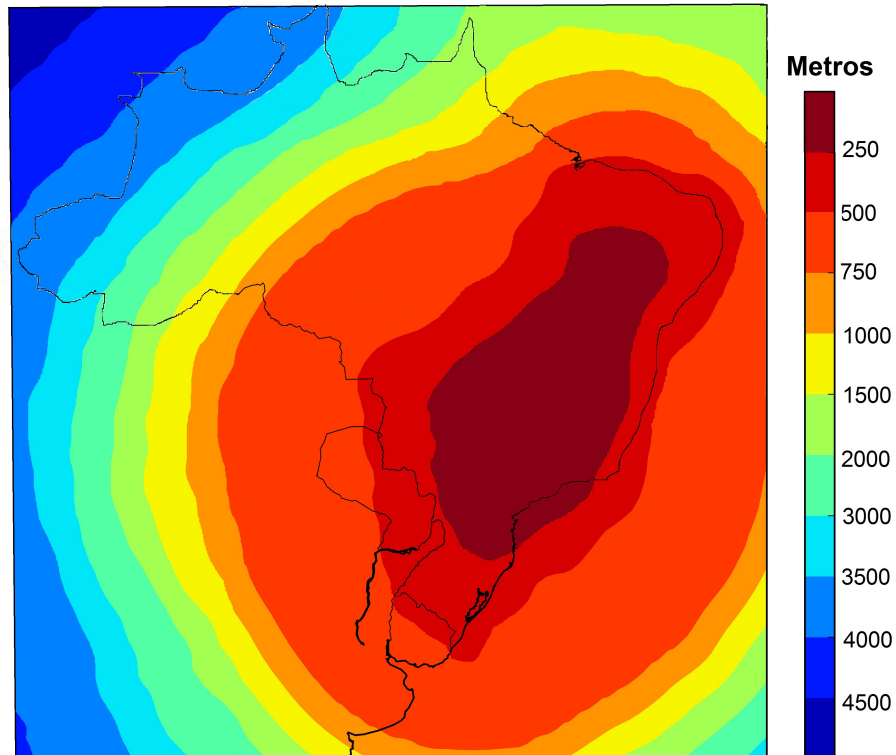
BrasilDAT Dataset - Precisão de Localização

FIGURA 2 – Precisão de localização das descargas nuvem-solo da rede BrasilDAT Dataset..

Neste trabalho é apresentado um resumo de uma nova metodologia para avaliação do aterramento das linhas de transmissão a partir de seu desempenho frente às descargas atmosféricas. Dados ambientais que possam ter efeito sobre o isolamento das linhas tais como dados de chuvas e de queimadas são avaliados. A metodologia é aplicada aos dados de desligamentos das três linhas de transmissão no estado do Mato Grosso pertencentes à Empresa Brasileira de Transmissão de Energia (EBTE) durante o período de 2012 a 2017: Brasnorte - Juba (C1 e C2) – BN-JB, Brasnorte – Juína (C1 e C2) – BN-JI e Brasnorte – Parecis (C1 e C2) – BN-PI durante o período de 2012 a 2017. A Figura 3 mostra um mapa com a localização das linhas no estado do Mato Grosso e de um buffer de 20 km segmentado em intervalos ao redor das linhas, utilizado nas análises.

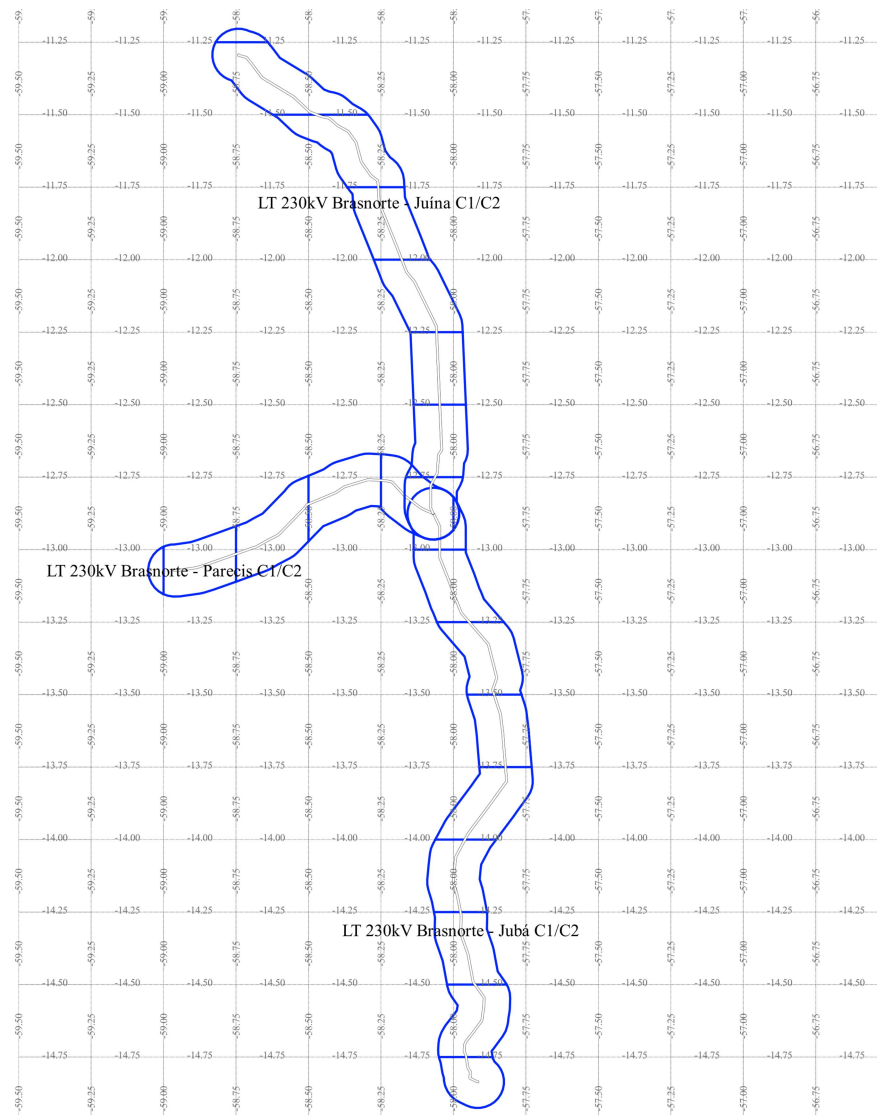


FIGURA 3 – Linhas de transmissão analisadas neste artigo.

2.0 - DESENVOLVIMENTO DA NOVA METODOLOGIA

Durante o período de 2012 a 2017 foram observados 108 desligamentos nas linhas BN-JB, BN-JI e BN-PI, dos quais 87 (81%) foram associados com descargas atmosféricas e 5 (5%) com queimadas, sendo os demais 14% devido a outras causas não determinadas (Figura 4). A relação causal dos desligamentos com as descargas atmosféricas foi feita considerando os seguintes critérios: (1) são consideradas as descargas que possam ter atingido as linhas, levando-se em conta uma as elipses de 99% de incerteza na localização das mesmas; (2) são consideradas as descargas que tenham ocorrido num intervalo de +/- um minuto do horário do desligamento; (3) são consideradas as descargas que ocorrerem numa distância máxima de 20 km da localização dos desligamentos obtidas pelos algoritmos dos relés de proteção/localizadores de faltas ou ferramentas específicas de localização de faltas. Já no caso das queimadas foi considerada a existência de uma queimada num intervalo de +/- um minuto do horário do desligamento numa distância de até 20 km da linha.

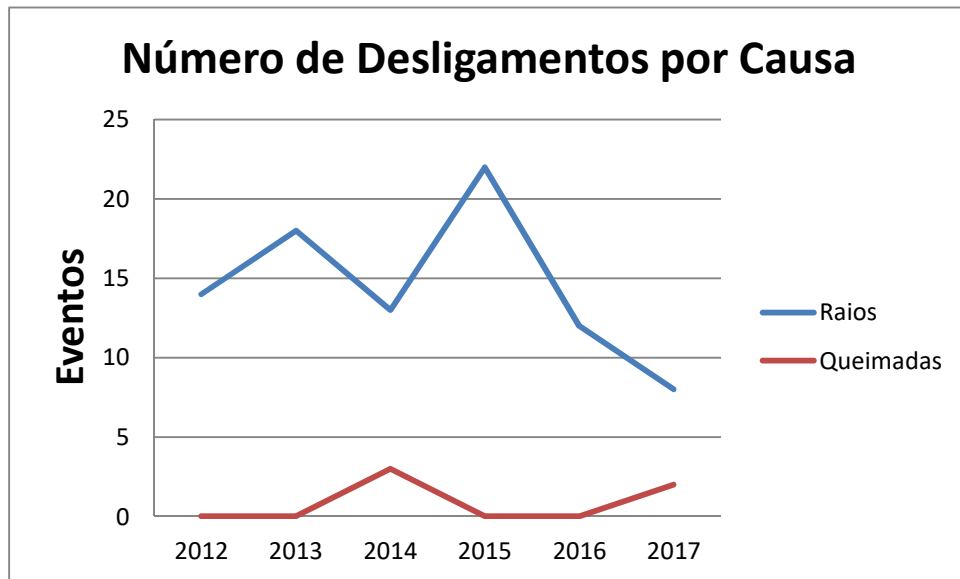


FIGURA 4 – Causas dos desligamentos verificadas.

As Figuras 5 e 6 mostram que a variação anual dos desligamentos segue de forma aproximada o padrão das descargas atmosféricas, consideradas todas as descargas cujas elipses de incerteza de 99% interceptam as linhas no período de estudo, não tendo relação com o padrão de variação anual das queimadas nem das chuvas. Isto significa que a metodologia de avaliação do aterramento das linhas não necessita considerar estes aspectos ambientais. No caso da precipitação e queimadas foi considerado valores correspondentes a distância de até 20 km das linhas.

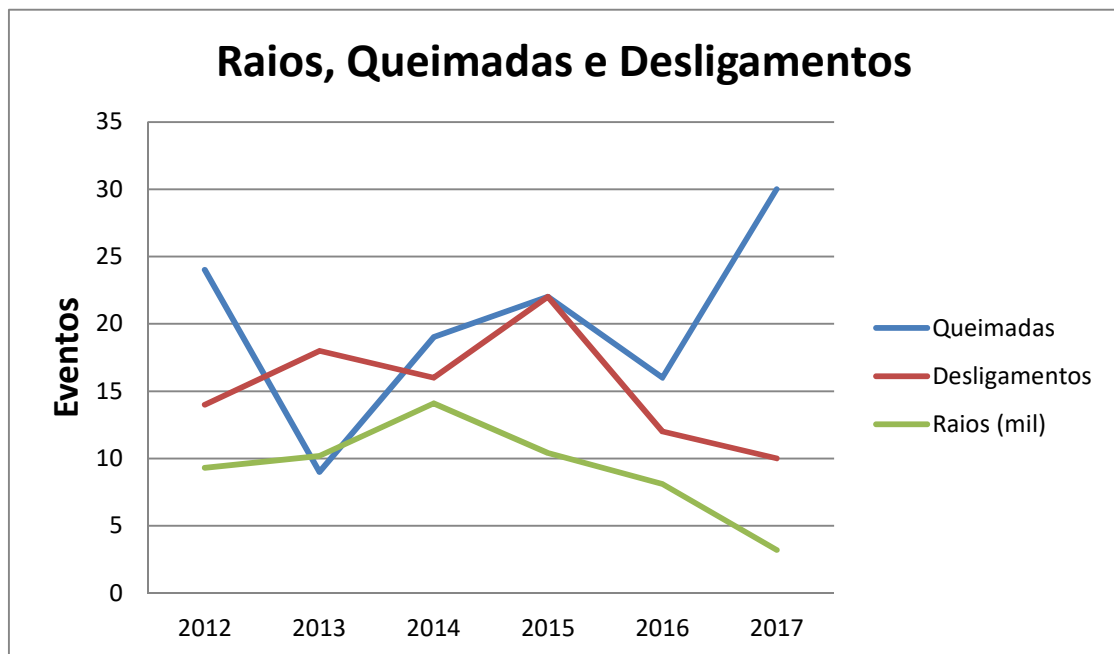


FIGURA 5 – Distribuição climatológica (2012-2017) mensal do número de descargas atmosféricas (raios) cujas elipses de 99% interceptam as linhas, de queimadas numa distância de até 20 km das linhas e de desligamentos.

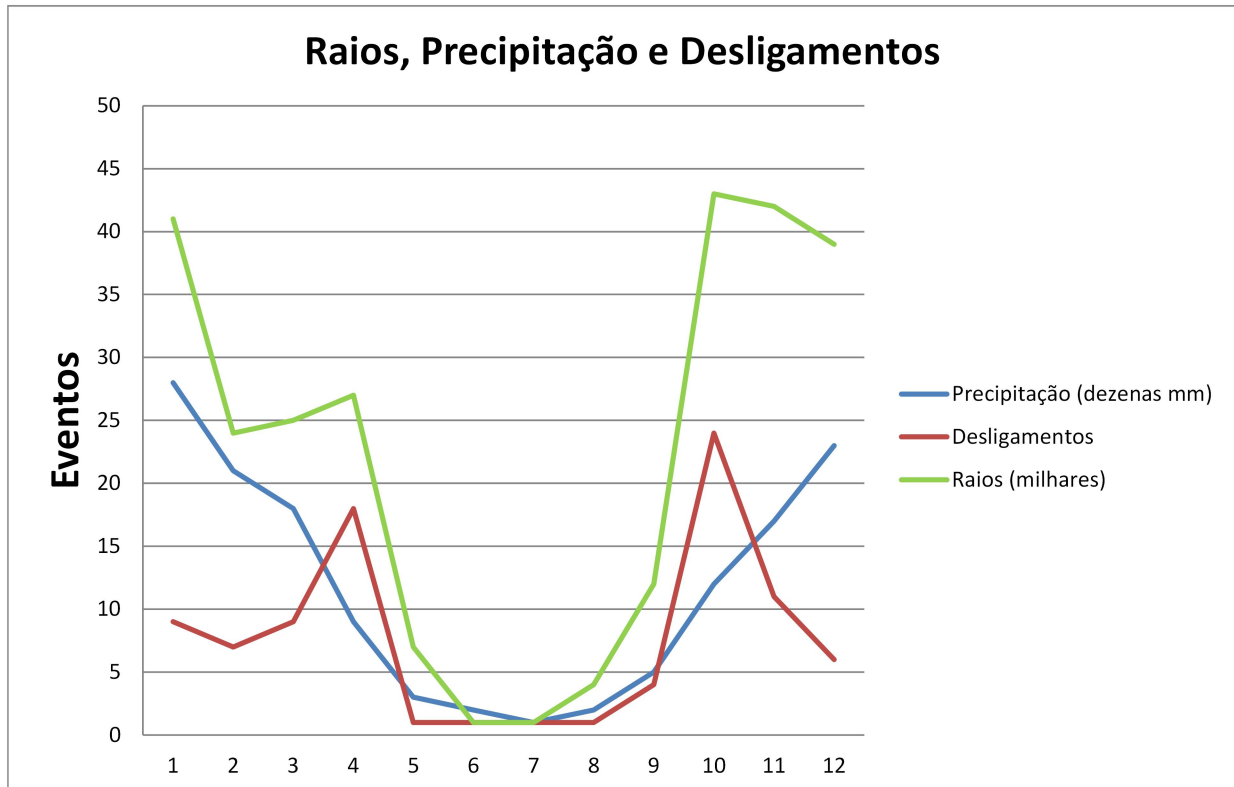


FIGURA 6 – Distribuição climatológica (2012-2017) mensal do número de descargas atmosféricas (raios) cujas elipses de 99% interceptam as linhas, de precipitação (chuvas) numa distância de até 20 km das linhas e de desligamentos.

3.0 - RESULTADOS

A Figura 7 mostra o pico de corrente médio das descargas atmosféricas cujas elipses de 99% interceptam as linhas em intervalos de linha para todo o período de análise. Observa-se que os valores sofrem pequenas variações entre 28,5 kA e 32 kA. A Figura 8 mostra que não há relação entre as duas grandezas.

A Figura 9 mostra um histograma do pico de corrente para as descargas associadas aos desligamentos e para todas as descargas cujas elipses de 99% interceptam as linhas no período de 2012 a 2017. Enquanto que o pico de corrente médio de todas as descargas é 30 kA, o pico de corrente médio das descargas associadas aos desligamentos é 63 kA, ou seja, as descargas que causam desligamentos em média possuem picos de corrente maior, o que em princípio deveria ser esperado. Porém, observa-se desligamentos para picos de corrente abaixo de 20 kA. Tais eventos podem estar associados a descargas mais longas ou ao efeito cumulativo de descargas anteriores.

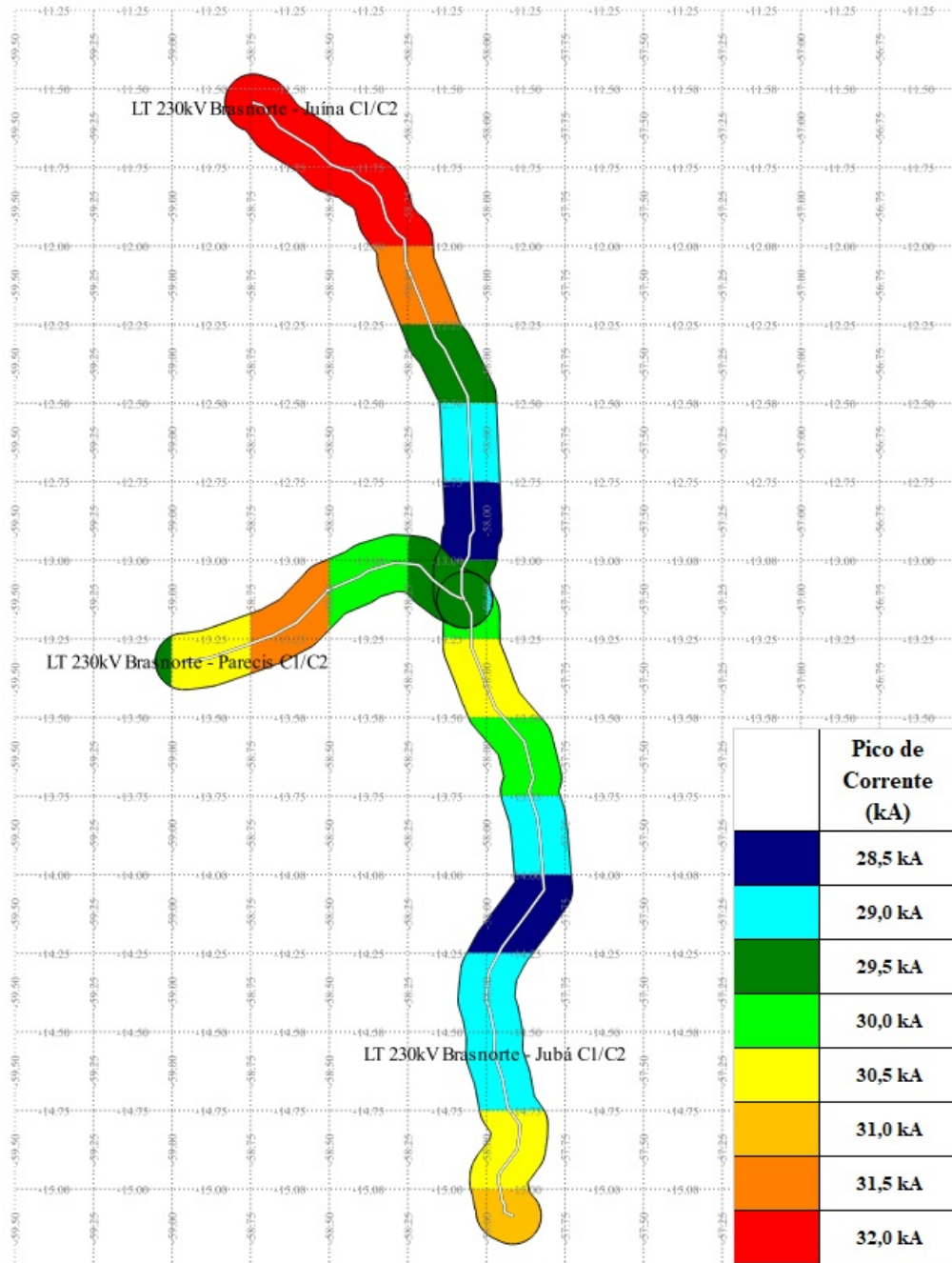


FIGURA 7 – Variação do pico de corrente médio ao longo das linhas considerando todas as descargas atmosféricas cujas elipses de 99% interceptam as linhas no período de 2012 a 2017.

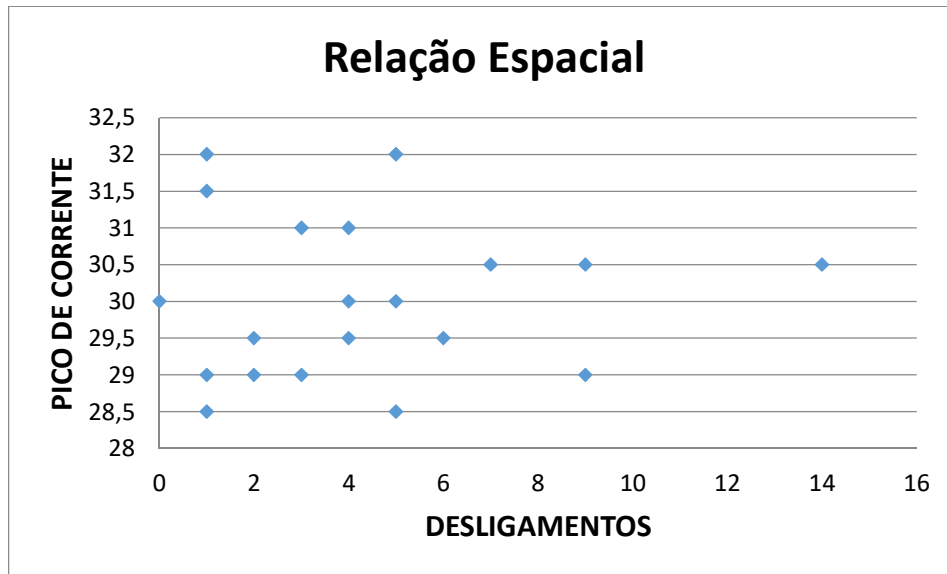


FIGURA 8 – Relação entre os picos de corrente médios mostrados na Figura 7 e número de desligamentos nos mesmos intervalos das linhas.

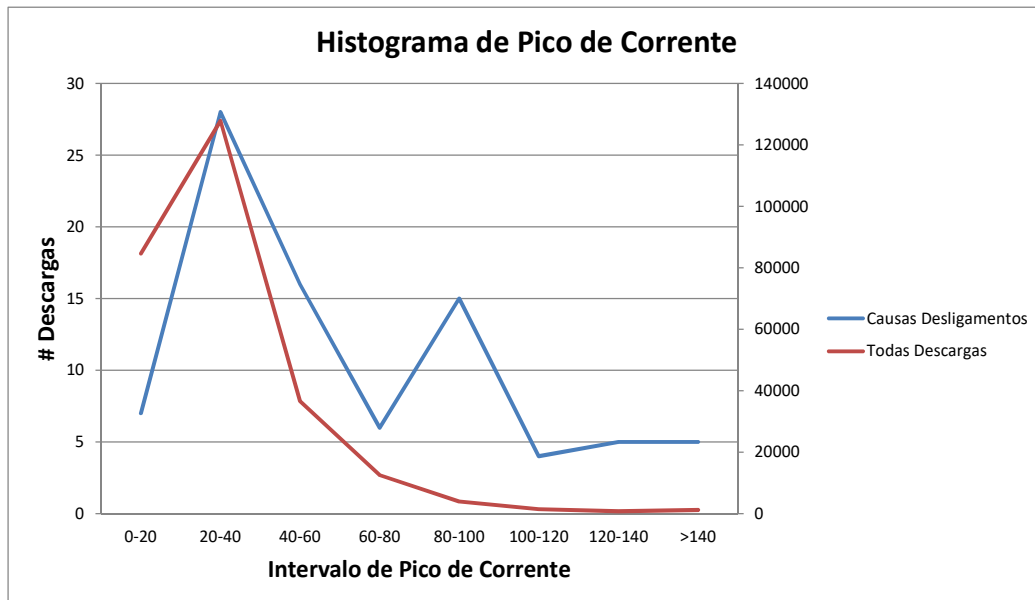


FIGURA 9 – Histograma do pico de corrente para as descargas associadas aos desligamentos e para todas as descargas cujas elipses de 99% interceptam as linhas no período de estudo.

A Figura 10 mostra a relação entre o número de descargas atmosféricas cujas elipses de 99% interceptam as linhas em intervalos de linha para todo o período de análise e o número de desligamentos para os mesmos intervalos. Diferentemente da Figura 8, observa-se que há uma relação linear entre as duas grandezas exceto para dois pontos indicados na Figura pelas letras “A” e “B”.

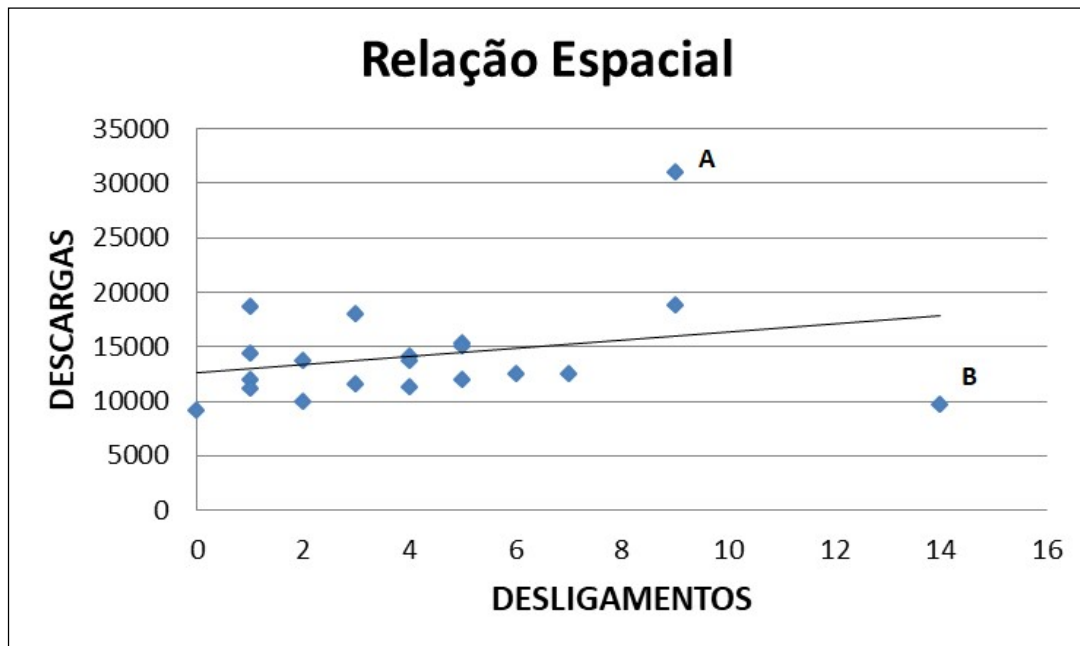


FIGURA 10 – Relação entre o número de descargas cujas elipses de 99% interceptam as linhas em intervalos de linha para todo o período de análise e o número de desligamentos nos mesmos intervalos das linhas.

O ponto “A” corresponde a um local na linha onde o número de desligamentos está muito abaixo do esperado para o número de descargas que ocorrem, enquanto que o ponto “B” corresponde a um local na linha onde o número de desligamentos está muito acima do esperado para as descargas que ocorrem. A Figura 11 mostra os locais dos pontos “A” e “B”. O ponto “A” corresponde a um local onde o desempenho da linha frente as descargas atmosféricas está bom, enquanto que o ponto “B” corresponde a um local onde o desempenho da linha frente as descargas atmosféricas não é satisfatório e requer uma atuação no seu sistema de aterramento.

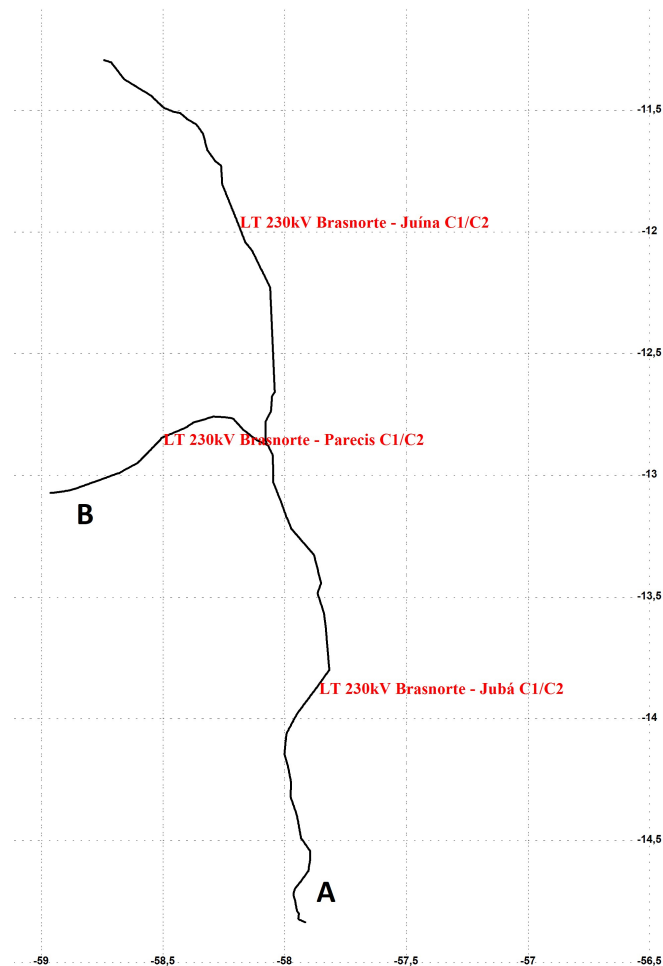


FIGURA 11– Localização dos pontos “A” e “B” mencionados na Figura 10.

4.0 - CONCLUSÃO

Neste trabalho é descrito o desenvolvimento e aplicação de uma nova metodologia para análise do desempenho de linhas de transmissão frente a descargas atmosféricas. A metodologia tem como finalidade a avaliação do desempenho do sistema de aterramento de uma linha de transmissão frente a descargas atmosféricas, utilizando como princípio determinístico a frequência de ocorrência e intensidade das descargas e as condições ambientais. São utilizados dados de descargas atmosféricas obtidos da BrasilDAT Dataset e de ocorrências de desligamentos de três linhas de transmissão buscando verificar uma possível relação causal entre os desligamentos e a ocorrência de descargas atmosféricas. A relação causal é feita considerando alguns critérios: (1) são consideradas as descargas que possam ter atingido as linhas, levando-se em conta uma dada incerteza de localização das mesmas; (2) são consideradas as descargas que tenham ocorrido num intervalo de +/- um minuto do horário do desligamento; (3) são consideradas as descargas que ocorreram numa distância máxima de 20 km da localização dos desligamentos obtidas pelos algoritmos dos relés de proteção/localizadores de faltas ou ferramentas específicas de localização de faltas. Determinadas as descargas, avalia-se o desempenho do sistema de aterramento considerando os diferentes números de descargas e os valores de pico de corrente das descargas. Dados de precipitação e de queimadas são avaliados, visto que os mesmos podem influenciar na degradação da isolação das cadeias de isoladores. A metodologia foi aplicada para três linhas de transmissão pertencentes à Empresa Brasileira de Transmissão de Energia (EBTE) no estado do Mato Grosso durante o período de 2012 a 2017: Brasnorte - Juba (C1 e C2) – BN-JB, Brasnorte – Juína (C1 e C2) – BN-JI e Brasnorte – Parecis (C1 e C2) – BN-PI. Durante este período foram observados 108 desligamentos nas linhas BN-JB, BN-JI e BN-PI, dos quais 87 (81%) foram associados com descargas atmosféricas e 5 (5%) com queimadas, sendo os demais 14% devido a outras causas não determinadas.

A análise mostra que dados de pico de corrente das descargas associadas aos desligamentos, embora em média sejam superiores a todas as descargas na região, não permitem inferir as condições e aterramento das linhas. Dados de precipitação e queimadas parecem também não ser relevantes na análise. Apenas os dados de ocorrência de descargas devem ser considerados e que estes permitem determinar pontos críticos onde o

desempenho das linhas não é satisfatório. Tal resultado é relevante no intuito de melhorar o desempenho das linhas, sem aumento nos custos de manutenção.

5.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) O. Pinto Jr. Lightning in the tropics, Nova Publishers, 2009.

(2) O. Pinto Jr., Pinto, I.R.C.A., BrasilDAT Dataset: combining data from different lightning locating systems to obtain more precise lightning information, 25th Proceedings of the International Lightning Detection Conference (ILDC), Florida, US, March 2015.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Osmar Pinto Junior

Nascido em Porto Alegre, RS, em 01 de setembro de 1954.

Graduado em Engenharia Elétrica (1977), Doutor em Geofísica Espacial (1984) e Pós-doutorado em Eletricidade Atmosférica (1987).

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Coordenador do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT).