



**XX SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
XXX.YY  
22 a 25 Novembro de 2009  
Recife - PE

**GRUPO X**

**GRUPO DE ESTUDOS DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GDS**

**NOVA METODOLOGIA PARA CÁLCULO DOS VALORES DE DENSIDADE DE DESCARGAS NUVEM-SOLO E USO DE VALORES DE ELEVAÇÃO DE TERRENO EM TODO O BRASIL PARA SUPORTE AOS ESTUDOS DE DESEMPENHO DE INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Osmar Pinto Jr.(\*) e Kleber Pinheiro Naccarato  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE**

**Carlos Campinho  
Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS**

**RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo apresentar o sistema denominado Sistema de Informações sobre Descargas Atmosféricas – SINDESA desenvolvido para gerar informações que possibilitem substituir o nível cerâmico pela densidade média de descargas atmosféricas nas análises de desempenho das instalações. O SINDESA permite também correlacionar informações de densidade de descargas atmosféricas, relevo, solo, hidrologia, e informações da localização das instalações de transmissão. Com isso, é possível criar gráficos que mostram as variações da incidência de descargas atmosféricas e de relevo ao longo de uma linha de transmissão existente ou planejada.

**PALAVRAS-CHAVE**

Descargas atmosféricas, desempenho de instalações de transmissão, relevo, metodologia, índice cerâmico

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Este projeto prevê o desenvolvimento do Sistema de Informações Sobre Descargas Atmosféricas (SINDESA) o qual, de forma genérica, fará a integração e gerenciamento dos dados de densidade de descargas nuvem-solo, elevação de terreno, tipo de solo, hidrografia, divisas estaduais e regionais do Brasil, permitindo assim uma análise mais abrangente do desempenho de linhas de transmissão e demais instalações. Em outras palavras, a idéia é integrar todos os dados cartográficos de tal forma que, dado o traçado de uma linha, se saiba ao longo do seu trajeto quais os valores de densidade de raios, elevação do terreno e tipos de solos encontrados, além de identificar também cruzamentos com rios, lagos, lagoas e mudanças de município e estado. O sistema SINDESA será desenvolvido em Delphi.NET o qual utiliza um componente SIG próprio para a criação da interface de integração dos dados geográficos, exportando os mapas (e eventualmente os resultados das análises) para o Sistema de Informações Geográficas Cadastrais do SIN (SINDAT), o qual utiliza a plataforma MapGuide, via Internet.

Os seguintes dados devem ser informados ao sistema para a realização da análise: coordenadas geográficas de linhas de transmissão, subestações, usinas e/ou estações conversoras, os quais serão inseridos manualmente, ou, eventualmente, consultados na BDT. As coordenadas geográficas dos respectivos objetos SIG (Sistema de Informação Geográfica) associados serão gerenciados pelo sistema SINDESA a partir de uma base de dados própria implantada na BDT. A inclusão ou atualização das informações geográficas será feita através de um módulo específico, dentro do SINDESA, através de uma das três formas: digitação manual das coordenadas geométricas (preenchimento de formulário); leitura de um arquivo em texto formatado; importação de uma planilha de dados no formato Excel.

De posse dos dados das instalações elétricas, a análise de desempenho desses elementos usará uma base de dados de variáveis ambientais e descargas atmosféricas para comparação e avaliação. Essa base de dados fixa conterá: hidrografia, corpos de água, rodovias, classificação do solo, modelo digital de elevação de terreno, densidade de descargas atmosféricas.

Realizadas as análises e simulações, a visualização dos resultados será apresentada de três formas: planilha de dados, gráficos da variação espacial dos dados, visualização integrada dos resultados na forma de mapa. Todos esses recursos terão opção para impressão e/ou exportação em três formatos: planilha de dados no formato Excel, imagem dos gráficos, objetos SIG no formato ShapeFile (SHP), imagens GeoTIFF (basicamente dos mapas de densidade de raios e elevação do terreno) para importação no sistema SINDAT (MapGuide) atualmente em execução do ONS.

## 2.0 - BASE DE DADOS E RESULTADOS

### 2.1 BRASILDAT

A Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDat) é composta de 47 sensores operando nas faixas de VLF e LF do tipo LPATS e IMPACT, instalados em 12 estados brasileiros: RS, SC, PR, SP, MS, RJ, ES, MG, GO, TO, MA e PA, conforme mostrado na Figura 1.

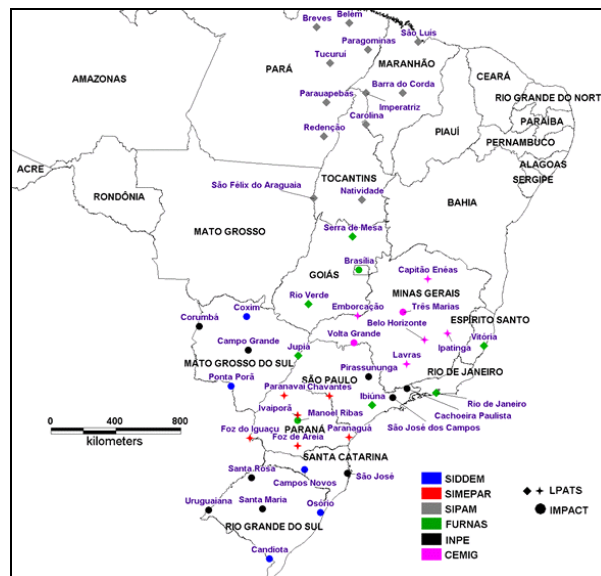


FIGURA 1 – Localização dos sensores da BrasilDAT.

Devido a utilização de diferentes sensores a as alterações da configuração da rede ao longo dos últimos 10 anos, os dados da BrasilDat necessitam ser corrigidos por um modelo de eficiência de detecção (MED) de modo a se obter dados confiáveis de densidade de descargas. As Figuras 3 e 4 mostram mapas de densidade obtidos a partir dos dados da BrasilDat para o período de setembro de 2006 a setembro de 2007 sem e com correção pelo MED desenvolvido pelo INPE, respectivamente. Pode-se ver que em praticamente todas as regiões cobertas pela rede as correções são significativas.

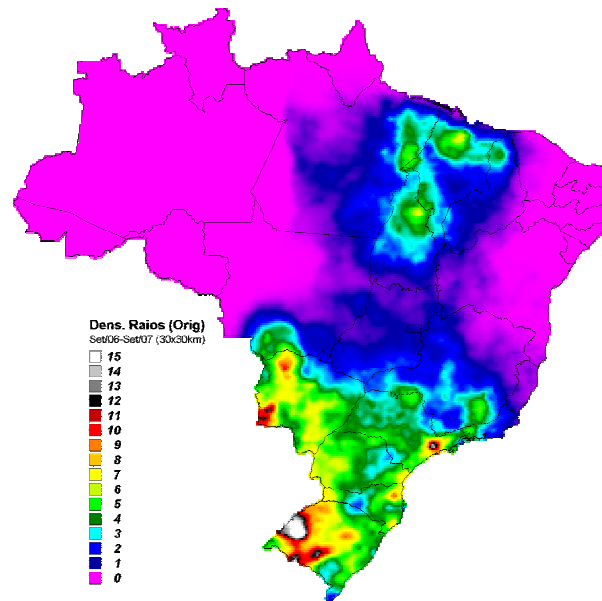


FIGURA 2 – Mapa de densidade de descargas para o período de set./2006 a set./2007 obtido pela BrasilDat sem correções pelo MED.

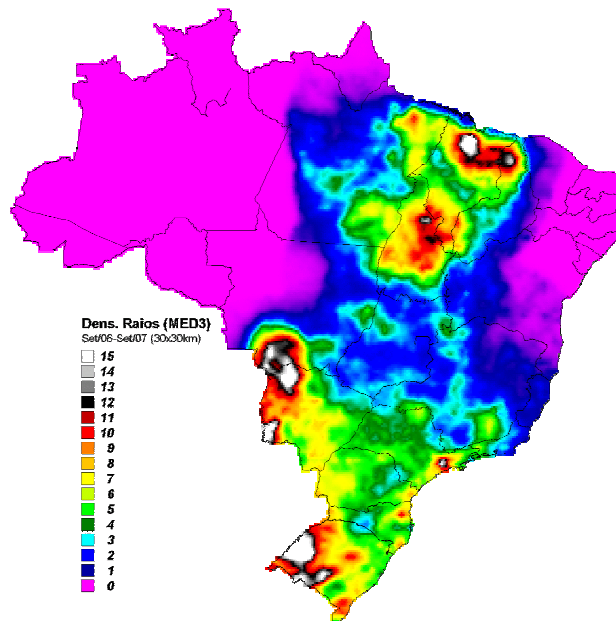


FIGURA 3 – Mapa de densidade de descargas para o período de set./2006 a set./2007 obtido pela BrasilDat com correções pelo MED.

Como pode ser visto nas Figuras 3 e 4, a BrasilDat não cobre integralmente o país o que levou a necessidade de se utilizar dados de satélite.

## TRADUZIR

### 2.2 LIS (TRMM Satellite)

Diferentemente da BrasilDat, o sensor LIS (Lightning Imaging Sensor) a bordo do satélite TRMM cobre integralmente o país. Entretanto, o LIS possui limitações devido a baixa e não uniforme cobertura temporal e a dependência da eficiência de detecção sobre a hora local. Além disso, o sensor não discrimina descargas nuvem-

solo de descargas intranuvem, o que leva a necessidade de comparação de eventos individuais para se obter a razão entre estes dois tipos de descargas (Pinto et al., 2003).

Figura 4 mostra um mapa de densidade obtido da sobreposição de dados da BrasilDat e do LIS levando em conta as correções acima mencionadas.

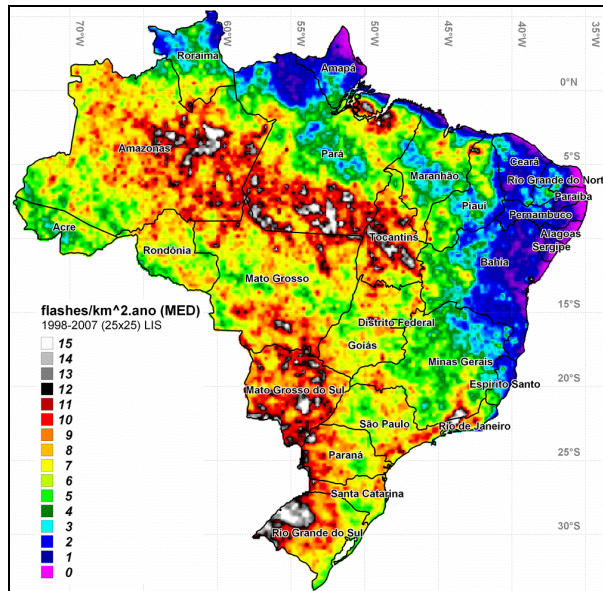


FIGURA 4 – Mapa de densidade preliminar obtido de dados da BrasilDat e do LIS para uma resolução espacial de 25 km x 25 km.

### 3.0 - RESULTADOS

O último produto previsto no projeto corresponde a um aplicativo computacional cujo principal objetivo é integrar todos os dados geográficos desenvolvidos e/ou obtidos nas etapas anteriores do projeto (descargas atmosféricas, elevação do terreno, hidrografia, mapas, etc), permitindo ao usuário final realizar as análises comparativas de interesse em uma única interface.

De uma forma geral, esse aplicativo computacional deve permitir consultas, visualização de mapas, geração de gráficos e correlações com as linhas de transmissão do sistema elétrico brasileiro. Sendo assim, os principais recursos são:

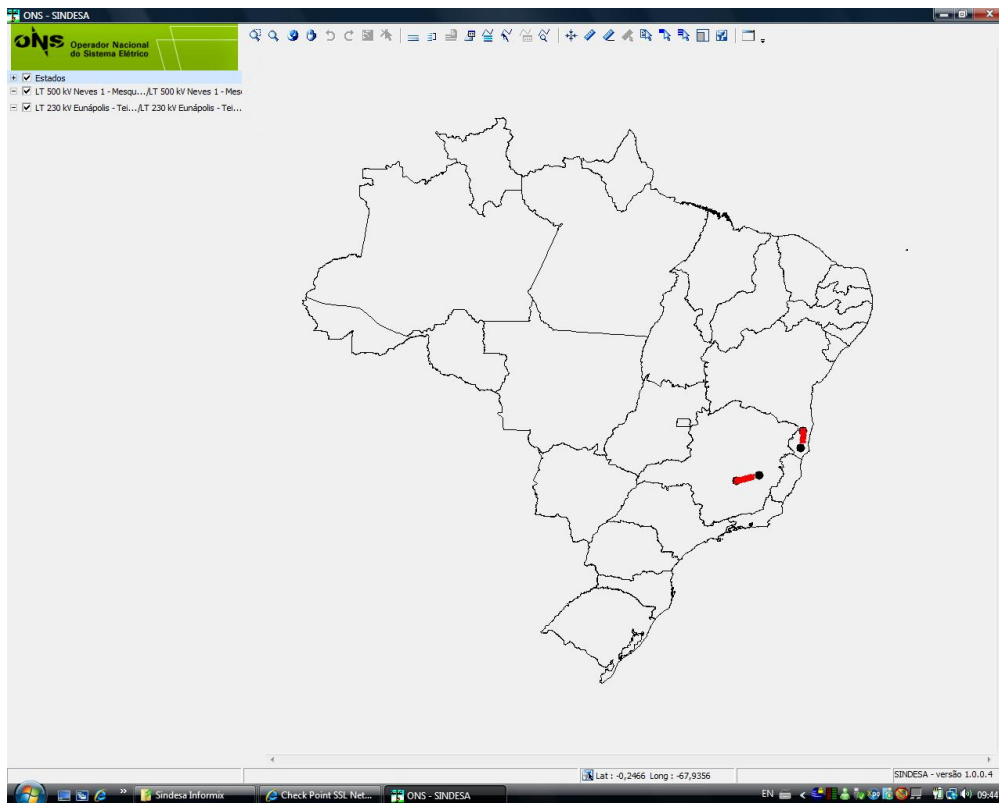
- Possibilidade de inserção de um ou mais pontos de análise sobre um mapa do Brasil, por meio das coordenadas geográficas;
- Possibilidade de inserção dos traçados das linhas de transmissão no aplicativo computacional pela introdução das coordenadas georreferenciadas das torres, salvas pelo aplicativo em diretório de banco de dados Informix-IBM;
- Função indicadora de densidade de descargas atmosféricas de um ou mais pontos de análise. Na seleção de mais de um ponto o aplicativo informará os valores de densidade mínima, máxima e média da região abrangida pelos pontos;
- Função indicadora de elevação do solo aos moldes da função indicadora de densidade de raios;
- Geração de gráficos que possibilitem avaliar o perfil de densidade de raios e a variação de altitude ao longo de um traçado definido pelos pontos de análise, além de informações relativas aos tipos de solo;
- Geração de mapas de densidades de descargas atmosféricas por região e global do Brasil, e por períodos anuais e mensais.
- Recursos de impressão e geração de arquivos em formato PDF com os resultados apurados.

Em termos de desenvolvimento da ferramenta computacional, está contará com os seguintes requisitos e especificações técnicas:

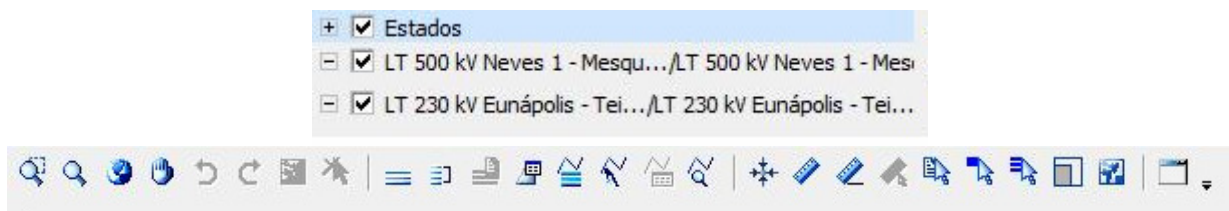
- Sistema Modular: Novos módulos podem ser desenvolvidos e integrados ao ambiente, facilitando a implantação de novas tecnologias e modelos para correlação com dados de descargas atmosféricas;
- Integração com Banco de Dados com ou sem Características GIS: Inclui MySQL, Informix, VMS e outros sistemas mais antigos
- Diversificação no Armazenamento e Recuperação em Sistemas de Banco de Dados: Oracle, PostgreSQL, MSAccess, PostgreGIS, Oracle Spatial, etc

- Gestão das Informações Geográficas (GIS): Os dados geográficos podem estar em vários formatos, o que possibilita o total aproveitamento dos dados já existentes;
- Ambiente para Tomada de Decisões: Fornece aos usuários (gerentes, supervisores, operadores) informações objetivas e diretas para tomada de decisões ou para análises mais criteriosas onde o cruzamento das informações seja imprescindível;
- Ferramenta de Desenvolvimento: Borland Delphi 2005 .NET
- Compatibilidade com Sistema Operacional: Windows 2000, XP, Vista (Plataforma .NET)
- Acesso a Banco de Dados: IBM Informix 10.0, PostgreSQL
- Conexões Externas: Utilização de protocolo seguro, via SSL (Secure Service Layer)
- Ambiente GIS: Compatível com dados geográficos de diferentes padrões de mercado: DXF/DWG, MIF/MID, SHP, WFS/WMS

A Figura 5 apresenta o visual da tela inicial do aplicativo do sistema SINDESA contendo a lista de dados geográficos à esquerda (no exemplo, duas linhas de transmissão), uma barra de ferramentas na parte superior e o ambiente georreferenciado à direita.



(a)



(b)

FIGURA 5 – (a) Tela inicial do SINDESA e (b) detalhes da lista de dados geográficos e da barra de ferramentas.

#### 4.0 - CONCLUSÃO

O SINDESA consiste em um sistema inovador que deverá contribuir de forma significativa para a análise de performance dos sistemas elétricos, em termos da utilização de informações de densidade de descargas e altitude.

#### 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Câmara, G., Davis, C. e Monteiro, A. M. V. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos. 344p. (INPE-10506-RPI/249), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.
- (2) Christian, H. J., Blakeslee, R. J., Goodman, S. J., Mach, D. A., Stewart, M. F., Buechler, D. E. e Koshak, W. J.; Hall, J. M.; Boeck, W. L.; Driscoll, K. T.; Boccippio, D. J. The Lightning Imaging Sensor, Proceedings of the 11st International Conference on Atmospheric Electricity, Guntersville, ICAE, p.746-749, 1999.
- (3) Christian, H. J. Optical detection of lightning from space, Proceedings of the 11st International Conference on Atmospheric Electricity, Guntersville, ICAE, p.715-718, 1999.
- (4) Christian, H. J., Blakeslee, R. J., Goodman, S. J., Mach, D. A., Stewart, M. F., Buechler, D. E., Koshak, W. J., Hall, J. M., Boeck, W. L., Driscoll, K. T. e Boccippio, D. J. Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the Optical Transient Detector, *J. Geophys. Res.*, v.108, D1, 4005, doi:10.1029/2002JD002347, 2003.
- (5) Gamache, M. Free and Low Cost Datasets for International Mountain Cartography, Proceedings of the ICC Workshop, 2004.
- (6) Dowden, R. L., Brundell, J. B., e Rodger, C. J. VLF lightning location by time of group arrival (TOGA) at multiple sites, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, v. 64, p.817-830, 2002.
- (7) Jacobson, A. R., Holzworth, R. H., Harlin, J., Dowden, R. L. e Lay, E. H. Performance assessment of the World Wide Lightning Location Network (WWLLN), using the Los Alamos Sferic Array (LASA) array as ground-truth, *J. Atmos. Oceanic Technology (AMS)*, v.23, p. 1082-92, 2006.
- (8) Jarvis, A., Rubiano, J., Nelson, A., Farrow, A. e Mulligan, M. Practical use of SRTM data in the tropics: comparisons with digital elevation models generated from cartographic data, Working Document no. 198. Cali, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT): 32, 2004.
- (9) Mach, D. M., Christian, H. J., Blakeslee, R. J., Boccippio, D. J., Goodman, S. J. e Boeck, W. L. Performance assessment of the Optical Transient Detector and Lightning Imaging Sensor, *J. Geophys. Res.*, v.112, D09210, doi:10.1029/2006JD007787, 2007.
- (10) Naccarato, K. P. Análise das características dos relâmpagos na região sudeste do Brasil, Tese de Doutorado, São José dos Campos. 362p. (INPE-14083-TDI/1069). 2006.
- (11) Pinto Jr. O., Faria, H. H. e Pinto, I. R. C. A. A comparative analysis of lightning data from lightning networks and LIS sensor in the North and Southeast of Brazil, *Geophys. Res. Lett.*, 30(2), p.1029-1032, 2003.
- (12) Pinto Jr. O.; Pinto, I. R. C. A. Tempestades e relâmpagos no Brasil, Ed. INPE, 2000.
- (13) Pinto Jr., O. A Arte da Guerra Contra os Raios, São Paulo: Oficina de Textos, 80p., 2005.
- (14) Rakov V. A. e Uman, M. A. Lightning: physics and effects, Cambridge: Cambridge University Press, 850p., 2003.
- (15) Rodger, C. J., Brundell, J. B. e Dowden, R. L. Location accuracy of VLF World Wide Lightning Location (WWLL) network: post-algorithm upgrade, *An. Geophysicae*, v23, p.277-290, 2005.
- (16) Rodger, C. J., Werner, S., Brundell, J. B., Lay, E. H., Thomson, N. R., Holzworth, R. H. e Dowden, R. L. Detection efficiency of the VLF World-Wide Lightning Location Network (WWLLN): Initial case study, *An. Geophysicae*, v.24, p.3197-3214, 2006.
- (17) Saba, M. M. F., Ballarotti, M. G. e Pinto Jr., O. Negative cloud-to-ground lightning properties from high-speed video observations, *J. Geophys. Res.*, 111, D03101, doi:10.1029/2005JD006415, 2006.
- (18) Valeriano, M. M. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos. 72p. INPE-10550-RPQ/756. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004.

#### 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).