



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

BR/GDS/01
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - X

GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – GDS

OBSERVAÇÕES DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NA REGIÃO NORTE DO PAÍS PELA REDE BRASILEIRA DE DETECÇÃO DE DESCARGAS BRASILDAT

**Osmar Pinto Junior (*)
Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE**

RESUMO

Este trabalho apresenta as observações de descargas atmosféricas feitas na região norte do Brasil pela Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT) operada pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e implantada em agosto de 2012. No início de outubro de 2012 a rede conta com 55 sensores instalados nas regiões sul, sudeste, centro-oeste e nordeste, sendo previstos até meados de 2013 ao menos mais 15 sensores, a maior parte na região nordeste. Esta rede diferencia-se das demais redes existentes, por operar numa faixa de frequência mais larga, o que têm permitido obter-se um desempenho bastante favorável em parte da região norte, apesar de a rede ainda não possuir sensores instalados na região. Detalhes técnicos da BrasilDAT, incluindo sua maior adequação para operar em condições ambientais típicas desta região, e exemplos de observações de descargas atmosféricas na região norte serão apresentados e discutidos. Comparações das observações com dados de satélite serão apresentadas, avaliando a adequação do uso da rede de detecção atual para diferentes aplicações no setor elétrico. Finalmente, um resumo das perspectivas futuras das observações da BrasilDAT na região norte serão apresentadas, incluindo o número de sensores que deveriam ser instalados nesta região para obter-se um ótimo desempenho para o setor elétrico.

PALAVRAS-CHAVE

Descargas atmosféricas, Descargas nuvem-solo, Descargas nuvem-nuvem, Tempestades Severas, Alertas

1.0 - INTRODUÇÃO

A disponibilidade de dados de descargas atmosféricas em tempo real e armazenados em base histórica para posteriores análises é de grande relevância para o desempenho do sistema elétrico, visto que as descargas atmosféricas são uma das principais causas de interrupções de energia não programadas do sistema elétrica. As instalações de transmissão de energia elétrica estão expostas às descargas atmosféricas e o desempenho destas instalações é dependente deste fenômeno meteorológico. Na região norte, tal relevância é mais acentuada devido às dificuldades logísticas associadas às florestas. Outro aspecto relevante é a construção nesta região do país de linhas de transmissão com elevadas torres que em alguns casos ultrapassam 150 metros, tais como a linha Tucuruí-Manaus, tornando-as mais expostas às descargas atmosféricas. No Brasil, dados não oficiais estimam que a maior parte dos desligamentos transitórios ou permanentes não programados é devida às descargas atmosféricas. O Brasil, por sua posição geográfica, é um país de grande incidência de descargas, com uma densidade média de cerca de 6-7 descargas por quilômetro quadrado por ano. Uma das regiões de maior incidência é a região norte do país, com valores de densidade que ultrapassam 20 descargas por quilômetro quadrado por ano em algumas localidades. Apesar deste fato, as observações existentes na região norte são bastante limitadas.

(*) Endereço Av. dos Astronautas, nº 1758 – CEP 12.227-010 São José dos Campos, SP – Brasil
Tel: (+55 12) 3208-6777 – Email: osmar@dge.inpe.br

Neste trabalho uma revisão minuciosa dos principais estudos já realizados contendo observações de descargas na região norte será feita mostrando que as observações existentes ou foram feitas restritas a pequenos períodos e apenas a partes da região norte, ou foram provenientes de satélite ou redes mundiais que, embora cobrissem toda a região norte, eram bastante limitadas em termos da resolução temporal e espacial ou em termos da eficiência de detecção, isto é, o número de descargas detectadas em relação às descargas existentes.

Finalmente, observações de descargas atmosféricas feitas na região norte do Brasil pela Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT) operada pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e implantada em agosto de 2012 são mostradas. Esta rede diferencia-se das demais redes existentes, por operar numa faixa de frequência mais larga, o que têm permitido obter-se um desempenho bastante favorável em parte da região norte, apesar de a rede ainda não possuir sensores instalados na região. Detalhes técnicos da BrasilDAT, incluindo sua maior adequação para operar em condições ambientais típicas desta região, e exemplos de observações de descargas atmosféricas na região norte serão apresentados e discutidos. Comparações das observações com dados de satélite serão apresentadas, avaliando a adequação do uso da rede de detecção atual para diferentes aplicações no setor elétrico. Finalmente, um resumo das perspectivas futuras das observações da BrasilDAT na região norte serão apresentadas, incluindo o número de sensores que deveriam ser instalados nesta região para obter-se um desempenho ótimo para o setor elétrico.

2.0 - OBSERVAÇÕES DE DESCARGAS NA REGIÃO NORTE FEITAS NO PASSADO

Observações de descargas feitas no passado na região norte ou foram feitas restritas a pequenos períodos e apenas a algumas partes da região, ou foram provenientes de satélite ou redes mundiais que, embora cobrissem toda a região norte, eram bastante limitadas em termos da resolução temporal e espacial. Nesta seção estas observações são revisadas.

2.1 Rede SIPAM

A rede de sensores operada pelo SIPAM começou a ser instalada em 2005 tendo operado de 2006 a 2008. A rede era formada por 12 sensores do tipo LPATS fabricados pela empresa Vaisala. O pequeno período de operação e a pequena área coberta em relação a região norte limitaram os resultados obtidos pela rede. Além disso, a operação da rede deixou claro algumas dificuldades operacionais que precisam ser consideradas na operação de uma rede de descargas na região norte relacionadas as dificuldades de acesso aos sensores.

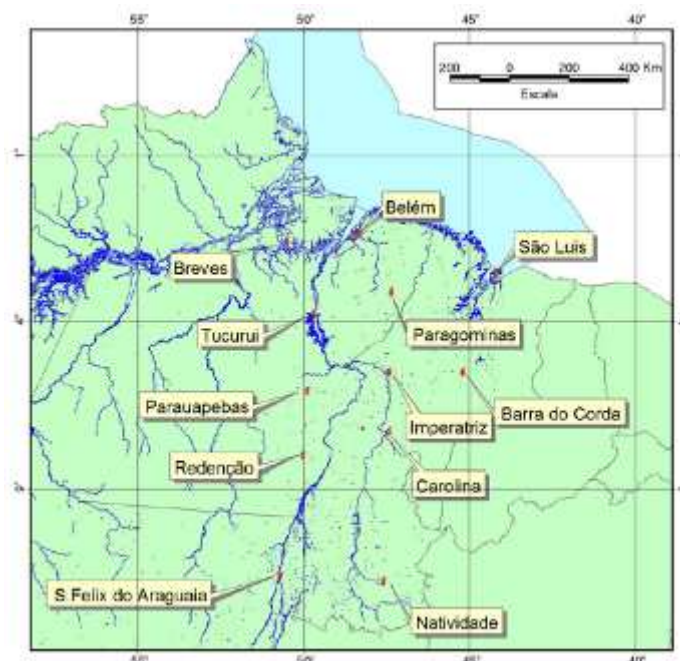


FIGURA 1 – Localização dos sensores da rede SIPAM.

2.2 Redes VLF

Redes VLF são redes que operam na faixa de dezenas a centenas de Hertz e detectam descargas atmosféricas a

partir da radiação refletida na ionosfera. A Figura 2 mostra como a radiação emitida pelas descargas atmosféricas se propaga na atmosfera, evidenciando os três modos de propagação: ao longo da superfície na faixa de LF, ideal para detecção de descargas nuvem-solo; direta em linha de visada na faixa de VHF, ideal para detecção de descargas nuvem-nuvem; e ao longo do guia de onda Terra-ionosfera, ideal para detecção de descargas intensas em áreas não cobertas com medidas nas outras faixas de frequência devido a sua menor eficiência de detecção e precisão de localização da descarga [1]. Tipicamente, redes em LF/VHF possuem eficiência de detecção e precisão de localização uma ordem de grandeza maior que redes em VLF.

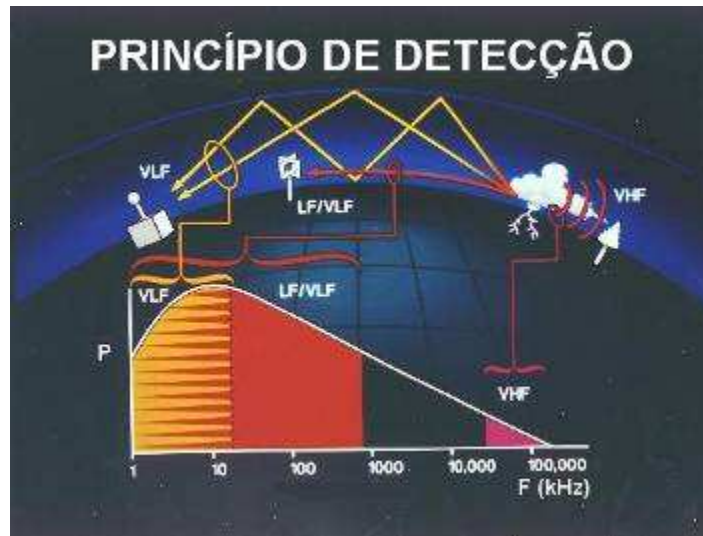


FIGURA 2 – Modos de propagação da radiação gerada por descargas atmosféricas na atmosfera.

Diversas redes em VLF operam no mundo, entre elas as que possuem sensores instalados na América do Sul são: WWLLN, Zeus/Starnet, GLD-360. Atualmente a rede com maior número de sensores e com melhor cobertura global e, em particular, da região norte é a rede WWLLN. Esta rede é operada pela Universidade de Washington, em parceria no Brasil com o ELAT.

2.3 Sensor a bordo de satélite

A Figura 3 ilustra o sensor LIS a bordo do satélite TRMM lançado em 1997 e sua visibilidade anual sobre o Brasil. Nota-se que devido a sua característica orbital não ser geoestacionária, a visibilidade sobre o Brasil é bastante baixa em particular sobre a região norte, o que limita as possíveis aplicações dos dados de descargas deste sensor a apenas mapas históricos de incidência limitados a 10 km de resolução. A Figura 4 mostra um mapa de incidência de descargas para esta resolução para a região norte.

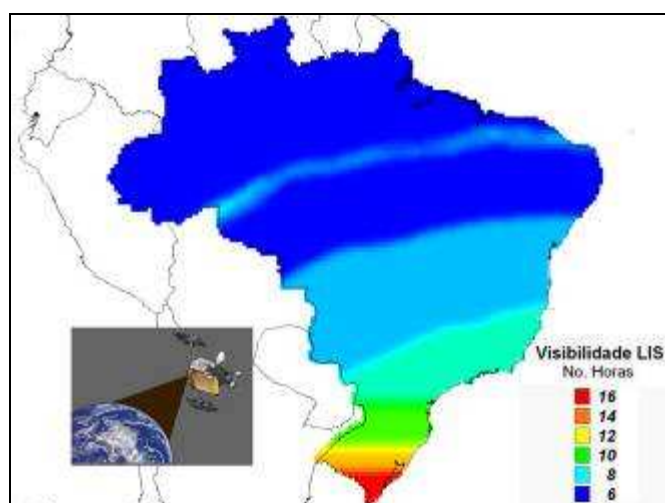


FIGURA 3 – Ilustração do sensor LIS a bordo de satélite e sua visibilidade anual sobre o Brasil.

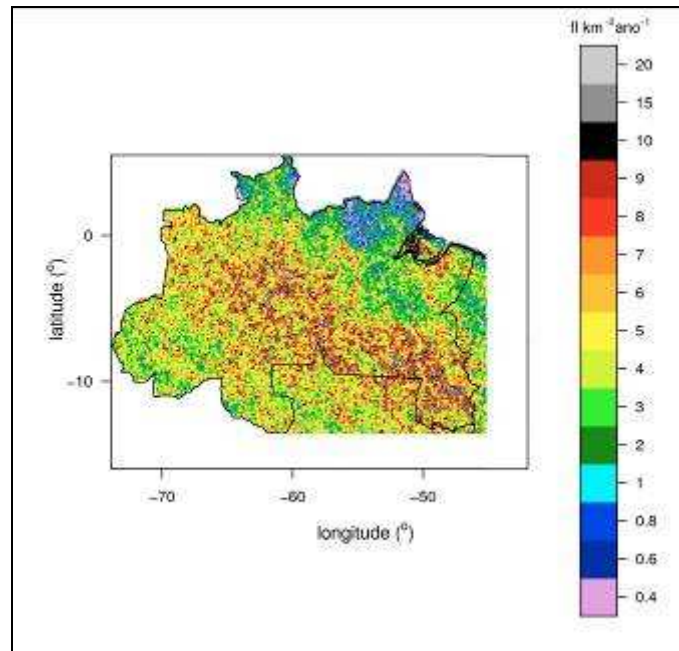


FIGURA 4 – Mapa de incidência de descargas na região norte obtido a partir de dados do sensor LIS.

3.0 - REDE BRASILDAT

A Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT) é operada pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e foi implantada em agosto de 2012. No início de 2013 a rede contava com 56 sensores instalados nas regiões sul, sudeste, centro-oeste e nordeste, sendo previstos até meados de 2013 ao menos mais 15 sensores, a maior parte na região nordeste. A BrasilDAT é uma rede de detecção em VLF, LF e VHF que permite a detectar descargas atmosféricas que atingem o solo (genericamente denominadas nuvem-solo, NS) e descargas que ocorrem dentro ou entre nuvens (genericamente denominadas nuvem-nuvem ou intra-nuvem, IN). No caso das descargas NS, o sistema registra o instante preciso de ocorrência, a localização do ponto de impacto e características físicas como intensidade e polaridade. No caso das descargas IN, apenas o instante preciso e a localização média de ocorrência na atmosfera são registrados. Isso é feito mediante um conjunto de sensores remotos que detecta a radiação eletromagnética (EM) emitida pelos relâmpagos na faixa entre 10 Hz a 10 MHz, analisa os sinais recebidos por intermédio de algoritmos específicos e elimina aqueles cujas fontes não tenham sido descargas atmosféricas. Cada sensor que tenha detectado um evento válido envia os dados obtidos (os quais consistem basicamente no horário do evento e a forma de onda da radiação) para um sistema central de processamento, que calcula os parâmetros de cada descarga. Por fim, a central de processamento armazena toda a informação disponível em bancos de dados específicos, permitindo assim consultas posteriores às soluções determinadas em tempo real e o reprocessamento dos dados utilizando-se diferentes padrões de configuração e diferentes combinações dos sensores que compõem a rede. Esse sistema de detecção foi desenvolvido pelo ELAT e utiliza a tecnologia comercializada pela empresa Earth Networks.

A Figura 5 mostra um sensor da rede BrasilDAT. O sistema registra a forma de onda completa da radiação o que permite discriminar com maior precisão as descargas NS e IN.



FIGURA 5 – Sensor para a detecção de descargas atmosféricas da rede BrasilDAT.

A Figura 6 mostra a localização dos sensores instalados (em verde) e em fase de instalação (em vermelho) no início de 2013. Iniciativas estão sendo discutidas para que a região norte venha a ser coberta. Se levarmos em conta as relativas áreas das diferentes regiões do Brasil, estima-se que seria necessário instalar 38 sensores na região norte para que a qualidade das informações de descargas nesta região possua o mesmo nível das demais regiões. Contudo, o fato de os sensores da BrasilDAT atuarem também em VLF e poderem gerar soluções a partir da comparação com mais de 200 sensores similares instalados na América Central e América do Norte, somado ao fato de que a região norte encontra-se geograficamente disposta entre as outras regiões do país e a América Central e do Norte, permite avaliarmos que com o uso destas soluções em VLF é possível atingirmos um mesmo grau de qualidade de informações com metade do número de sensores estimado acima. Maiores detalhes sobre a rede BrasilDAT podem ser obtidos em [1][2][3].



FIGURA 6 – Mapa indicando a localização dos sensores instalados (em verde) e em fase de instalação (em vermelho) no início de 2013.

4.0 - OBSERVAÇÕES FEITAS PELA REDE BRASILDAT

A Figura 7 mostra a variação mensal do número de descargas nuvem-solo registrado pela rede BrasilDAT em 2012 em comparação com a rede RINDAT. Nota-se um aumento significativo dos registros. Uma comparação desta figura com a Figura 4 indica que a BrasilDAT, mesmo sem sensores instalados na região norte, registrava em 2012 cerca de 40% das descargas nuvem-solo, sendo que este número tende a variar sendo maior na parte leste da região norte (Pará e Tocantins) e menor na parte oeste (outros estados da região). Este número deve subir para algo em torno de 60% em meados de 2013, com a instalação dos sensores na região nordeste. A Figura 8 mostra a variação mensal do número de descargas nuvem-nuvem registrado pela rede BrasilDAT em 2012 em comparação com a rede RINDAT. Em termos práticos, somente a rede BrasilDAT registra descargas, contudo o número de descargas nuvem-nuvem anual é cerca da metade do número anual de descargas nuvem-solo, enquanto deveria ser maior (ao menos o dobro). Isto sugere que a eficiência de detecção de descargas nuvem-nuvem da BrasilDAT é baixa (algo em torno de 20%), o que somente poderá ser melhorado com a instalação de sensores na região.

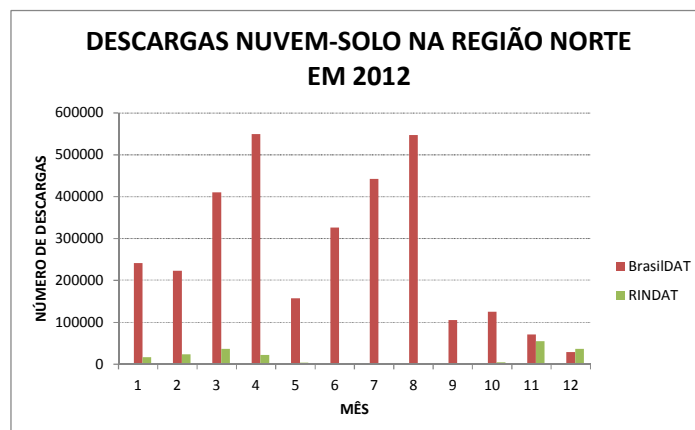


FIGURA 7 – Variação mensal do número de descargas nuvem-solo registrado na região norte em 2012 pelas redes BrasilDAT e RINDAT.

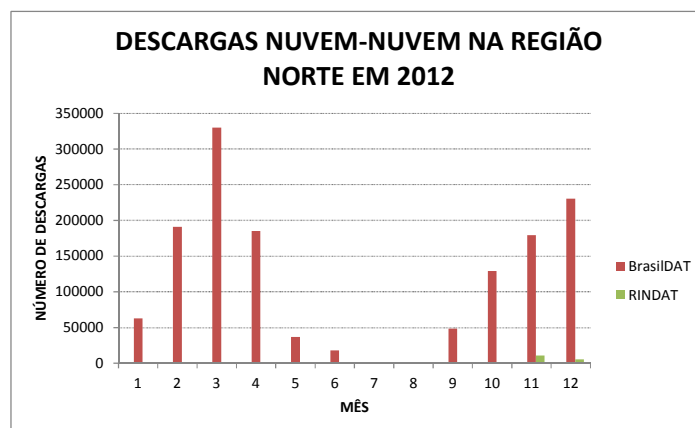


FIGURA 8 – Variação mensal do número de descargas nuvem-nuvem registrado na região norte em 2012 pelas redes BrasilDAT e RINDAT.

A Figura 9 mostra três exemplos de registros de dados de descargas da BrasilDAT e de imagens quase simultâneas do satélite GOES 13 no infravermelho realçadas para indicar a temperatura (altura) do topo das nuvens. Nota-se uma ótima coerência entre os dois registros indicando que todas as tempestades na parte leste da região norte com topos com temperaturas menores que -60°C (isto é, acima de 14 km) e, portanto, mais severas, são observadas nos dados de descargas, enquanto que na parte oeste ainda não identificadas.

As grandes vantagens dos dados da BrasilDAT em relação as imagens de satélite são: a possibilidade de acompanhar o deslocamento em tempo real destas tempestades, enquanto as imagens de satélite são disponíveis apenas a cada 15 minutos, em geral com um atraso de 30 minutos em sua disponibilização, o que para eventos

severos representa um tempo muito longo, pois durante este período mudanças significativas da tempestade ocorrem; a maior disponibilidade (~99%) das informações, isto é, menor período sem dados; maior (< 1 km) resolução das informações.

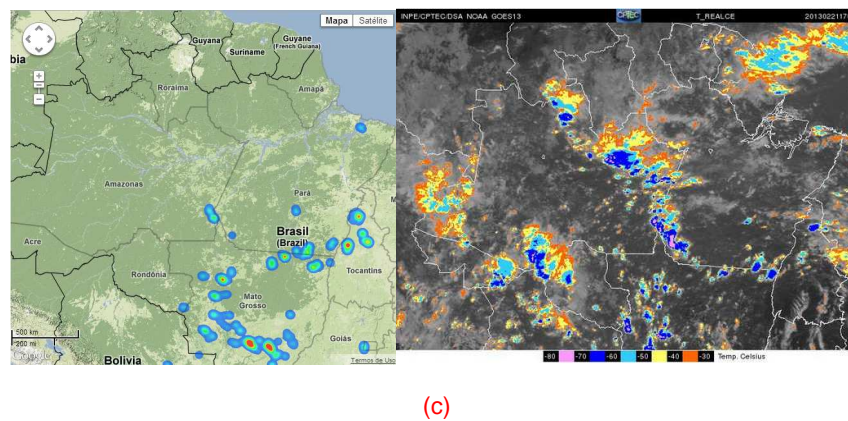
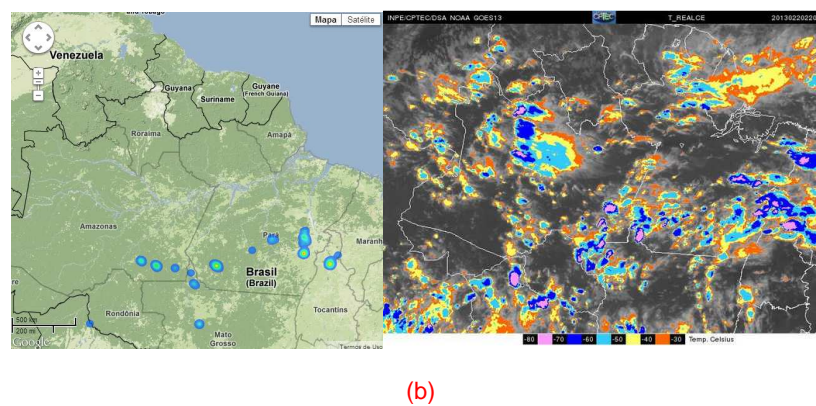
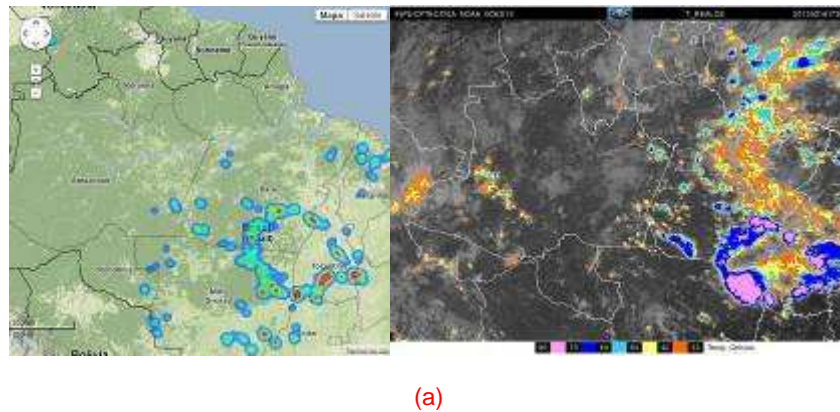


FIGURA 9 – Mapas de ocorrência de descargas registradas pela BrasilDAT e imagens quase simultâneas de satélite no infravermelho realçadas.

5.0 - CONCLUSÃO

Dado o impacto das descargas atmosféricas sobre o sistema de transmissão de energia e a importância crescente da região norte para a segurança estratégica do país é fundamental que a rede BrasilDAT venha a cobrir esta região do país. Esforços neste sentido estão sendo feitos e todos agentes interessados estão convidados a participar. Estima-se que com cerca de 20 sensores já seria possível cobrir toda a região norte com um desempenho compatível com as aplicações voltadas para o sistema de transmissão. Tal possibilidade representa

uma redução dos investimentos em cerca de 50%.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) O. Pinto Jr. Lightning in the tropics, Nova Publishers, 2009.
- (2) O. Pinto Jr.; K.P. Naccarato The new Brazilian Lightning Detection Network: first results. Proceedings of the IX International Symposium on Lightning Protection (SIPDA), CD-ROM, Fortaleza, 2011.
- (3) K.P. Naccarato; O. Pinto Jr. Lightning warning and analysis of lightning threats risks for human life protection in Brazil. Proceedings of the 4th International Lightning Meteorology Conference (ILMC), CD-ROM, Broomfield, 2012.

7.0 - 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).