



XXIII SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA

FI/GDS/12
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – X

GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – GDS

**IMPACTO DAS TEMPESTADES SEVERAS SOBRE A REDE BÁSICA DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL:
PERSPECTIVAS FUTURAS**

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

RESUMO

Este trabalho descreve um novo método para a previsão de curto prazo (algumas horas) da ocorrência de tempestades severas em nosso país. Neste artigo tempestades severas são definidas como aquelas tempestades capazes de causar danos a Rede Básica do Sistema Interligado Nacional – SIN. Neste contexto, cerca de 1% das tempestades que ocorrem no Brasil são severas, isto é, algo em torno de 5.000 eventos por ano. O método baseia-se no uso de duas novas tecnologias: dados de descargas atmosféricas dentro das nuvens feitas pela Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT) e algoritmo com base nos parâmetros meteorológicos fornecidos pelo modelo Weather Research and Forecasting (WRF). A BrasilDAT é operada pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e foi implantada em agosto de 2012. A rede conta atualmente com mais de 60 sensores instalados nas regiões sul, sudeste, centro-oeste e nordeste, sendo previstos a instalação de sensores na região norte em 2015. 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 todo país na detecção de descargas nuvem-solo e dentro das nuvens, mesmo em regiões sem sensores locais. Detalhes técnicos da BrasilDAT e exemplos de observações de descargas atmosféricas nuvem-solo e dentro das nuvens serão apresentados. O modelo meteorológico WRF é utilizado em alta resolução espacial, com grades animhadas, adequada parametrização e assimilação de dados de superfície e de descargas atmosféricas nuvem-solo e intranuvem. O algoritmo desenvolvido permite identificar áreas com potencial para a ocorrência de tempestades severas com razoável precisão espacial e larga antecipação. Exemplo do uso deste método é apresentado e discutido no contexto do cenário de mudanças climáticas em nosso país.

PALAVRAS-CHAVE

Tempestades Severas, Novas Tecnologias, Descargas atmosféricas nuvem-nuvem, Nova metodologia de previsão

1.0 - INTRODUÇÃO

O Brasil, por sua posição geográfica, é um país de grande incidência de tempestades. Cerca de 500.000 tempestades ocorrem anualmente, sendo que cerca de 1% destas tempestades possuem capacidade de causar danos a Rede Básica do Sistema Interligado Nacional (SIN). Neste artigo estas tempestades são denominadas de tempestades severas, embora não necessariamente possuam as características utilizadas pelo National Weather Service, centro americano pertencente à NOAA, para definir as tempestades severas. Para este centro americano, tempestades severas são aquelas com acompanhadas da ocorrência de granizo com diâmetro maior 2,5 cm (capazes de causar danos significativos a propriedades) ou ventos de superfície maiores que 93 km/h (capazes de causar danos à aviação) ou tornado. Nota-se que chuvas intensas e grande número de descargas atmosféricas não são utilizados como critérios pela NOAA.

(*) Endereço Av. dos Astronautas, n° 1758 – CEP 12.227-010 São José dos Campos, SP – Brasil
Tel: (+55 12) 3208-6777 – Email: osmar@dge.inpe.br

Tempestades severas são difíceis de serem previstas dada sua intrínseca característica de ser oriunda de uma condição extrema num espectro de condições atmosféricas. Dada esta característica, costumam evoluir de uma tempestade normal em dezenas de minutos circunscritas a regiões que em alguns casos ficam restritas a pouco de mais de algumas dezenas de quilômetros quadrados. A perspectiva atual de que com o aumento da urbanização nas grandes metrópoles e o aumento global de temperatura, um correspondente aumento da ocorrência de tempestades severas deva ocorrer, torna o desenvolvimento de novas tecnologias imperativo para o setor elétrico, em particular para a adequada operação do SIN. Dados recentes disponibilizados pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) mostram que os fenômenos naturais, a maior parte deles associados à ocorrência de tempestades severas, tendem a provocar interrupções no SIN com maior abrangência e maior duração, implicando em maiores inconvenientes a sociedade.

Neste trabalho é apresentado um resumo de uma nova metodologia de previsão de curto prazo (algumas horas) da ocorrência de tempestades severas baseado em duas novas tecnologias que têm sido desenvolvidas pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica – ELAT do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para minimizar os impactos das tempestades severas sobre as redes elétricas. No Brasil, este impacto é mais significativo devido ao fato de que aproximadamente 99% de nossas redes são aéreas e, portanto, expostas aos fenômenos climáticos. Embora as tempestades severas no contexto deste artigo sejam cerca de 1% do total de tempestades e representem algo em torno de 5.000 eventos por ano em nosso país, elas são as causadoras da maior parte dos danos às redes elétricas. Estes danos se manifestam a partir de diferentes aspectos: altas taxas de descargas para o solo, que maximizam a possibilidade da ocorrência de descargas com correntes de pico que ultrapassam o nível de isolamento das redes; chuvas intensas, capazes de causar rupturas instantâneas de isolamentos ou a queda das redes provocadas por deslizamentos; tornados e vendavais com velocidades superiores a 100 km/h, capazes de causar a queda de torres de transmissão ou linhas de média tensão.

Recentes observações feitas em diferentes regiões do mundo tem mostrado que os fenômenos descritos acima são diferentes manifestações diretamente relacionadas ao conteúdo de gelo suspenso dentro da tempestade. Historicamente, este conteúdo de gelo tem sido monitorado por radares meteorológicos e, mais recentemente, por sensores na faixa de micro-ondas a bordo de satélites. Contudo, ambas as técnicas apresentam limitações espaço-temporais, além de custos elevados de operação. Na última década, baseado em diversos estudos científicos, duas novas tecnologias para monitorar e prever a quantidade de gelo em tempestades e, por conseguinte, a ocorrência de tempestades severas, tem avançado de forma rápida. Uma das tecnologias baseia-se no fato de que o conteúdo de gelo é diretamente proporcional à quantidade de descargas dentro das nuvens, conforme observado por radares a bordo de satélites. A outra tecnologia utiliza modelos meteorológicos em alta resolução com adequadas parametrizações e assimilação de dados como ferramenta de previsão. Estes modelos, diferentes dos modelos convencionais, são capazes de estimar a quantidade de gelo suspensa na atmosfera. O Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) tem atuado no desenvolvimento destas duas novas tecnologias através da implantação da Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT), capaz de detectar não só as descargas que atingem o solo como as descargas dentro das nuvens, e da implantação do modelo Weather Research and Forecasting (WRF) em alta resolução. A aplicação destas tecnologias no desenvolvimento de uma nova metodologia de previsão de tempestades severas é apresentada e discutida no contexto do cenário de mudanças climáticas esperados para o nosso país.

2.0 - DESCARGAS DENTRO DAS NUVENS

As descargas atmosféricas que ocorrem dentro das nuvens são muito mais frequentes do que aquelas que atingem o solo. Globalmente representam cerca de 80% do total das descargas no planeta, com variações deste percentual com a latitude entre outros fatores. A Figura 1 mostra a forma de onda do campo elétrico de uma descarga dentro da nuvem e uma descarga nuvem-solo. Nota-se que as descargas dentro das nuvens apresentam variações de campo elétrico mais rápidas do que as descargas nuvem-solo, associadas a um conteúdo de mais alta frequência. É esta diferença no conteúdo em frequência da radiação que é utilizada para discriminar o tipo de descarga registrado por um sensor. A Figura 2, obtida pelo satélite TRMM a partir das observações do sensor de descargas atmosféricas e do radar, mostra que a concentração de descargas dentro de uma nuvem é proporcional a concentração de gelo dentro da nuvem [1]. Dado que a concentração de gelo suspensa dentro da nuvem esta diretamente ligada à intensidade das correntes ascendentes dentro da nuvem e a severidade da tempestade, conclui-se que a concentração de descargas dentro da nuvem pode ser usada para estimar a severidade de uma tempestade.

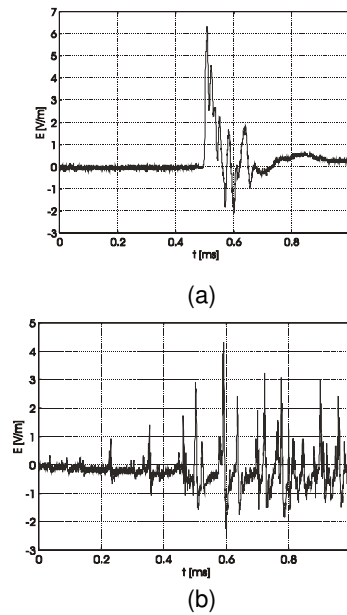


FIGURA 1 – Forma de onda do campo elétrico de: (a) uma descarga dentro da nuvem; (b) uma descarga nuvem-solo.

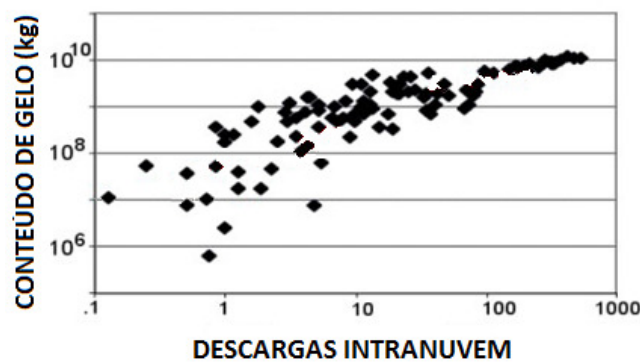


FIGURA 2 – Variação da concentração de descargas dentro da nuvem versus o conteúdo de gelo.

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. Atualmente a rede conta com mais de 60 sensores instalados nas regiões sul, sudeste, centro-oeste e nordeste, sendo previstos para este ano a instalação dos primeiros sensores na região norte. A BrasilDAT é uma rede de detecção em VLF, LF e VHF que permite detectar descargas atmosféricas que atingem o solo (genericamente denominadas nuvem-solo, NS) e descargas que ocorrem dentro das 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 3 mostra um sensor da rede BrasilDAT.



FIGURA 3 – Sensor para a detecção de descargas atmosféricas da rede BrasilDAT.

A Figura 4 mostra a localização dos sensores atuais da BrasilDAT. 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, permite detectar descargas na região norte apesar de ainda não haverem sensores locais. Maiores detalhes sobre a rede BrasilDAT podem ser obtidos em [2][3].



FIGURA 4 – Mapa indicando a localização dos sensores da rede BrasilDAT.

4.0 - MODELO WRF

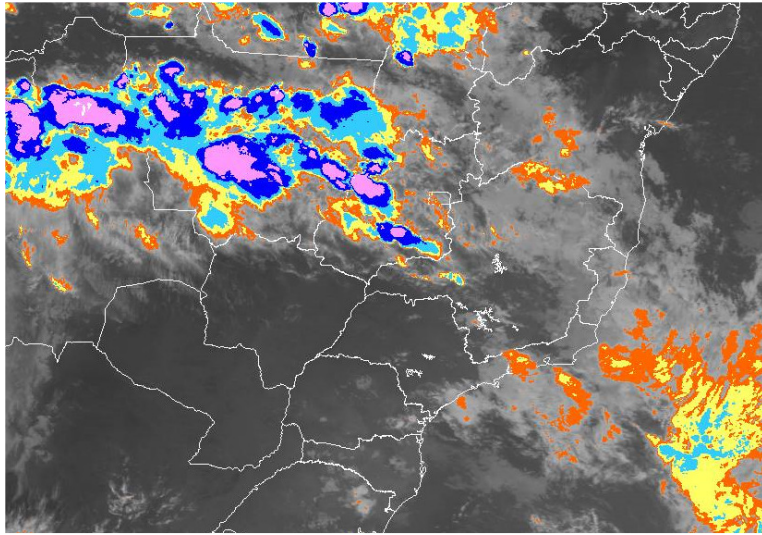
O modelo meteorológico Weather Research and Forecasting (WRF) é um sistema de modelagem numérica da atmosfera, destinado tanto para fins de pesquisa quanto operacionais, em diferentes escalas espaciais, desde alguns metros até milhares de quilômetros. O seu desenvolvimento contínuo é fruto da colaboração de diversas instituições e agências governamentais norte-americanas [4]. Representa uma evolução do modelo MM5 (PSU/NCAR fifth-generation Mesoscale Model), o qual não sofrerá novas atualizações. O esforço de aperfeiçoamento do modelo WRF é um desafio a melhor compreensão dos fenômenos atmosféricos no que diz respeito à capacidade de modelá-los corretamente. Concebido para ser uma ferramenta de topo na arte da simulação atmosférica, flexível, portátil e eficiente em variadas plataformas computacionais, o sistema é de domínio público e disponibilizado gratuitamente. Torna-se desejável utilizar sempre o modelo em sua última versão, já que melhorias na física e dinâmica do código são progressivamente implementadas a cada atualização.

5.0 - NOVA METODOLOGIA DE PREVISÃO

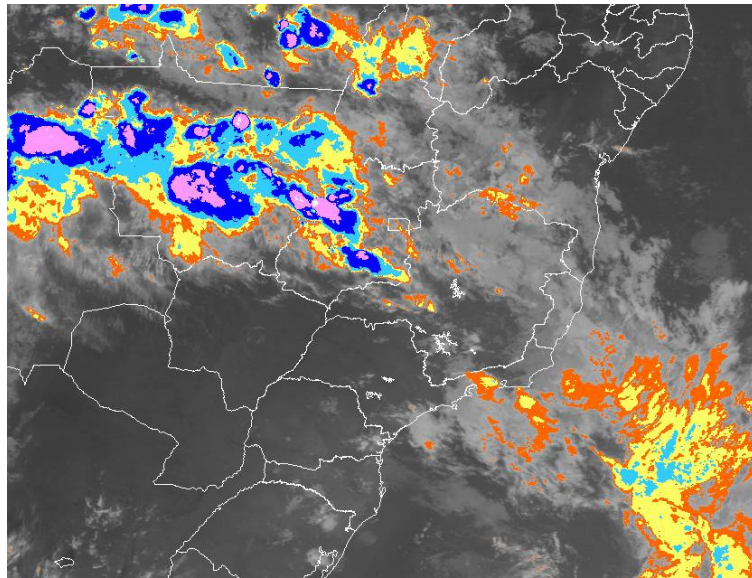
O uso do modelo WRF em alta resolução, com adequada parametrização e assimilação de dados de superfície e de descargas atmosféricas, permite identificar áreas com potencial para a ocorrência de tempestades severas com razoável precisão espacial e larga antecipação. A Figura 5 mostra um evento de queda de três torres da LT 500 kV Adrianópolis-Resende ocorrido em 18 de outubro de 2013 por volta das 23:16 UT. A Figura 6 mostra duas imagens de satélite separadas por 15 minutos no horário do evento. As imagens do satélite GOES-13 identificam uma nuvem de tempestade com uma temperatura de topo de -45 graus (equivalente a cerca de 9 km) de fraca intensidade e não identificam uma tempestade severa. Por sua vez, a Figura 7 mostra um exemplo da aplicação desta tecnologia de previsão de raios e de tempestades severas para este evento. A previsão de raios e de regiões propensas à ocorrência de tempestades severas corresponde ao horário das 16:00 UT do dia 18 de outubro de 2013 e foram geradas pelo sistema de previsão as 04:00 UT do mesmo dia. A localização das torres é indicada por uma estrela vermelha, bem como a localização dos raios registrados pelo BrasilDAT as 16:00 UT. Nota-se que o sistema de previsão permite prever a possibilidade de ocorrência do evento 07 horas com sete horas de antecedência, o que as imagens do satélite não permitem prever mesmo com alguns minutos de antecedência.



FIGURA 5 – Foto mostrando uma das torres da LT 500 kV Adrianópolis-Resende derrubada por uma tempestade severa no 18 de outubro de 2013 por volta das 23:16 UT.



(a)



(b)

FIGURA 6 – Imagens do satélite GOES-13 no infravermelho para o período de queda das torres: (a) 23:15 UT; (b) 23:30 UT.

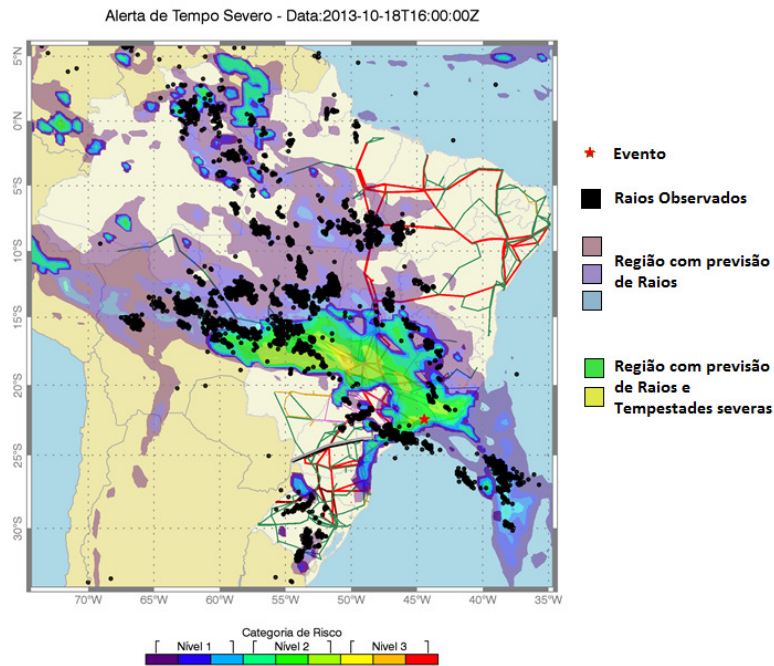


FIGURA 7 – Previsão de raios e de regiões propensas à ocorrência de tempestades severas para o horário das 16:00 UT do dia 18 de outubro de 2013 e foram geradas pelo sistema de previsão as 04:00 UT do mesmo dia. A localização das torres é indicada por uma estrela vermelha.

Finalmente a Figura 8 mostra um mapa da anomalia de temperatura no globo atual em relação ao período 1970-90. Pode-se observar que no hemisfério norte há uma tendência para uma diminuição do gradiente térmico do polo para o equador e, por conseguinte, um gradiente menor de vento, enquanto que no hemisfério sul o oposto ocorre. Tal comportamento tende a fazer com que a maior energia cinética da atmosfera no hemisfério sul tenda a aumentar mais a ocorrência de tempestades severas neste hemisfério do que no hemisfério norte.

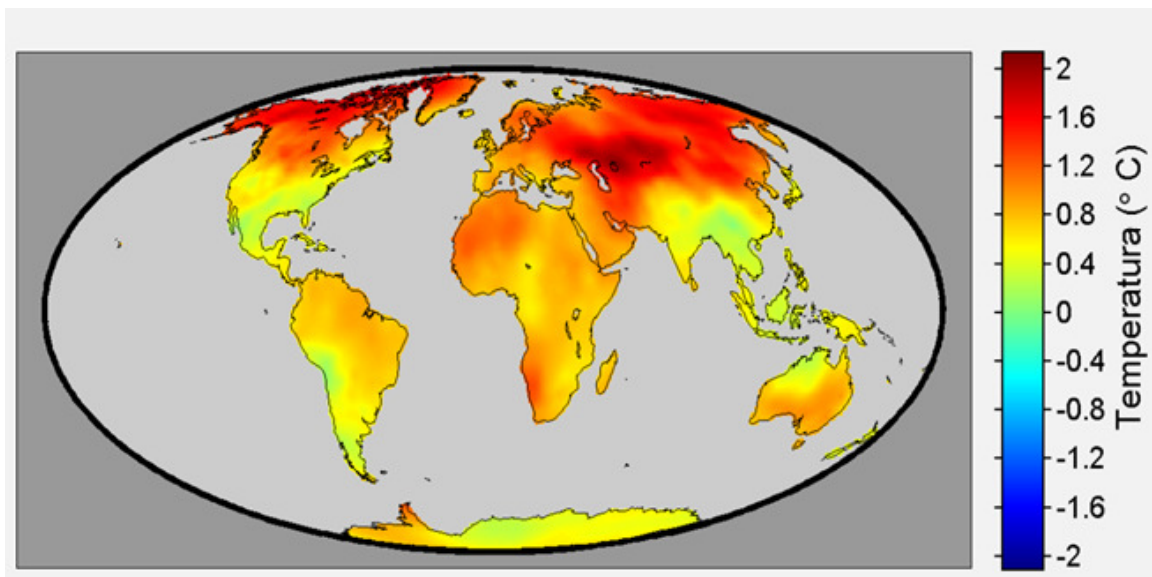


FIGURA 8 – Anomalia de temperatura no globo atual em relação ao período 1970-90.

6.0 - CONCLUSÃO

Dado o impacto atual das tempestades severas sobre as redes elétricas e a perspectiva de agravamento do problema é de fundamental importância o desenvolvimento de novas tecnologias, tais como as apresentadas neste artigo, para garantir a segurança energética em nosso país. A não homogeneidade no aquecimento global tende a gerar um aumento mais acentuado de tempestades severas no hemisfério sul do que no hemisfério norte agravando o problema em nosso país.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) W. A. Petersen, H.J. Christian, S.A. Rutledge, TRMM observations of the global relationship between ice water content and lightning, *Geophysical Research Letters*, 32, doi: 10.1029/2005GL023236, 2005.
- (2) O. Pinto Jr. *Lightning in the tropics*, Nova Publishers, 2009.
- (3) 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.
- (4) W. C. Skamarock; J.B. Klem; J. Dudhia; D.O. Gill; D.M. Barker; M.G. Duda; X-Y. Huang; W. Wang; J.G. Powers, A description of the advanced research WRF version 3, *NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STR*, Natl. Cent. for Atmos. Res., Boulder, Colorado. 2008.

8.0 - 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).