



XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

CB/GLT/14

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

**MONITORAMENTO DE EVENTOS METEOROLÓGICOS INTENSOS COM CAPACIDADE DE DESTRUIÇÃO DE TORRES DE LINHA DE TRANSMISSÃO**

<b>José Eduardo Gonçalves(*)</b> SIMEPAR	<b>Ademir Leite</b> COPEL-GET	<b>Leonardo Calvetti</b> UFPEL	<b>Rafael Toshio Inouye</b> SIMEPAR	<b>Cesar Beneti</b> SIMEPAR
---	----------------------------------	-----------------------------------	--	--------------------------------

RESUMO

Fenômenos meteorológicos capazes de gerar rajadas com intensidade superiores a 20m/s, frequentemente observado na região oeste do Paraná, possuem escala temporal e espacial relativamente reduzidas, o que dificulta efetuar registros de suas direções e intensidades por anemômetros instalados a 10m de altura, em estações meteorológicas de superfície. Na tentativa de registrar a intensidade das rajadas geradas por eventos meteorológicos extremos, que impactam diretamente as estruturas de linhas de transmissão de energia elétrica (LTs), um conjunto composto por treze anemômetros sônicos foi instalado em torres de LTs na região de Cascavel - PR, em diferentes níveis verticais. Em associação com imagens do radar meteorológico, instalado no município de Cascavel, as tempestades que atingiram a área das torres instrumentadas, puderam ser caracterizadas em função do local de surgimento, escala temporal, espacial e severidade do sistema. A tempestade mais intensa com a rajadas da ordem de 32,6m/s, foi observada no inverno de 2016, a qual provocou o tombamento da Torre 38 da LT 138 kV Cascavel – Toledo, localizada a 300m da Torre 37, instrumentada com quatro anemômetros sônicos. Dados da velocidade radial, obtidos pelo radar de Cascavel, mostraram a presença de um mesociclone com tempo de vida da ordem de 5 horas. Esse tipo de sistema ocorre frequentemente no interior de supercélulas, as quais possuem energia suficiente para gerar fluxos descendentes intenso (>45m/s), caracterizados como micro explosões.

PALAVRAS-CHAVE

rajadas de vento, tempestades, anemômetros, radar meteorológico, torres de transmissão de energia

#### 1.0 - INTRODUÇÃO

A região oeste do Paraná possui importantes redes de transmissão de energia do país como os linhões de Itaipu, que transmitem energia da UHE Itaipu para os principais centros consumidores localizados na região sudeste brasileira, e linhas de transmissão de várias empresas como da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL), que transmitem energia das usinas localizadas na bacia do Rio Iguazu para os centros consumidores do leste do estado. Uma outra característica da região oeste do Paraná, mais especificamente a região oeste do sul e sudoeste do estado é frequentemente atingida por sistemas meteorológicos do tipo linha de instabilidade, supercélulas e sistemas convectivos, com capacidade de gerar rajadas de vento com intensidades superiores a 20m/s (3). Conseqüentemente, essas tempestades provocam tombamentos de torres das linhas de transmissão (LTs) gerando prejuízos econômicos e sociais, devido à interrupção no fornecimento de energia.

Projetos de LT's aéreas seguem a norma NBR 5422/1985 (2) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que apresentam diretrizes para a estimativa de cabos condutores, para-raios, isoladores e ferragens, fundações, entre outras, além dos parâmetros meteorológicos aqui estudados, além de normas internacionais como a IEC 60826 (6).

(\*) Inst. Met. do Paraná – Simepar - Centro Politécnico da UFPR, S/N – CEP 81.531-980 Curitiba, PR, – Brasil.  
Tel: (+55 41) 33202070 – Fax: (+55 41) 3366-2122 – Email: jose.eduardo@simepar.br

A principal fonte de informação para estimativas dos esforços gerados pelo vento nas estruturas das LT's, além da NBR 5422/1985, consiste em séries de temporais de intensidade de vento e rajada registradas por anemômetros pertencentes a estações meteorológicas de superfície, que medem essas variáveis a 10m e efetua o armazenamento com frequência horária, normalmente disponibilizadas pelas empresas de meteorologia, entre as quais, o SIMEPAR

Como as LT's são estruturas lineares que se estendem por centenas de quilômetros, a baixa densidade de estações meteorológicas de superfície não permite efetuar registros compatíveis com intensidades de rajadas suficientemente fortes que justifiquem o tombamento de torres de LT's (5)(7). Isso deve também às características espaciais e temporais das tempestades do tipo TS (ThunderStorm) que são fenômenos meteorológicos que possuem dimensão espacial de poucos quilômetros e tempo de vida de algumas horas, dificultando enormemente o monitoramento com somente com base em dados coletados por estações meteorológicas padrão (1).

Na tentativa de efetuar registros da ação de tempestades de pequena escala espaço-temporal, dados de uma série de anemômetros sônicos, instalados em diferentes níveis verticais nas próprias torres das LT's, foram utilizados em conjunto com imagens de radar meteorológico de dupla polarização, que se encontra instalado no município de Cascavel, região oeste do Paraná. Esse projeto de monitoramento se caracteriza como um dos objetivos do P&D ANEEL 6491-0559/2012, intitulado "Estudo de Rajadas de Vento em Eventos de Quedas de Torres de Transmissão", desenvolvido em parceria entre o Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e a COPEL Geração e Transmissão S.A. (COPEL GeT).

## 2.0 - MATERIAL E MÉTODOS

Os dados necessários para caracterizar os sistema meteorológicos que atingem a região oeste do Estado do Paraná foram coletados com base em um conjunto de treze anemômetros sônicos, instalados diretamente na estrutura das torres de transmissão conforme Tabela 1. Além das séries temporais de direção e intensidade de vento, geradas pelos anemômetros, também foi utilizado imagens de radar meteorológico e perfis verticais de temperatura, umidade relativa, pressão e vento, gerados por sensores instalados em uma plataforma aérea não tripulada.

Tabela 1: linhas de transmissão e torres que receberam os equipamentos

Nome da LT	Sigla	Tipo Torre	altura (m)	n° torre
Cascavel Norte - Assis Chat.	LT 138 kV CVN_AND	S2R	28	94
Pinheiros – Toledo	LT 138 KV PHS_TDO	R1	24	52
Cascavel – Toledo	LT 138 kV CEL_TDO	DLEA	48	37
Céu Azul – Cascavel	LT 138 kV CEU_CEL	L1	25	20

A área de estudo se encontra na regiões Oeste do Estado do Paraná, onde se concentra importantes linhas de transmissão de energia do país. A Figura 01 apresenta a localização das quatro torres de transmissão instrumentalizadas, instaladas dentro do raio de 40km em relação ao cento do radar meteorológico de Cascavel-PR.

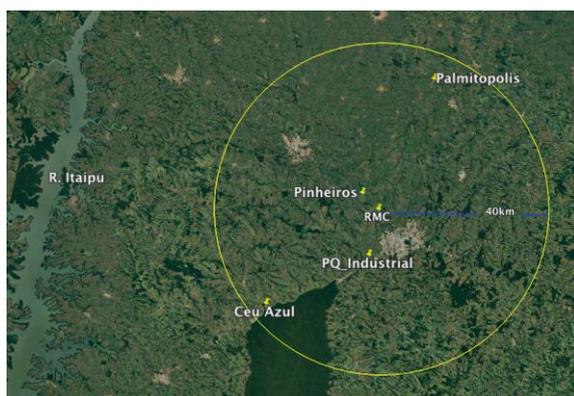


FIGURA 1 – Localização das torres instrumentadas – Município de Cascavel

Comentado [AFL1]:

Comentado [AFL2]: Indicar através de um círculo onde fica o município de Cascavel

## 2.1 Anemômetros-Radar

Foram instalados dois tipos de anemômetros, o modelo 2D WindSonic4-L da fabricante Campbell Scientific, e o modelo 3D 1590-PK-020 do fabricante Gill Instruments, sendo que esses instrumentos efetuam leituras a 4Hz. Seguindo as especificações do manual de instrumentação da Organização Meteorológica Mundial (WMO Guide, 2014) (10) rajada foi determinada como sendo o máximo valor médio de 3 segundos, no intervalo de 10 minutos. A Figura 2 mostra de forma esquemática o sistema de coleta e transmissão dos dados de intensidade e direção do vento. Em três estações de monitoramento, instaladas nas torres 20, 52 e 94, os instrumentos foram instalados em três níveis, 10m, 20m e 30m. A Torre 37, localizada no Parque Industrial, pertencente à linha de transmissão de 138kv Cascavel-Toledo, foi instrumentada em quatro níveis, 10m, 22m, 33m e 44m. Todas as estações transmitem os dados via GPRS para o banco de dados localizado no Instituto Meteorológico Simepar a uma frequência de 10 minutos. Os anemômetros foram instalados nas torres entre dezembro de 2015 e fevereiro de 2016. Com isso o conjunto de dados disponíveis para análise possui aproximadamente 12 meses de registros.

O radar meteorológico utilizado, Doppler banda S, está instalado em Cascavel, sendo que todas as torres instrumentadas estão alocadas dentro de um raio de 40km em relação ao centro da antena do instrumento. Essa proximidade com o centro do radar possibilita efetuar a varredura desde do o topo até a base, das nuvens de tempestade que estão atuando sobre as torres instrumentadas das linhas de transmissão (4).

**Comentado [ss3]:** Deve existir uma citação desse radar



FIGURA 2 – Ilustração do sistema de coleta e transmissão de dados

## 2.2 Veículo Aéreo Não Tripulado

Para possibilitar a geração de informações em níveis mais elevados que os níveis dos anemômetros instalados nas torres, foi desenvolvida uma plataforma aérea com capacidade de realizar voos autônomos, além do alcance visual do operador, por meio da integração de um piloto automático e sensores de temperatura, umidade relativa, pressão e vento, em um aeromodelo de pequeno porte com motorização elétrica. A Figura 03 (a), (b) e (c) apresentam o resultado final, após a integração dos sensores na aeronave, o que resultou na criação do Sistema Autônomo de Monitoramento Atmosférico (SAMA).

**Comentado [ss4]:** Não entendi o propósito, se é autônomo tanto faz o alcance visual





FIGURA 3 (a), (b) e (c) - Sensores embarcados no VANT

Os testes de voo, realizados em área piloto, e as missões de monitoramento realizadas ao lado das torres instrumentadas, mostraram que o sistema SAMA se configurou como uma ferramenta útil, que permite a geração de perfis de variáveis físicas da atmosfera de forma rápida e em altitudes superiores às dos anemômetros. Com base nos perfis gerados por esse sistema é possível determinar a estabilidade atmosférica e mapear o comportamento do campo de vento nas áreas adjacentes às linhas de transmissão. Algumas dificuldades enfrentadas na operação dessa plataforma área estiveram relacionadas ao seu lançamento. Uma vez que as áreas a serem monitoradas geralmente não possuem superfície sem obstáculo que permita alçar voo de forma convencional. Além disso, o modelo de aeronave escolhida para embarcar os instrumentos de coleta de dados, apresentou aerodinâmica inadequada para suportar rajadas de vento intensas, o que impediu realizar voos durante a ocorrência de tempestades. Tabela 02 apresenta uma comparação de registros de intensidade de vento obtidos pelo sistema VANT e pelos anemômetros instalados na torre Céu Azul.

Tabela 02.: Intensidade do campo de vento registrada pelo sistema SAMA e por anemômetro

<b>16.02.2016</b>	<b>Vento VANT (m/s) – ~40m</b>	<b>Vento Torre (m/s) - 30 m</b>
13:00	6,1	6,7
14:30	7,1	6,6
15:30	5,5	5,2
<b>17.02.2016</b>	<b>Vento VANT (m/s) – ~40m</b>	<b>Vento Torre (m/s) - 30 m</b>
11:30	7,6	4,6
12:30	5,8	5,7
13:30	5,5	1,0
14:30	3,6	1,8

### 2.3 Resultados e Discussão

Para exemplificar o tipo de análise realizada, os dados dos anemômetros instalados na Torre 37 da LT 138 kV Cascavel – Toledo, localizada no Parque Industrial será utilizado. A série temporal de intensidade de rajada para os quatro níveis de monitoramento na Torre 37 é apresentada na Figura 4. O nível 44m foi o primeiro a iniciar os registros, e como era de se esperar, foi o nível que apresentou as intensidades mais elevadas ao longo de todo o período de monitoramento. Para verificar o período do dia que possui as maiores intensidades de rajada, o ciclo diário dessa variável foi calculado a partir da estimativa da média horária de todos os dados disponíveis. A Figura 05 apresenta o resultado obtido, onde é possível verificar que o período do dia com as rajadas mais intensas se concentrou ao redor das 12 00 UTC. Outro fato interessante a ser notado é a intensidade da rajada no nível 10m ser superior à intensidade da rajada a 22m. Observe que esse fato ocorre apenas para os momentos de máximas, para os demais períodos do dia, a relação intensidade - altura é mantida.

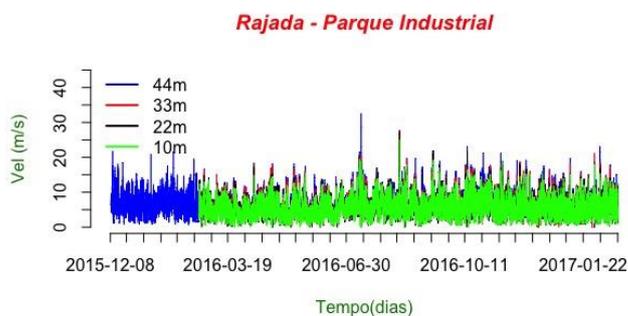


FIGURA 4 – Série temporal de rajada para os quatro níveis – Torre 37 Pq. Industrial



FIGURA 5– Ciclo diário (UTC) de intensidade de rajada – Torre37 Pq. Industrial

Com base em aproximadamente 12 meses de dados dos anemômetros, a curva de permanência obtida (Figura 06) mostra que em aproximadamente 90% do tempo as rajadas ficaram abaixo de 10m/s. Rajadas mais intensas, acima de 20m/s, características de eventos extremos, ocorreram com frequência inferior a 1% do período de amostragem. A Tabela 03 apresenta o número de ocorrências de rajadas com intensidade igual ou superior a 20m/s, onde se observa o registro de rajadas intensas em todas as épocas do ano. Embora as ocorrências mais frequentes tenham sido observadas nas estações da primavera e verão, a rajada registrada a 44m de altura, na Torre 37 – Pq. Industrial, atingiu a marca de 32,6m/s, configurando-se como a mais intensa de todo o período de monitoramento, e ocorreu no inverno de 2016.

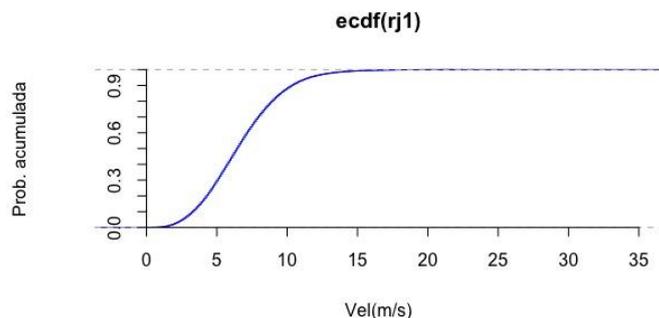


FIGURA 6 – Curva de permanência – Doze meses de dados de rajada – nível 44m

Tabela 2– Nº de casos de rajada com intensidade superior a 20m/s

Posto	Ocorrências	Período	Altura(m)
PQ. Industrial	12	Verão 2016-2017 Inverno 2016 Primavera 2016	44
Céu Azul	04	Verão 2016 Primavera 2016	30
Pinheiros	13	Verão 2016 Inverno 2016 Primavera 2016	30
Palmitópolis	08	Verão 2016 -2017 Inverno 2016 Primavera 2016	30

Todas as tempestades geradoras de rajadas intensas, acima de 20m/s, foram analisadas com base nas imagens do radar meteorológico de Cascavel. Nessas análises constatou-se a presença de ciclones extra tropical, ou tempestade do tipo EPS e também a ocorrência de linhas de instabilidade, ou tempestades do tipo TS, sendo que essa última dominou o período da primavera.

Como comentado anteriormente, a rajada mais intensa monitorada foi de 32,6 m/s ou 117 km/h registrada a 44m de altura na Torre 37, localizada no Pq. Industrial, um valor realmente significativo, mas que não poderia ter levado à queda da torre - o projeto daquela LT que foi elaborado segundo a norma NBR-5422 e suas torres predominantes é para 31 m/s (altura de 10m, período de integração de 10 min, tempo de retorno de 50 anos). Se fosse considerada como rajada, ou seja, período de integração de 3 s, o vento de projeto ficaria na ordem de 39 m/s. Essa rajada ocorreu no inverno de 2016, no dia 13 de julho às 00:10 UTC. A Figura 07 mostra a imagem do radar para o mesmo momento do registro no anemômetro. A escala de cores representa o índice de refletividade em unidade dBZ. Uma unidade adimensional que é proporcional ao número de gotas de chuva por unidade de volume. O vetor branco na imagem mostra o local da Torre 37 – Pq. Industrial e as setas em azul indicam a direção de propagação da tempestade (Oeste), onde percebe-se que um núcleo de alta refletividade, superior a 60 dBZ, atingiu diretamente a área dos instrumentos instalados na torre.

Como os equipamentos instalados possuem grande capacidade de processamento, foram programados para fazerem leituras quatro vezes por segundo. A Rajada máxima registrada foi o resultado obtido em um intervalo de 10 minutos. Ou seja, o instrumento mede a 4Hz e guarda o maior valor registrado em 10 minutos. Esse valor representa a rajada máxima. Esse valor foi obtido pelo anemômetro sônico 3D, instalado no ponto mais alto da torre.

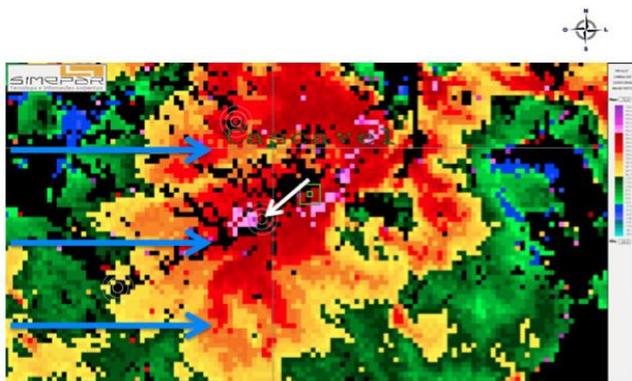


FIGURA 7 – Imagem do radar meteorológico – 13.07.2016 00:10 UTC

A Figura 08 mostra a imagem do radar para às 19:00 UTC do dia 12 de julho, momento da gênese da tempestade que gerou a rajada mais intensa. Esse ponto localiza-se na região leste do Paraguai, entre as cidades de San Estanislau e Caaguazu, destacado pela circunferência a esquerda. A análise de outros eventos meteorológicos, os quais também apresentaram rajadas intensas, mostrou que na maioria dos casos o surgimento das tempestades ocorre exatamente nessa área, principalmente as tempestades do tipo TS do período da primavera. Importante ressaltar que essa tempestade em particular foi responsável pelo tombamento da Torre 38 da LT 138 Kv Cascavel

Toledo, localizada a 300m da Torr 37, instrumentada em quatro níveis com os anemômetros sônicos descritos anteriormente. Esse elemento caracteriza-se como sendo um importante registro de forçante meteorológica em estruturas de LT uma vez que o dado foi obtido no mesmo ponto da ocorrência da queda.

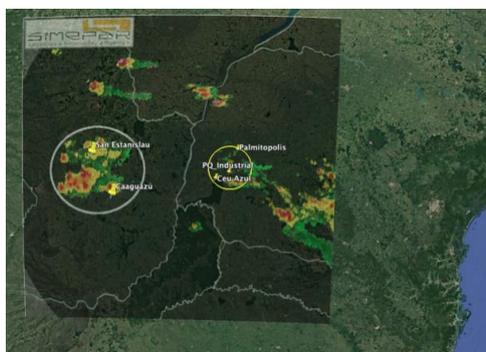


FIGURA 8—Área de geração de tempestades na região leste do Paraguai

A Figura 09(a) apresenta parte da série temporal da intensidade da rajada para o momento de ocorrência do tombamento da Torre 38. Observa-se que para o período que antecede a máxima (32,6m/s), as intensidades observadas eram inferiores a 10m/s, fato que ressalta a pequena dimensão espacial do núcleo mais intenso. A Figura 09(b) mostra que a direção predominante é de quadrante Oeste para o período que antecede o momento que o núcleo atinge a torre, e apresenta direções aleatórias durante o intervalo de tempo que os sensores ficam sob a ação das rajadas mais intensas. Esse comportamento é típico de fluxos horizontais sendo gerados por fluxos verticais intensos, conhecidos como micro explosões, frequentemente geradas por supercélulas. Ou seja, ao atingir a superfície da terra, os fluxos verticais que se deslocam da supercélula, se transformam em movimentos horizontais intensos com direções aleatórias. A Figura 09(c) mostra de forma esquemática a ocorrência de fluxos verticais intensos gerados no interior de nuvens profundas.

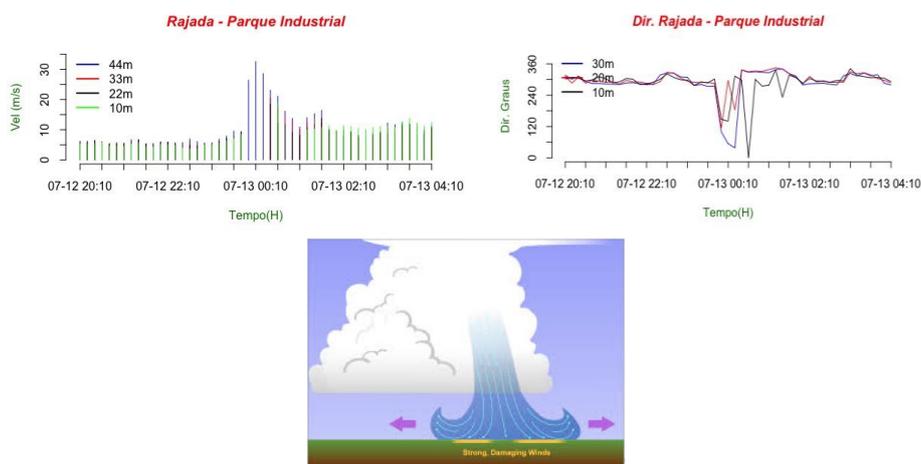


FIGURA 9—Intensidade (a) e direção (b) da máxima rajada ocorrida – Esquema de fluxo vertical intenso (c).

### 3.0 - CONCLUSÃO

Com a instrumentação de torres de linha de transmissão localizadas na região oeste do Paraná, foi possível efetuar o registro de tempestades de pequena escala espacial e temporal. Em conjunto com imagens do radar meteorológico de Cascavel, essas tempestades puderam ser observadas desde a sua origem, na região leste do Paraguai, até à região onde se localiza importantes LTs da COPEL. A maioria das tempestades observadas, que

geraram rajadas com intensidade superior a 20m/s, foram do tipo TS. Essas tempestades se caracterizam por possuírem núcleos mais intensos, mesclados em seu interior. Esses núcleos possuem escalas espacial de poucos quilômetros e aparecem como áreas de alta refletividade, superior a 50dBZ, nas imagens do radar meteorológico. A pequena dimensão espacial desses núcleos de alta refletividade, explica a dificuldade de efetuar o registro de sua presença exclusivamente com dados coletados por estações meteorológicas de superfície. Projetos de linhas de transmissão são desenvolvidos com base em normas que utilizam séries temporais de intensidade do vento registrados por anemômetros de estações meteorológicas. A baixa densidade dessas estações dificulta a correta caracterização das máximas rajadas que ocorrem em determinadas áreas. Por exemplo: a máxima intensidade observada pela rede de estações instaladas nas torres de LT, foi 32,6m/s na Torre 37 do Parque Industrial às 00:10 UTC do dia 13 de julho de 2016. Nesse mesmo momento as outras três torres, localizadas dentro de um raio de 40km, registraram máximas rajadas de 18,1m/s em Céu Azul, 19,3m/s em Palmitópolis e 29,1m/s em Pinheiros. Na estação meteorológica de superfície, localizada em Cascavel a 12km do Parque Industrial, o registro de máxima rajada foi de 16,2m/s. Isso mostra a dificuldade que existe em monitorar a ocorrência de eventos extremos gerados por tempestades do tipo TS. A escala espacial e temporal desses sistemas meteorológicos dificulta enormemente o seu registro, tornando os projetos de LTs, com base unicamente em dados de estações de superfície, muitas vezes inconsistentes com a realidade local. As torres instrumentadas que pertencem à LT da região Oeste, monitorada durante esse projeto, foram projetadas para suportar carga devido a rajadas de até 44m/s. Embora a rajada registrada pelo anemômetro vizinho ao local de tombamento tenha sido inferior (32,6m/s) a esse limite, análises preliminares da seção vertical de velocidade do vento, gerada pelo radar meteorológico, mostra a ocorrência de uma micro explosão com velocidades verticais superiores a 40m/s, exatamente na área da torre que sofreu o tombamento.

Com base nos resultados alcançados, verifica-se que séries temporais de intensidade de rajadas geradas por anemômetros sônicos, instalados em diferentes níveis nas próprias torres das LTs, associadas a análise de velocidade de vento estimada por radar meteorológico, configura-se um importante complemento de informações necessárias para o desenvolvimento de projeto de LTs.

#### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ABOSHOSHA, H.; DAMATY, A.E. Engineering method for estimating the reactions of transmission line conductors under downburst winds. *Engineering Structures*. Vol 99, p. 272-284, 2015.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5422: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- (3) BENETI, C.A.A. Caracterização hidrodinâmica e elétrica de sistemas convectivos de mesoescala. 2012, 131p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP, 2012. CIGRÉ, How overhead lines respond to localized high intensity winds (CIGRÉ Technical Brochure No. 350), Paris, 2008.
- (4) FABRY, F. Radar Meteorology – Principles and Practice. 1a Edição. Editora Cambridge University Press, Londres, 2015. 272 p.
- (5) GHENO, R. M. Campo de velocidades gerado pela combinação de ventos convectivos e sinóticos em cabos suspensos. 127p. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.
- (6) IEC 60826, 2003. Design Criteria of Overhead Transmission Line. ISO 4354:2009. Wind Actions on Structures. International Organization for Standardizations. Vol.4354, 68 p.
- (7) LOMBARDO, F.T.; SMITH, D.A.; SCHROEDER, J.L.; MEHTA, K.C. Thunderstorms characteristics of importance to wind engineering. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. Vol. 125, p. 121-132, 2014.
- (8) MARKOWSKI, P.; RICHARDSON, Y. Mesoscale Meteorology in Midlatitudes. 1a Edição. Editora Wiley-Blackwell, West Sussex, Inglaterra, 2010. 407 p.
- (9) SAVORY, E., PARKE, G. A. R., ZEINODDINI, M., TOY, N., DISNEY, P. Modelling of tornado and microburst-induced wind loading and failure of a lattice transmission tower. *Engineering Structures*. V. 23, p. 365-375, 2001.
- (10) WMO - N. 8: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Vol. 8, 2014.

## 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



José Eduardo Gonçalves

Nascido em Pompéia, SP em 11 de setembro de 1966.

Doutor em Oceanografia (2000): USP, Mestrado em Oceanografia (1993): USP e Graduação em Física (1990): UEL

Atualmente é pesquisador do Sistema Meteorológico do Paraná - SIMEPAR, onde desenvolve projetos relacionados ao monitoramento ambiental com o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS).

Ademir Ferreira Leite

Nascido em Califórnia – PR em 16 de julho de 1970.

Graduado em Eng. Elétrica e Matemática pela UFPR, e especialista em Matemática Aplicada.

Atualmente é Eng. da Companhia Paranaense de Energia Elétrica onde coordena projetos eletrodinâmicos e faz a gestão de empreendimentos.

César Augustus Assis Beneti

Nascido em Dracena, SP em 31 de março de 1964.

Doutor e Meteorologia pelo Instituto Astronômico e Geofísico – IAG, da Universidade de São Paulo – 2011

Empresa: Instituto Tecnológico SIMEPAR, desde 1998

Diretor-Adjunto do Instituto Tecnológico SIMEPAR desde 2002

Leonardo Calvetti

Nascido em Jaguarão -RS em 29 de fevereiro de 1976.

Doutor e Meteorologia pelo Instituto Astronômico e Geofísico – IAG, da Universidade de São Paulo – 2011.

Atualmente professor da Faculdade de Engenharia da UFPEL.