

COMPORTAMENTO ESTATÍSTICO SAZONAL DOS VENTOS NA REGIÃO DO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL

*Fiorin, D.V.¹; Schuch, N.J.¹; Martins, F.R.²; Brackmann, R.¹; Ceconi, M.¹;
Pereira, E.B.²; Guarnieri, R.A.²*

¹Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT, Caixa Postal 5021 - CEP 97110-970, Santa Maria – RS, Brasil, em parceria com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM, no âmbito do Convênio: INPE – UFSM, (danielfiorin, njschuch, ceconi, rodrigob)@lacesm.ufsm.br.

²Divisão de Clima e Meio-Ambiente – DMA/CPTEC/INPE – MCT, Av. dos Astronautas 1758, 12227-010, São José dos Campos (SP), (12)3945-6738. fernando@dge.inpe.br, (eniobp, ricardog)@cptec.inpe.br.

RESUMO: A redução dos recursos energéticos convencionais, e crescente demanda de energia para satisfazer o aumento da qualidade de vida em países em desenvolvimento como o Brasil, aponta para o aproveitamento de fontes alternativas de energia, como os recursos de energia eólica. Contudo, o desenvolvimento de projetos para o seu aproveitamento requer estudos prévios para a avaliação do perfil dos ventos de uma determinada região de interesse. Com este intuito, o trabalho apresenta análise estatística de ventos, coletados a 10, 25, e 50 m na Estação do Projeto SONDA instalada na Região Central do Rio Grande do Sul no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, em São Martinho da Serra. Com programas Wasp® foram obtidas as distribuições de frequências das direções e velocidades dos ventos, o que possibilitou a obtenção de curvas da função de Weibull e posterior comparação dos seus parâmetros entre as diferentes alturas e estações do ano. As direções nordeste (NE) e sudeste (SE) apresentaram maior ocorrência de ventos, assim como, as maiores velocidades dos ventos foram registradas durante o inverno e a primavera, no entanto, a análise de uma série maior de dados é recomendada para aumentar a confiabilidade das conclusões.

ABSTRACT: The depletion of the traditional energetic resources and the energy demand increase to support the life quality improvement observed in developing countries, like Brazil, recommends the adoption of alternative energy sources, such as the aeolic energy. However, the effective development of wind energy projects require previous statistic analyses of reliable wind data from the site where it is supposed to be held. Concerning to it, the work presents wind data statistical analyses for the central region of the estate of Rio Grande do Sul. Wind data acquired by SONDA station was analyzed for highs of 10, 25, and 50 meters at the Southern Space Observatory – SSO/CRS/CIE/INPE–MCT. The Wasp® software was used in order to get the directional and speed frequency distributions to provide the Weibull parameters for all altitudes and seasons. It was observed the wind prevalence for the northeast and southeast directions. The highest wind mean speeds were registered during winter and spring seasons. A larger data series analysis is suggested in order to improve the reliability of these conclusions.

Palavras-Chave: Energia Eólica, Análise de Ventos, Projeto SONDA

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por objetivo o estudo do comportamento anual e sazonal do regime dos ventos monitorados com a Estação de Referência SONDA – SMS, instalada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE – MCT, localizado em São Martinho da Serra, subunidade do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul.

A energia eólica é proveniente da radiação solar, através do aquecimento não uniforme da superfície terrestre, criando gradientes de pressão geradores dos ventos. Os ventos por sua vez, possuem outras forças moduladoras que lhe dividem em uma componente mais forte horizontal, que será analisada neste trabalho, e uma componente vertical de menor importância na Meteorologia.

O aproveitamento da energia eólica apresenta-se como uma alternativa de caráter limpo e renovável frente ao esgotamento das fontes tradicionais de energia e aos danos causados ao meio-ambiente decorrentes principalmente na queima de combustíveis fósseis. O aproveitamento consiste na transformação inicial de energia de movimento do vento para a energia mecânica de uma hélice – turbina eólica e a consequente conversão em energia elétrica não resultando na emissão de poluentes, porém passível de discussões sobre supostas emissões de ruídos em sistemas mal dimensionados [1].

Do ponto de vista local, o estudo do potencial eólico do Rio Grande do Sul ganha importância com o atual quadro climático do Estado, caracterizado pelas repetitivas estiagens durante o outono e verão.

No entanto, a atração e viabilidade de investimentos efetivos em projetos de exploração da energia eólica demandam estudos que avaliem os locais de maior potencial para instalação e operação de unidades coletoras, usinas e sítios eólicos. Esta avaliação está diretamente relacionada a realização de séries históricas de medidas confiáveis de velocidade, direção e frequência dos ventos.

A disponibilidade de dados de superfície se faz necessária mesmo que estimativas do potencial eólico fornecidas por modelos numéricos estejam disponíveis uma vez que a resolução espacial dos modelos não permite uma simulação da topografia e dos obstáculos próximos a superfície com a precisão exigida para o planejamento e desenvolvimento de projetos de exploração comercial desse recurso energético [2]. Com esta finalidade o Projeto SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais), voltado para o setor energético, está operando uma rede de estações coletoras de dados meteorológicos e ambientais em diferentes sítios brasileiros, com o intuito de atender a demanda de informações do setor energético e de possibilitar a validação e aprimoramento de modelos numéricos de previsão de recursos renováveis [3].

2. METODOLOGIA

A Estação de Referência SONDA – SMS dispõe, além de sensores radiométricos e climatológicos, de uma torre anemométrica de 52 metros de altura, apresentada na Figura 1, equipada com três anemômetros “*Wind Monitor-MA Model 05106*” (R. M. Young Company) instalados nas alturas de 10, 25 e 50 metros, que realizam medidas da velocidade horizontal (0 a 60 m/s) e direção dos ventos. Os anemômetros possuem diferentes resoluções temporais e períodos de dados empregados neste estudo conforme apresentado na Tabela 1. Esta diferença deve-se a posterior instalação do anemômetro a 10 m e a problemas ocorridos com o anemômetro a 50 m em 2007.

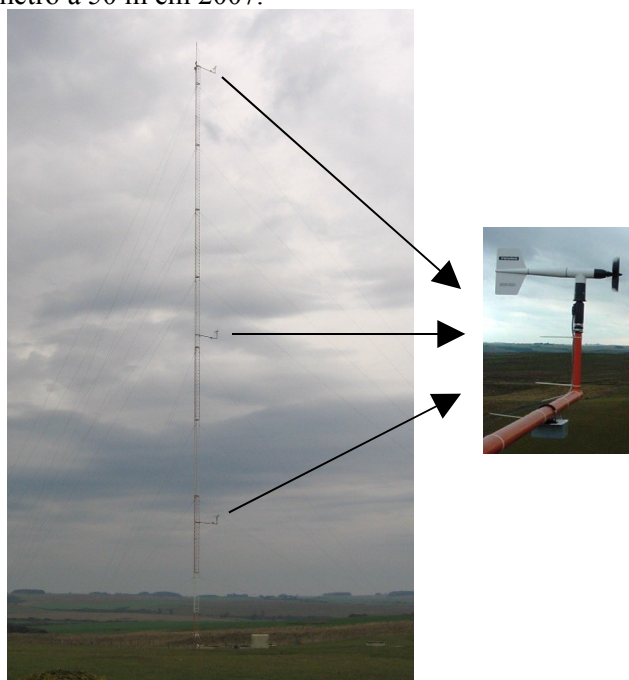


Figura 1: Torre anemométrica, com anemômetro no detalhe, instalados no Observatório Espacial do Sul.

Altura	Resolução Temporal	Período de Dados
10 m	1 minuto	06/2006 a 12/2007
25 m	10 minutos	01/2005 a 12/2007
50 m	10 minutos	01/2005 a 10/2006

Tabela 1 – Informações relativas as medidas dos anemômetros instalados no Observatório Espacial do Sul.

A função de distribuição de frequências de Weibull, representada pela Equação 1, é amplamente empregada pelo Setor Eólico na avaliação do perfil dos ventos.

$$f_w = \frac{k}{A} \left(\frac{v}{A} \right)^{(k-1)} e^{-\left(\frac{v}{A} \right)^k} \quad (1)$$

onde: f_w é a frequência de ocorrência de cada velocidade horizontal v do vento; k é o fator de forma e A é fator de escala.

O fator de forma (k), e o fator de escala (A) são parâmetros que definem a distribuição estatística dos ventos e estão relacionados respectivamente á forma da curva da distribuição de Weibull e á velocidade média dos ventos [1]. Os parâmetros da distribuição de Weibull permitem avaliar a persistência do vento tanto em termos de direção (fator forma) quanto em termos de velocidade média (fator de escala). A persistência do vento é de suma importância para a viabilidade do aproveitamento do recurso eólico de um local. Um fator de escala superior a 6 e um fator forma da ordem de 3 são, normalmente, considerados adequados para possibilitar a exploração econômica da energia eólica [2].

Neste trabalho foram obtidas as funções de Weibull, e a rosa dos ventos relativas a totalidade das medidas realizadas nas alturas de 10, 25, e 50m com o uso do software “Wasp® - Wind Atlas Analysis and Application Program”. Posteriormente dividiram-se as medidas de cada anemômetro em estações do ano, obtendo-se a análise sazonal dos ventos, e observou-se o comportamento dos ventos exclusivamente nas suas direções predominantes.

Os valores médios da velocidade do vento e densidade de potência, bem como dos parâmetros da função de Weibull foram comparados nas diferentes análises.

3. RESULTADOS

As distribuições estatísticas da velocidade dos ventos com suas funções de Weibull para as alturas de 10, 25 e 50 m são representadas nas Figuras 2 a 4 juntamente com os seus respectivos gráficos da Rosa dos Ventos que ilustram as distribuições estatísticas da direção dos ventos. Observam-se o sudeste (SE) e o nordeste (NE) como direções predominantes dos ventos em todas as alturas.

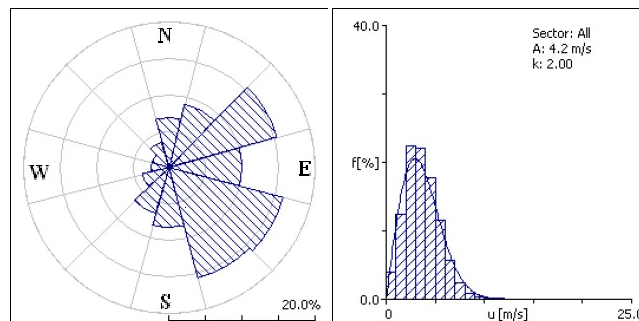


Figura 2. Distribuição estatística dos ventos a 10 m de altura medida no Observatório Espacial do Sul.

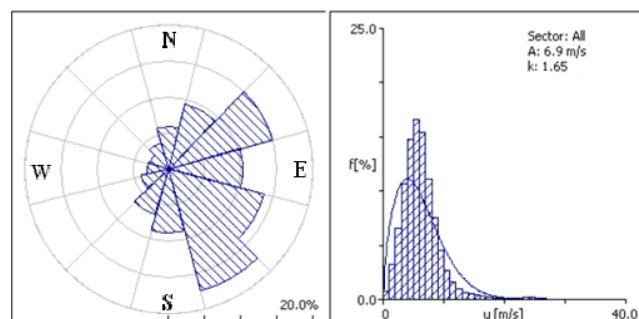


Figura 3. Distribuição estatística dos ventos a 25 m de altura medida no Observatório Espacial do Sul.

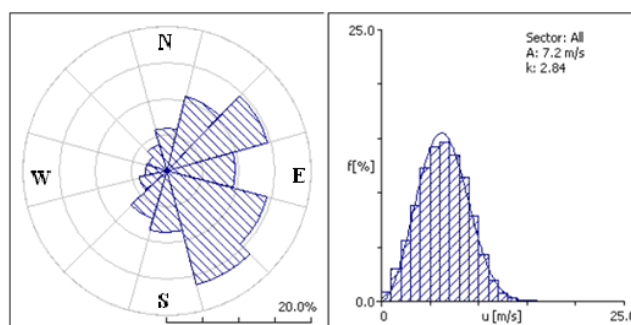


Figura 4. Distribuição estatística dos ventos a 50 m de altura medida no Observatório Espacial do Sul.

Os valores médios da velocidade dos ventos (U) e densidade de potência (P) medidos nas diferentes alturas são apresentados na Tabela 2 juntamente com os valores do fator de forma k e o fator de escala A calculados pela função de Weibull. A maior velocidade média e maior fator de escala foram verificada a 50 m, no entanto, a maior densidade de potência foi calculada para o anemômetro instalado a 25 m, devida a ocorrência de altas velocidades dos ventos, no ano de 2007, quando somente foram analisados dados a 10 e 25 m.

Altura	U (m/s)	P (w/m ²)	k	A
10 m	3,69	58,81	2,00	4,20
25 m	6,32	347,26	1,65	6,90
50 m	6,38	235,92	2,84	7,20

Tabela 2. Parâmetros da análise estatística dos ventos medidos no Observatório Espacial do Sul

A análise estatística sazonal dos ventos em ambas as alturas tem os seus principais resultados apresentados na Tabela 3. De modo geral, observa-se a ocorrência de maiores fatores de escala, densidade de potência e velocidades médias do vento durante o inverno e a primavera. Os dados coletados no outono e inverno de 2007 pelo sensor a 25m apresentaram valores acima da média do período utilizado neste estudo conforme apresenta a Tabela 4, o que proporcionou a determinação de valores maiores da densidade de potência para a altitude de 25 m nessas estações do ano.

Altura	Estação	U (m/s)	P (w/m ²)	k	A
10 m	Verão	3,39	39,11	2,38	3,80
	Outono	3,25	36,12	2,20	3,70
	Inverno	3,96	70,15	2,09	4,50
	Primavera	3,87	71,63	1,90	4,40
25 m	Verão	5,21	128,06	2,76	5,90
	Outono	6,41	297,32	2,03	7,20
	Inverno	7,51	752,84	1,29	7,70
	Primavera	5,99	189,52	2,85	6,70
50 m	Verão	5,86	182,83	2,84	6,60
	Outono	6,35	229,01	2,90	7,20
	Inverno	6,79	285,09	2,79	7,70
	Primavera	6,52	243,68	3,09	7,40

Tabela 3. Parâmetros da análise estatística sazonal dos ventos medidos no Observatório Espacial do Sul.

Período	Estação	U (m/s)	A
2007	Outono	7,68	8,60
	Inverno	11,75	12,50
2005 a 2007	Outono	6,41	7,20
	Inverno	7,51	7,70

Tabela 4. Comparação da velocidade média e fator de escala dos ventos medidas no outono e inverno de 2007 com os valores medidos em todo o período analisado para o anemômetro de 25 metros.

As análises dos parâmetros da função de Weibull e dos valores da velocidade média e densidade de potência dos ventos calculados exclusivamente nas duas direções predominantes para cada altura do anemômetro indicaram que a direção nordeste (NE), apesar de possuir a frequência ligeiramente inferior, possui todas as demais variáveis analisadas superiores às apresentadas pela direção sudeste (SE), conforme demonstra a Tabela 5.

Altura	Direção	Frequência	U (m/s)	P (w/m ²)	k	A
10 m	SE	16%	3,86	62	2,16	4,40
	NE	15%	4,44	75	3,00	5,00
25 m	SE	17%	6,21	305	1,85	7,00
	NE	15%	6,84	368	2,04	7,70
50 m	SE	16%	6,57	238	3,13	7,30
	NE	14%	7,90	359	4,47	8,70

Tabela 5. Parâmetros da análise estatística dos ventos nas suas direções predominantes medidas no Observatório Espacial do Sul.

4. CONCLUSÃO

A ocorrência de um período com maiores velocidades médias dos ventos ocasionou o cálculo de elevados valores da velocidade dos ventos e principalmente da densidade de potência em algumas das análises. No entanto, através da análise estatística dos dados eólicos coletados no Observatório Espacial do Sul foi possível observar a predominância dos ventos nas direções sudeste (SE) e especialmente nordeste (NE), com a ocorrência de maior fator de forma (2,84), e fator de escala (7,20) para os dados coletados na altura de 50 m.

Para o período de aproximadamente dois anos analisados neste estudo, verificou-se a ocorrência de maiores velocidades médias (U) e fatores de forma (k) durante as estações do inverno e primavera, o que é importante para a posterior análise da complementaridade da energia eólica com outras fontes energéticas disponíveis na região estudada, através do estudo de fatores como índices pluviométricos, vazões de bacias hidrográficas, entre outros. Na continuidade do trabalho pretende-se investigar os períodos diários com maiores velocidades dos ventos, e as correlações dos recursos eólicos com as demais variáveis climatológicas coletadas na Estação SONDA - SMS, e as análises levando em consideração a rugosidade do terreno.

A base de dados analisada deverá ser ampliada com a finalidade de minimização das incertezas discutidas no trabalho, procurando-se igualar o período de dados analisados para cada altura, de forma a tornar possível a obtenção de informações mais confiáveis relativas ao potencial eólico da Região Central do Rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS: À Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP/MCT pelo financiamento do Projeto SONDA (Processo nº. 22.01.0569.00). Ao Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT pela aprovação de Projetos de Pesquisa de Iniciação Científica e ao INPE/MCT pela concessão de estágio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CARVALHO, P. **Geração Eólica**. Fortaleza, Imprensa Universitária, 146p. 2003.
- [2] Martins, F. R.; Guarnieri, R. A., Pereira, E. B. O aproveitamento da Energia Eólica. Revista Brasileira de ensino de Física. Artigo aceito para publicação.
- [3] Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). Projeto SONDA. Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais. [online] <http://www.cptec.inpe.br/sonda/>. Acessado em Março de 2008.