



Análise da Velocidade Média dos Ventos na Região do Observatório Espacial do Sul: estudo preliminar.

Marcelo P. Pes^(1,2), Leonardo A. Biazzi^(1,2), Marcus Guedes^(1,2), Sylvio L. Mantelli Neto⁽⁴⁾, Ricardo A. Guarnieri⁽³⁾, Enio B. Pereira⁽³⁾, Nelson J. Schuch⁽²⁾.

¹Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM.

²Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRSPE/INPE – MCT.

³Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – DMA/CPTEC/INPE.

⁴Universidade Federal de Santa Catarina – LABSOLAR – Florianópolis – SC.

marcelo@lacesm.ufsm.br

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The economy growth in developing countries, like Brazil, is related to the increase in energy demand. The use of fossil fuels should be avoided because it elevates the CO₂ emission rates to the atmosphere. Besides, such resources are limited and they don't contribute to a sustained development. Therefore, the most promising scenario should contemplate the use of clean and renewable energies. Aeolic Energy is one of the best choices of natural and renewable energy sources, which can be converted to electricity. The SONDA Project – *Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais* or System of National Organization of Environmental Data - coordinated by the *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* through the *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos* - CPTEC/INPE, was developed to study and to evaluate new sources of renewable energy in Brazil, with emphasis in the Solar and Aeolic energies. The main goal of this work is to study the behavior of the winds in the central region of the Rio Grande do Sul state, Brazil, in the period from August/2004 to March/2005. Two Anemometers - Model 05106 (R. M. Young Co.) were used to do this analysis. They are installed at 25 and 50 meters of height in a metallic tower, located at the Southern Space Observatory - SSO/CRSPE/INPE-MCT - Lat. 29,44°S, Long. 53,82°W, in São Martinho da Serra - RS, Brazil. In the analysis, the average speed of winds, for 25 and 50 meters, were calculated. The results from the anemometer installed at 50 meters height were compared with the Aeolic Atlas of Rio Grande do Sul. In this comparison, it was verified that the 50-meters-height wind speed average at the SSO is about 1.41 m/s larger than the maximum value indicated in the Atlas. This means that SSO wind speed average at 50 meters height is 28.2% higher than the Atlas maximum. That difference is justified in terms of surfaces properties, as geometry, altitude, vegetation, lakes or rivers at the measured site, which may affect the mesoscale and microscale general atmospheric circulation. Another fact to be considered is that the average obtained at SSO is only relative to 8 months.

Introdução

A energia de movimento, contida nas correntes de circulação de ar, é oriunda da radiação solar e do movimento de rotação da Terra. A radiação solar provoca um aquecimento diferencial de porções de ar, criando os gradientes de pressão, geradores dos ventos que ocorrem tanto em escala global (latitudes e ciclo diurno) quanto local (mar-terra, montanha-vale). Para fins de estudo pode-se imaginar o vento como uma corrente contínua de ar. Consequentemente, ao se examinar cada força que influencia o movimento do ar, se estará examinando a força por unidade de massa do mesmo. Uma força por unidade de massa é numericamente igual a uma aceleração, conforme a segunda Lei de Newton para o movimento:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

onde \vec{F} é força, m é massa e \vec{a} é aceleração.

As forças que atuam sobre parcelas de ar são: a força do gradiente de pressão, força de Coriolis, força centrífuga, força de atrito e a força da gravidade. A seguir discutiremos duas dessas forças.

Um gradiente de pressão existe quando a pressão do ar varia de uma região para outra. Se um elemento de fluido está sujeito a uma pressão maior de um lado que no outro, esse desequilíbrio produzirá uma variação espacial de pressão, com o surgimento de uma força resultante. Para deduzir a expressão dessa força, pode-se considerar um pequeno bloco de fluido com dimensões Δn , Δs , Δz , Figura 1. O sistema de coordenadas é tal que o eixo s é paralelo às isóbaras, o eixo n aponta na direção da pressão mais alta e o eixo z aponta para cima. A força da pressão exercida pelo ar ambiente sobre a face esquerda do bloco é $p\Delta s\Delta z$, onde p é pressão sobre esta face. Na face oposta há uma força oposta, devido à pressão do ar ambiente, dada por $(p + \Delta p)\Delta s\Delta z$. Supondo que Δn seja suficientemente pequeno para que se possa considerar que a taxa de variação da pressão com a distância, $\partial p/\partial n$, seja constante sobre Δn , pode-se escrever:

$$\Delta p = \frac{\partial p}{\partial n} \Delta n \quad (2)$$

onde $\partial p/\partial n$, a taxa de variação da pressão na direção n , é a derivada parcial de p em relação a n , considerando s e z como constantes.

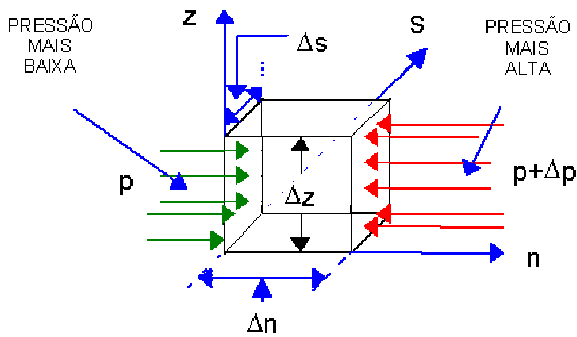


Figura 1 – Pressão horizontal atuando sobre uma pequena parcela de fluido (Fonte: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteol/>)

O componente n da força de pressão resultante sobre o bloco, é a soma vetorial sobre as duas faces opostas.

A força de Coriolis é outra força que atua sobre parcelas de ar e que surge como consequência de observar os movimentos do ar num sistema de coordenadas não inercial, ou seja, um sistema de coordenadas fixo sobre a superfície, que gira com ela. As leis de Newton para o movimento são válidas em um sistema de referência inercial (sem aceleração). Para usá-las num sistema não inercial podem-se adaptar as leis de Newton introduzindo forças fictícias. A conexão entre uma aceleração observada de um sistema inercial, \vec{a} , e aquela observada de um sistema não inercial, \vec{a}' , é dada por:

$$\vec{a}' = \vec{a} + \vec{a}_{fict} \quad (3)$$

onde a aceleração fictícia, \vec{a}_{fict} , é dada por:

$$\vec{a}_{fict} = -\vec{A} \quad (4)$$

sendo A a aceleração do sistema não inercial. A equação (3) pode ser escrita em termos de forças, multiplicando-se os termos pela massa:

$$\vec{f}' = \vec{f} + \vec{f}_{fict} \quad (5)$$

Considerando-se parcelas de massa unitária, a (3) e (5) são numericamente iguais.

A força de Coriolis só atua sobre corpos (no nosso caso, parcelas de ar) em movimento com relação ao sistema fixo a Terra e sempre na direção perpendicular ao movimento, de modo a alterar apenas a direção do movimento. A força de Coriolis depende da latitude, sendo nula no equador e máxima nos pólos. Isto ocorre porque a força de Coriolis provém da rotação da Terra sobre seu eixo, produzindo uma rotação do sistema de referência fixo a Terra. A rotação do nosso sistema de referência é máxima nos pólos e diminui com a latitude, até anular-se no equador. Nos pólos, onde a superfície é perpendicular ao eixo da Terra, a rotação diária faz com que o plano horizontal do nosso sistema de coordenadas faça uma volta completa em torno do eixo vertical a cada 24 horas. Em outras palavras, a superfície sobre a qual o

vento sopra faz uma rotação completa cada dia. No equador a superfície terrestre é paralela ao eixo de rotação da Terra; conseqüentemente, ela não sofre rotação em torno de um eixo vertical à superfície. Portanto, no equador a superfície sobre a qual o vento sopra não sofre rotação num sentido horizontal.

Devido ao diferenciado balanço dessas forças, à influência de sistemas meteorológicos e ao relevo particular de cada localidade, o comportamento dos ventos pode variar consideravelmente de um local para outro, tanto em velocidade como em direção. Neste trabalho serão apresentados alguns resultados preliminares sobre a velocidade dos ventos para uma estação de coleta de dados do Projeto SONDA, localizada em São Martinho da Serra – RS, mais especificamente no Observatório Espacial do Sul. Nesta estação dados de radiação solar e velocidade/direção dos ventos são obtidos com equipamentos de alta qualidade.

Metodologia

Para obter as medidas de velocidade dos ventos foram utilizados dois anemômetros modelo 05106 (R.M. Young Co.), instalados a 25 metros e 50 metros de altitude em uma torre anemométrica de 52 metros. Este equipamento realiza medidas de 0 m/s a 60 m/s resistindo a rajadas de até 100 m/s, fornecendo uma medida a cada segundo. Os dados são armazenados em um Datalogger CR23X Micrologger (Campbell Sci.), onde são armazenadas as médias de cada 10 minutos. Os equipamentos estão instalados no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE-MCT - Lat. 29,44°S, Long. 53,82°O, em São Martinho da Serra -, e fazem parte do projeto SONDA do CPTEC/INPE – MCT.



Figura 2 - Anemômetros na torre anemométrica a 50 metros (esquerda) e 25 metros (direita).

Os resultados de velocidade dos ventos foram comparados com os valores fornecidos pelo Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, com medições anemométricas de 40 metros a 50 metros de altura. As médias da velocidade dos ventos e a comparação com o Atlas Eólico foram realizadas para o período entre o mês de Agosto/2004 e Março/2005.

Resultados

Com os dados de velocidade dos ventos nas altitudes de 25 metros e 50 metros, coletados entre os meses de

Agosto/2004 e Março/2005, foram feitas médias preliminares da velocidade dos ventos. Os resultados de velocidade média de ventos foram: 5,3 m/s para 25 metros de altitude; e 6,41 m/s para 50 metros de altitude. Com base nesses valores, foi efetuada uma comparação com o Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, constatando-se que o valor da média calculada com os dados observacionais excedeu o valor máximo estipulado pelo Atlas em 1,41 m/s, ou 28,2%, no que diz respeito à velocidade dos ventos em 50 metros de altura. Vale ressaltar que para a região central do Rio Grande do Sul o Atlas estabelece um valor médio anual na faixa de 4 m/s a 5 m/s.

Com relação às variações ao longo das estações do ano, o atlas eólico apresenta mapas com velocidades médias para cada estação do ano (Figuras 7 e 8), onde observa-se que os valores são mais elevados para a estação de primavera do que para o verão. Este mesmo comportamento foi observado na análise dos dados deste trabalho, tendo sido observada uma sensível tendência de redução da velocidade dos ventos ao longo do período estudado (Figura 6).

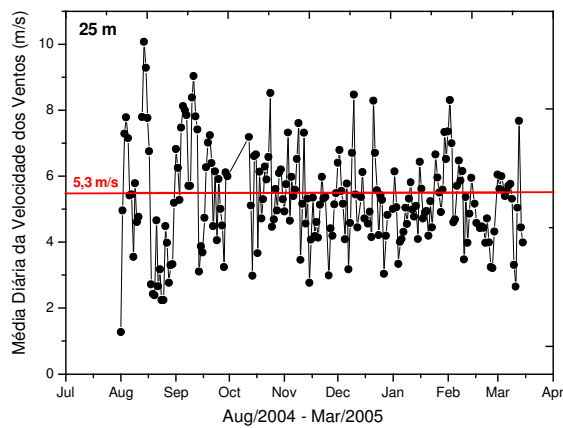


Figura 3 – Velocidade média dos ventos a 25 metros.

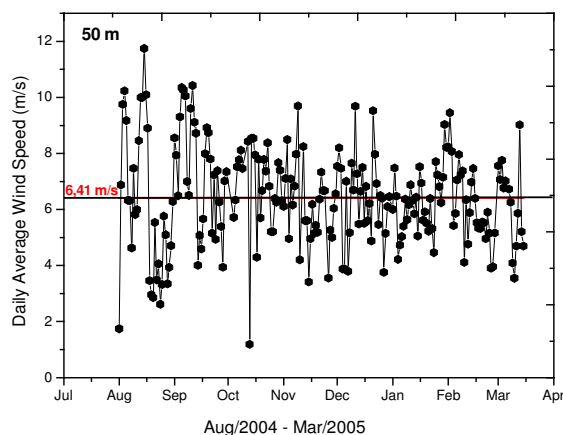


Figura 4 – Velocidade média dos ventos a 50 metros.

Nas Figuras 3 e 4, cada ponto corresponde à média diária. Os gráficos seqüenciais variam durante o período de Agosto/2004 a Março/2005.

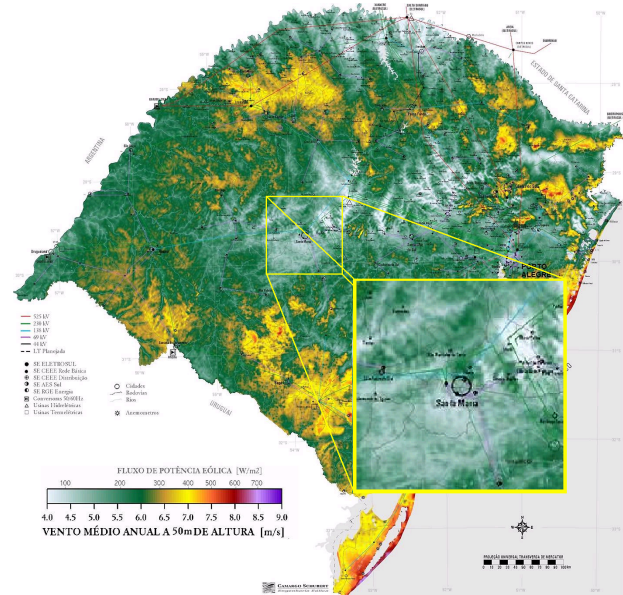


Figura 5 – Média anual de velocidade dos ventos a 50 metros para o estado do Rio Grande do Sul. (Fonte: Atlas Eólico do Estado do Rio Grande do Sul. <http://www.semc.rs.gov.br/atlas/intro.htm>).

No Atlas Eólico (Figura 5), vemos a região de São Martinho da Serra destacado, é possível identificar também a cidade de Santa Maria (maior cidade da região). Conforme a legenda, a velocidade média dos ventos para a região central Estado do Rio Grande do Sul, é de 4 m/s a 5 m/s.

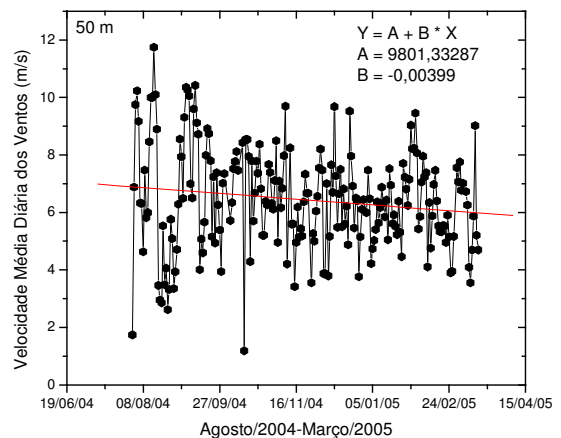


Figura 6 – Tendência da velocidade média dos ventos entre Agosto/2004 a Março/2005.

Podemos observar que há um decréscimo na velocidade média dos ventos no período de transição inverno/primavera/verão (Figura 6). O ajuste linear aplicado aos dados mostra que há uma tendência de

redução da velocidade dos ventos no período entre Agosto e Março, de acordo com os mapas eólicos das Figuras 7 e 8. A função ajustada é da forma $Y = A + B * X$, onde $A = 9801,33287$ e $B = -0,00399$.

O Atlas Eólico mostra a sazonalidade da velocidade dos ventos como podemos verificar nas Figuras 7 e 8.

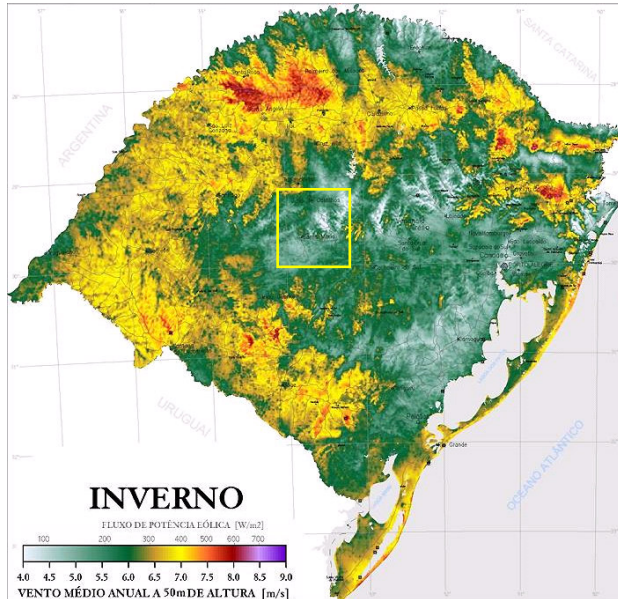


Figura 7 - Velocidade para o período de primavera em altitudes de 50 metros para o estado do Rio Grande do Sul. (Fonte: Atlas Eólico do Estado do Rio Grande do Sul. <http://www.semc.rs.gov.br/atlas/intro.htm>)

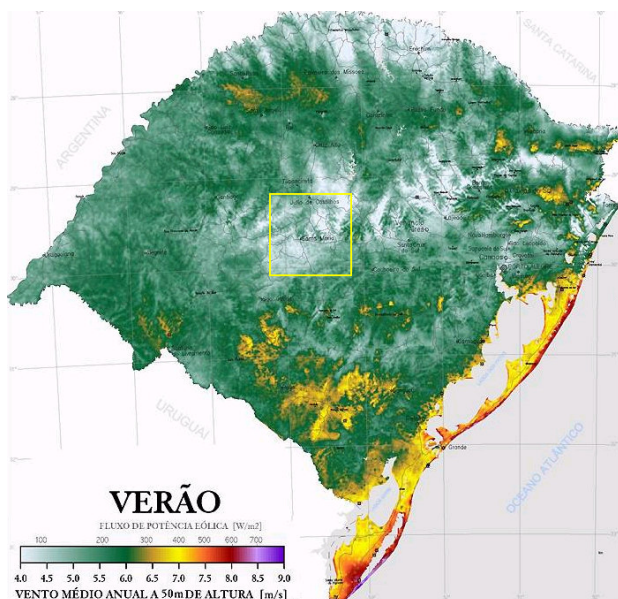


Figura 8 – Velocidade para o período de verão em altitudes de 50 metros para o estado do Rio Grande do Sul. (Fonte: Atlas Eólico do Estado do Rio Grande do Sul. <http://www.semc.rs.gov.br/atlas/intro.htm>)

Conclusões

Verificou-se que a média de velocidade dos ventos na altitude de 25 metros foi de aproximadamente 5,3 m/s e para 50 metros de altitude velocidade de 6,41 m/s para o período de Agosto/2004 a Março/2005. O valor obtido do Anemômetro instalado a 50 metros de altitude foi comparado com o valor da média anual fornecida pelo Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, e constatado que há uma diferença de 1,41 m/s acima do valor máximo fornecido pelo Atlas. No entanto é preciso considerar que o Atlas traz uma média anual e a média obtida no Observatório Espacial do Sul é referente a 8 meses de observação. Outros fatores como as propriedades de superfície, geometria, altitude do terreno e a vegetação local são fatores de grande influência nas variações da microescala, em temos regimes locais de ventos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos (projeto SONDA - 22.01.0569.00) - ao MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia – ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, a AEB - Agência Espacial Brasileira - pelos recursos, e a equipe do Projeto SONDA. Ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais pela estrutura e apoio, e ao Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria.

Referências

Atlas Eólico do Rio Grande do Sul/SEMEC - Secretaria de Energia, Minas e Comunicações do Rio Grande do Sul. (<http://www.semc.rs.gov.br/atlas/intro.htm>). Acessado em abril de 2005.

GRIMM, A. M., Meteorologia Básica – Notas de Aula. In: Site da Universidade Federal do Paraná. (<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cabe.html>). Acessado em abril de 2005.

Material baseado nas seguintes referências:

- LUTGENS, F. K. e E. J. TARBUCK, The Atmosphere: an Introduction to Meteorology. Prentice Hall, 1989.
- MORAN, J. M. e M. D. MORGANN, Meteorology: Atmosphere and the Science of Weather. MacMillan, 1989.
- WALLACE, J. M. e P. V. HOBBS, Atmospheric Science: an Introductory Survey. Academic Press, 1977.
- LIU, KUO-NAN, An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press.

KRUSCHE, N., Fundamentos de Meteorologia e Climatologia. In: Site do Laboratorio de Meteorologia da Fundação Universidade do Rio Grande. (http://iara.meteo.furg.br/page/aulas/ventoscirc/po_ligvent.pdf). Acessado em abril de 2005.