

Carlos Alberto Ferreira Gisler
Instituto do Controle do Espaço Aéreo
São José dos Campos/SP – Brasil
gisler@icea.gov.br

Gilberto Fisch*
Instituto de Aeronáutica e Espaço
São José dos Campos/SP – Brasil
gilbertofischgff@iae.cta.br

Cleber de Sousa Correa
Instituto do Controle do Espaço Aéreo
São José dos Campos/SP – Brasil
cleber@icea.gov.br

*autor para correspondência.

Análise estatística do perfil de vento na camada limite superficial no centro de lançamento de Alcântara

Resumo: A análise estatística do perfil de vento obtido junto à torre anemométrica do Centro de Lançamento de Alcântara foi realizada com base nos dados de vento (direção e velocidade), coletados no período de 1995 a 1999, obtidos em seis níveis diferentes: 6,0; 10,0; 16,3; 28,5; 43,0 e 70,0 m. Nesta análise, foram considerados os meses característicos das estações chuvosa (março) e seca (setembro), na região do Centro de Lançamento de Alcântara. O total de dados analisados para o período chuvoso (março) foi de 76.882 perfis do vento (intervalo de tempo de dez minutos) e para o período seco (setembro), foi de 109.809. Foram obtidos os valores médios da velocidade (ou intensidade) do vento, desvio padrão, mediana, moda e predominância da direção do vento. Obteve-se a como direção predominante NE com 33 e 40% de frequência de ocorrência para os períodos chuvoso e seco, respectivamente. Os valores médios da velocidade do vento apresentam dependência com a altura, sendo observado que os níveis mais elevados da torre anemométrica apresentam as maiores intensidades no período seco ($8,2 \text{ ms}^{-1}$). Os valores da velocidade média dos ventos observada foram de $6,4 \text{ ms}^{-1}$ para o período seco e de $4,1 \text{ ms}^{-1}$ para o chuvoso. Na análise das distribuições de dados, foram realizados ajustes para as distribuições estatísticas normal e Weibull. Os resultados mostram que a velocidade do vento está ajustada para um nível de significância de 95% ($\alpha=0,05$) à distribuição estatística normal e Weibull. A distribuição de Weibull, para o período completo, apresentou ajuste para valores entre $3,0$ e $9,0 \text{ ms}^{-1}$ e a distribuição normal apresentou um bom ajuste para valores entre $4,0$ e $9,0 \text{ ms}^{-1}$.

Palavras-chave: Torre Anemométrica, Distribuição estatística de Weibull, Distribuição Normal, Anemômetros.

Statistical analysis of wind profile in the surface layer at the Alcântara launching center

Abstract: Statistical analysis of the wind profile made at an anemometric tower installed at the Alcântara Launching Center was based on wind data (direction and wind speed) collected between 1995 up to 1999, which was carried out at six different levels: 6.0, 10.0, 16.3, 28.5, 43.0, and 70.0 m. This analysis was made for typical rainy months (March) and dry (September) season, in the Alcântara Launching Center area. The analyzed data total during the wet season (March) was 76,882 wind profiles (time interval of ten minutes) and during the dry season (September) was of 109,809 profiles. It was computed the mean wind speed (or intensity) of the wind, standard deviation, median, mode, and the prevailing wind direction. The predominant direction was from NE with 33 and 40% for wet and dry seasons, respectively. The average values of wind speed showed a dependency with height and it was observed that the highest levels of the anemometric tower have the strongest wind speed in the dry period (8.2 ms^{-1}). The values of average wind speeds observed were 6.4 ms^{-1} for the dry season and 4.1 ms^{-1} during the wet one. The normal and Weibull statistical distributions were adjusted to the observed data set. Results show that the wind speed is adjusted to a 95% level ($\alpha=0.05$) for the normal and Weibull statistical distributions. The Weibull distribution for the entire period presented and adjust to values between 3.0 and 9.0 ms^{-1} , and the normal one showed a good fit for values between 4.0 and 9.0 ms^{-1} .

Keywords: Anemometric tower, The Weibull statistical distribution, Normal distribution, Anemometers.

Received: 03/06/11

Accepted: 21/07/11

INTRODUÇÃO

O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) tem, por missão, o lançamento de cargas úteis (satélites e/ou experimentos científicos) brasileiros, por meio do veículo lançador de satélites (VLS) e/ou foguetes de sondagem, tal como o VSB-30. O lançamento de um satélite brasileiro, por um veículo nacional, a partir de um centro espacial no Brasil, compõe a denominada Missão Espacial Completa Brasileira (MECB). Para o sucesso de qualquer lançamento ou operação aeroespacial, é de vital importância o conhecimento das condições meteorológicas da região. Dentre tais variáveis, podem ser ressaltados os ventos (de superfície e altitude) como possíveis agentes de influência e/ou modificação na trajetória dos veículos. A Fig. 1 mostra a área do Setor de Preparação e Lançamento (SPL) do CLA, notando-se a torre móvel de integração, a casamata e a torre anemométrica (TA), bem como a proximidade da costa litorânea.

O conhecimento da variação temporal da velocidade e direção do vento é de grande interesse para as atividades operacionais nos lançamentos de foguetes, que são realizados nos Centros de Lançamento (como, por exemplo, no Kennedy Space Center – EUA e/ou no *Centre Spatial* Guianense, na Guiana Francesa), devido às flutuações, vórtices e turbilhões que compõem a turbulência atmosférica do local. O conhecimento do perfil vertical do vento possibilita identificar os processos da troca de *momentum* e as características do vento em níveis diferentes. Recentemente, Johnson (2008) publicou um relatório, que mostrava os critérios do vento a serem considerados para estudos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) na área de veículos espaciais, bem como as informações do vento (tanto de superfície como de altitude) a serem consideradas para o lançamento de foguetes. No caso específico do CLA, os estudos desenvolvidos pelo



Fonte: Gislei (2009).

Figura 1. Vista parcial da área do SPL, mostrando a disposição da Casamata, a Torre Móvel de Integração (TMI) e Torre Anemométrica (TA).

projeto de meteorologia aeroespacial (Pires et al., 2009; Fisch et al., 2010) mostram a complexidade do escoamento atmosférico gerado pela presença da falésia no local.

O clima de Alcântara apresenta grande complexidade do ponto de vista meteorológico, com a influência de vários sistemas atmosféricos comuns à região tropical, tais como: a brisa marítima (BM); a zona de convergência intertropical (ZCIT); o distúrbio ondulatório de Leste (DOL); o vórtice ciclônico em altos níveis (VCAN); as linhas de instabilidade (LI) e os sistemas frontais (SF). Apesar disto, as características climáticas evidenciam dois macrorregimes pluviométricos: uma época seca, que compreende o período de agosto a dezembro, e outra chuvosa de janeiro a julho (Fisch, 1999; Guedes e Oyama, 2004).

Os ventos apresentam-se com características de forte intensidade na época seca, em parte devido ao aumento do contraste térmico entre continente e oceano, intensificando-se as brisas marítimas e terrestres e atingindo a velocidade de $7,0 \text{ ms}^{-1}$ (Coutinho e Fisch, 2007). Na época chuvosa, o contraste térmico entre o continente e o oceano é menor; em consequência, os ventos possuem menor intensidade, com velocidades de aproximadamente $3,0 \text{ ms}^{-1}$ (Guedes e Oyama, 2004).

Considerando-se o vetor médio do vento para as épocas chuvosa e seca (Fig. 2), observa-se que a direção é de NE com velocidade entre $4,0$ e $5,0 \text{ ms}^{-1}$ na época chuvosa, sendo que esta velocidade aumenta para $5,0$ e $6,5 \text{ ms}^{-1}$ na época seca. Ressalta-se que esta configuração é oriunda da saída dos produtos de previsão numérica de tempo (reanálises).

O regime dos ventos no CLA tem predominância de NE, sendo que sua velocidade apresenta uma variação com a altura do perfil, ou seja, segue a lei logarítmica de aumento da velocidade com a altura (Fisch, 1999; Roballo e Fisch, 2008).

O ajuste do campo de vento por distribuições estatísticas tem sido estudado por vários autores. Dentre eles, Souza e Granja (1997) fizeram o ajuste do vento para a região do Mato Grosso do Sul, encontrando bons resultados para o ajuste com a distribuição de Weibull. Também salientam que a distribuição de Weibull tem dificuldades em ajustar os dados do vento para valores muito baixos (inferior a $2,0 \text{ m/s}$). Por outro lado, Yim et al. (1999) ajustaram os valores de vento em intervalos de dez minutos para as distribuições estatísticas de Gumbel e Weibull e também concluíram sobre a adequabilidade do uso da distribuição de Weibull. Resultados similares também foram encontrados por Silva et al. (2002) para uma série climatológica (15 anos) dos dados de vento no NE do Brasil.

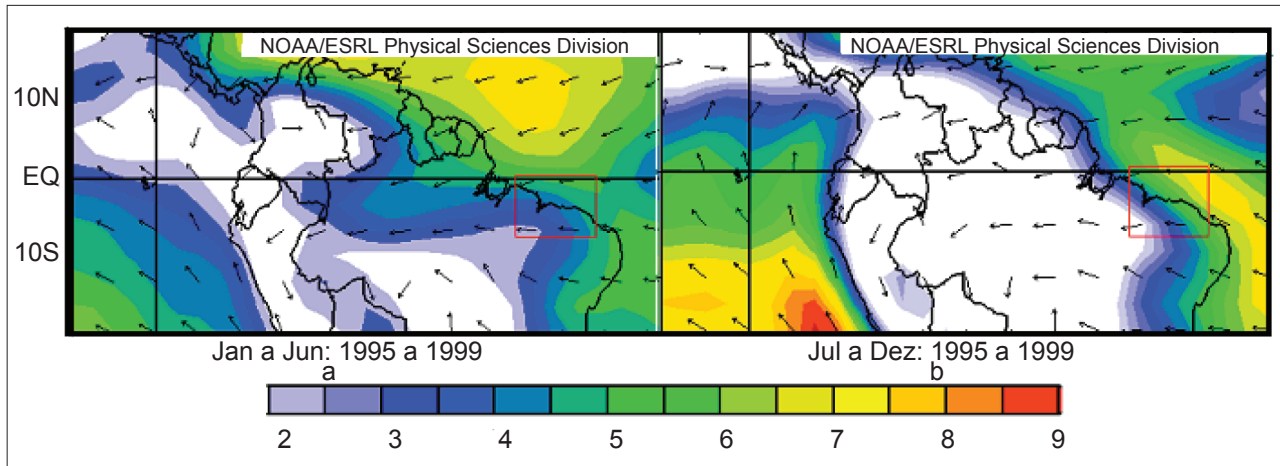


Figura 2. Reanálises do vetor médio da época chuvosa (janeiro a junho) e seca (julho a novembro), em ms^{-1} .

O objetivo deste trabalho consistiu na análise dos perfis verticais do vento (PVV) dos dados coletados na TA, do CLA. As informações possibilitam a caracterização estatística detalhada do vento na região do CLA, nos períodos chuvosos e seco, e visam aumentar o conhecimento da climatologia da região, aumentando a segurança dos lançamentos de foguetes.

DADOS E METODOLOGIA

A área de estudo é o CLA, localizada no município de Alcântara ($2^{\circ}24'S$; $44^{\circ}25'W$; 40 m), como pode ser visto na Fig. 3, situada a aproximadamente 20 km ao Sudeste de São Luis, no Maranhão, na região Nordeste do Brasil – NEB (CLA, 2008).

Em relação à climatologia do local, a nebulosidade apresenta uma variação sazonal muito acentuada, com média superior a cinco oitavos na época chuvosa e sendo reduzida para um valor inferior a três oitavos na época seca. Tal comportamento está associado com o regime pluviométrico, que apresenta chuvas intensas (período chuvoso) entre janeiro e junho, com picos em março e abril, e um período de forte estiagem (seca) de julho a dezembro. A temperatura média mensal apresenta uma pequena amplitude anual de $1,4^{\circ}C$; sendo que o mês mais quente é novembro com média de $28,1^{\circ}C$ e o mais frio, março com média de $26,7^{\circ}C$. (Pereira, 2002).

As séries de dados estudadas foram obtidas pelos sensores instalados na TA do CLA, em uma estrutura metálica de 70 m. A Fig. 4a mostra uma vista panorâmica da TA e dos sensores de direção e velocidade do vento, sendo que a Fig. 4b mostra um aerovane em detalhes.

O equipamento utilizado foi um anemômetro (aerovane) da R.M Young (anemômetro de Modelo 05106, Traverse City

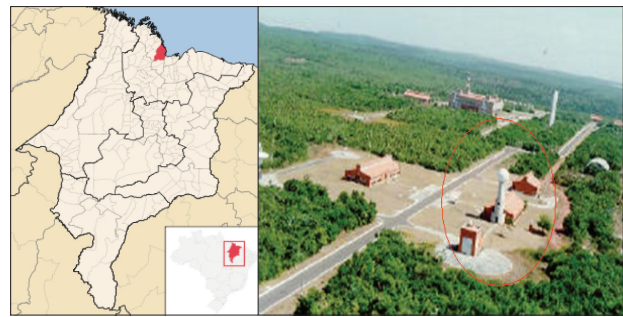


Figura 3. Localização do município de Alcântara – MA (esquerda) e vista parcial do CLA, com destaque para o Setor de Meteorologia (direita).

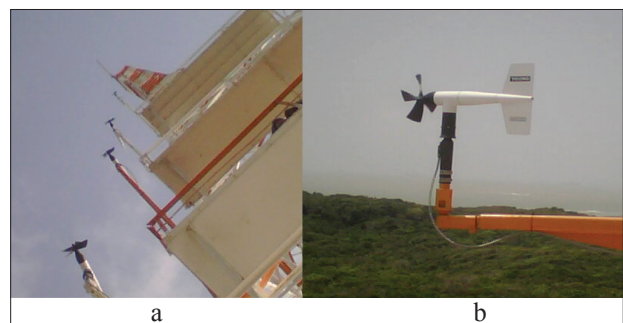


Figura 4. Vista da TA e dos sensores anemométricos.

– MI, USA), que mede a velocidade horizontal (hélices) e a direção (aerovane) do vento (Fig. 4b). Estes anemômetros foram instalados em seis níveis, nas alturas de 6,0 (nível 1), 10,0 (nível 2), 16,3 (nível 3), 28,5 (nível 4), 43,0 (nível 5) e 70,0 m (nível 6), e são rotineiramente calibrados no túnel de vento do Instituto de Aeronáutica e Espaço/Divisão de Aerodinâmica (IAE/ALA), seguindo procedimentos usuais de calibração dos sensores de vento.

A coleta dos dados foi realizada automaticamente por meio de um sistema de aquisição de dados CR-7, da

Campbell Scientific Instrument (Logan – UT, USA), transmitindo os dados por meio da fibra ótica para o Setor de Meteorologia do CLA. A taxa de amostragem dos sensores é de 0,5 Hz, sendo que os valores médios e estatísticos são armazenados em intervalos de dez minutos para cada nível da TA. A constante de distância do aerovane é de 3,3 m (para uma recuperação de 63%), o que produz uma constante de tempo de 0,5 segundos para um vento típico de 6 m/s (Fisch, 1999).

A partir dos dados coletados na TA do CLA, foram gerados arquivos mensais com as alturas, direção e intensidade do vento a cada dez minutos, as quais são denominadas PVV. O período considerado para a análise foi de 1995 a 1999, com um total de 859.468 perfis.

Para analisar as características estatísticas das variáveis de velocidade e direção do vento, os dados foram agrupados em diferentes escalas de tempo (meses e anos), sendo determinados os valores médios, o desvio padrão (DP) e a variância da amostra, os valores de mediana, moda e extremos (máximos e mínimos), bem como a distribuição de frequência, na qual os dados se ajustaram melhor.

Para a determinação dos parâmetros das distribuições normal e Weibull, utilizou-se o *software* MATLAB® 6.5. Para avaliar o ajuste das distribuições ao conjunto de dados, foram usados três métodos: o teste do qui-quadrado, o de Kolmogorov-Smirnov e gráficos de probabilidades empíricas acumuladas *versus* teóricas acumuladas.

Na análise das distribuições estatísticas, os valores com velocidade igual a zero e os superiores a 18,0 ms⁻¹ foram desconsiderados, por apresentarem pouca representatividade na série (menos de 0,01% dos dados) e por não serem representativos dos ventos que ocorrem na região do CLA.

A equação da distribuição normal é especificada usando dois parâmetros, a saber: a média populacional, μ , e o DP populacional, σ , ou equivalentemente a variância populacional σ^2 . Denota-se $N(\mu, \sigma^2)$ à curva normal com média μ e variância σ^2 . A distribuição normal é simétrica em torno da média, o que implica que os valores de tendência central (média, mediana e moda) são todos coincidentes. A função de densidade de probabilidade ($f(x)$) é dada por (Eq. 1):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\}. \quad (2)$$

As funções de densidade de probabilidade $f(x)$ e de probabilidade acumulada $F(x)$ para a distribuição de Weibull podem ser representadas como (Eq. 2 e 3):

$$f(x) = a b x^{b-1} \exp -ax^b \quad (2)$$

$$F(x) = 1 - \exp -ax^b \quad (3)$$

Nessas, os coeficientes a e b são, respectivamente, os parâmetros de escala e forma. Os seus momentos de ordem 1 em relação à origem (μ_1') e centrado de ordem 2 (μ_2) são dados por (Eq. 4 e 5):

$$\mu_1' = E(x) = \bar{x} = a^{-1/b} \Gamma(1+b^{-1}) \quad (4)$$

e

$$\mu_2 = S^2 = a^{-2/b} [\Gamma(1+2b^{-1}) - \Gamma^2(1+b^{-1})] \quad (5)$$

Os parâmetros de ajuste para as distribuições foram computados pelo método da máxima verossimilhança, o qual, na maioria dos casos, leva às melhores estimativas (menores valores do erro médio quadrático), usando as ferramentas estatísticas do pacote MATLAB.

RESULTADOS

Predominância do vento

A Fig. 5 mostra a frequência da direção do vento, observado em março (característico da época chuvosa) e setembro (característico da época seca).

Observa-se, na Fig. 5a, que a rosa dos ventos para março apresenta maior predominância de NE (com 33%), seguido de NNE (18%) e ENE (13%). Observa-se, também, ocorrência de direções do vento de E e W com percentual inferior a 5%. Para setembro (Fig. 5b), a predominância da direção do vento é dividida entre NE (50%) e ENE (40%), com apenas 6% para as direções de NNE e E. Observa-se que, para estas condições (estação seca), não há registro de ocorrência do vento nas demais direções.

A Tabela 1 apresenta os valores estatísticos (média, DP, moda, e mediana) do vento para março e setembro. No caso do período chuvoso (março), observa-se que o valor médio da velocidade varia verticalmente entre 3,3 a 5,4 ms⁻¹ e o DP entre 1,4 e 2,2 ms⁻¹. Não obstante a variação logarítmica do vento com a altura, é possível calcular um valor médio da camada. Nestas condições, o valor médio da velocidade do vento no período total é de 4,3 ms⁻¹, DP de 1,8 ms⁻¹, sendo a moda igual a 4,0 ms⁻¹ e a mediana, a 3,9 ms⁻¹. A moda da direção do vento é de 38° (NE). Para o período seco (setembro), os valores médios da velocidade do vento variam verticalmente entre 5,2 e 8,4 ms⁻¹ e o DP

entre 1,1 e 1,5 ms⁻¹. O valor médio da velocidade do vento para setembro é de 6,8 ms⁻¹, DP de 1,4 ms⁻¹, sendo a moda igual a 6,0 ms⁻¹ e a mediana igual a 6,2 ms⁻¹. A moda da direção do vento permanece NE.

Análise das distribuições estatísticas

As Fig. 6 e 7 apresentam distribuição estatística normal e de Weibull para o conjunto completo dos dados de velocidade do vento. Com base nos testes de aderência do qui-quadrado a um nível de significância de 5%, pode-se constatar que a distribuição dos dados de velocidade do vento se ajusta bem às distribuições estudadas. Para a distribuição normal, os valores se ajustam à distribuição estatística até um determinado valor entre 8,0 e 8,5 ms⁻¹, ocorrendo um desvio para valores maiores (em outras palavras, as velocidades máximas observadas são inferiores àquelas calculadas pela distribuição normal). Esse desvio está associado ao fato dos valores extremos não seguirem fielmente a distribuição normal, bem como um número menor de perfis também (representado pelo tamanho da amostra). Para o valor limite da velocidade do vento de 8,0 ms⁻¹, existe probabilidade de 95% de o vento ser inferior a este valor crítico. No caso da distribuição de Weibull (Fig. 7), o ajuste é bom para velocidades no

intervalo entre 3,0 e 9,0 ms⁻¹, sendo que 99% dos valores situam-se abaixo de 9,0 ms⁻¹. Ressalta-se que, para os veículos de sondagem (foguetes do tipo VSB30, por exemplo), o limite operacional para o lançamento é de 10,0 ms⁻¹, o que garante uma boa janela de lançamento do veículo, pelo menos para os ventos na camada limite superficial.

As distribuições estatísticas (normal e de Weibull) para março (época chuvosa) e setembro (época seca) são apresentadas nas Fig. 8 a 11. Para março (Fig. 8), observa-se que os dados apresentam-se bem ajustados a uma distribuição normal para os valores de velocidade entre 1,0 e 5,0 ms⁻¹, sendo que este último valor possui uma probabilidade cumulativa de 98% dos casos serem inferiores a ele. No caso da distribuição de Weibull (Fig. 9), valores entre 1,0 e 9,0 ms⁻¹ ajustam-se bem à distribuição, apontando uma probabilidade cumulativa de 99%.

Nas Fig. 10 e 11, mostram-se os ajustes a distribuições estatísticas normal e de Weibull para setembro. No caso da distribuição normal (Fig. 10), o ajuste é bom entre os valores de 4,5 a 9,0 ms⁻¹, indicando que, para uma velocidade do vento de 9,0 m/s, há probabilidade de 90% dos valores serem inferiores a este. A Fig. 11 apresenta

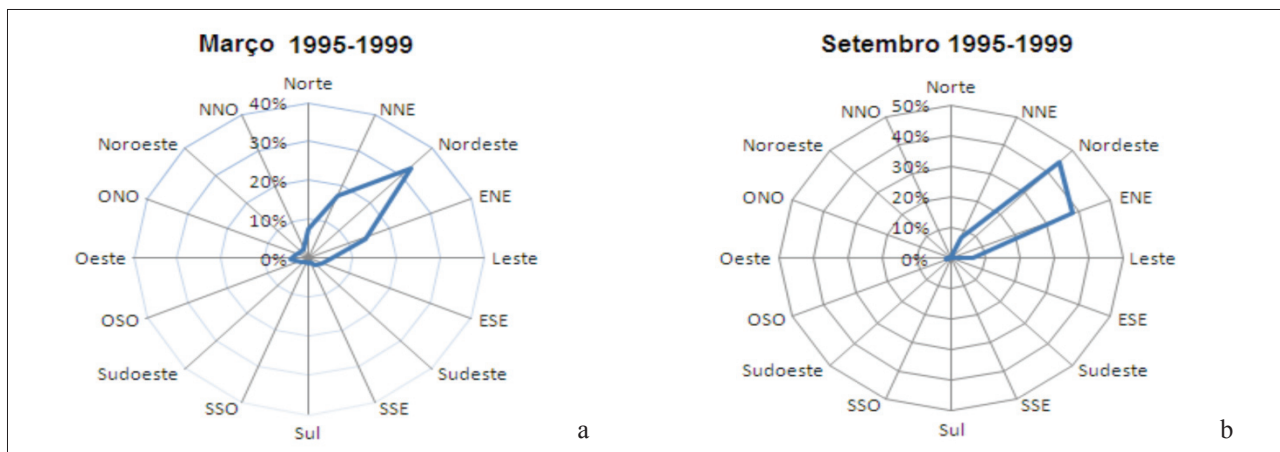


Figura 5. Frequência da direção do vento para os meses de março (a) e setembro (b).

Tabela 1. Valores estatísticos: direção (moda) e velocidade (média, DP, moda e mediana), por níveis da TA para março (chuvoso) a setembro (seco).

| | MARÇO | | | | SETEMBRO | | | | | |
|---------|------------|-------|-------|------------|----------|------------|-------|-------|------------|-----|
| | MODA (dir) | MEDIA | (DP) | MODA (vel) | MED | MODA (dir) | MEDIA | (DP) | MODA (vel) | MED |
| Nível 2 | 40 | 3,3 | (1,4) | 3,7 | 3,5 | 67 | 5,2 | (1,4) | 5,3 | 5,3 |
| Nível 3 | 38 | 3,7 | (1,6) | 3,3 | 3,9 | 69 | 6,1 | (1,1) | 5,6 | 6,0 |
| Nível 4 | 36 | 4,3 | (1,8) | 4,6 | 4,5 | 46 | 6,7 | (1,3) | 6,2 | 6,6 |
| Nível 5 | 39 | 4,7 | (1,9) | 5,1 | 5,0 | 39 | 7,6 | (1,5) | 7,1 | 7,4 |
| Nível 6 | 50 | 5,4 | (2,2) | 6,0 | 6,0 | 54 | 8,4 | (1,5) | 7,9 | 8,3 |

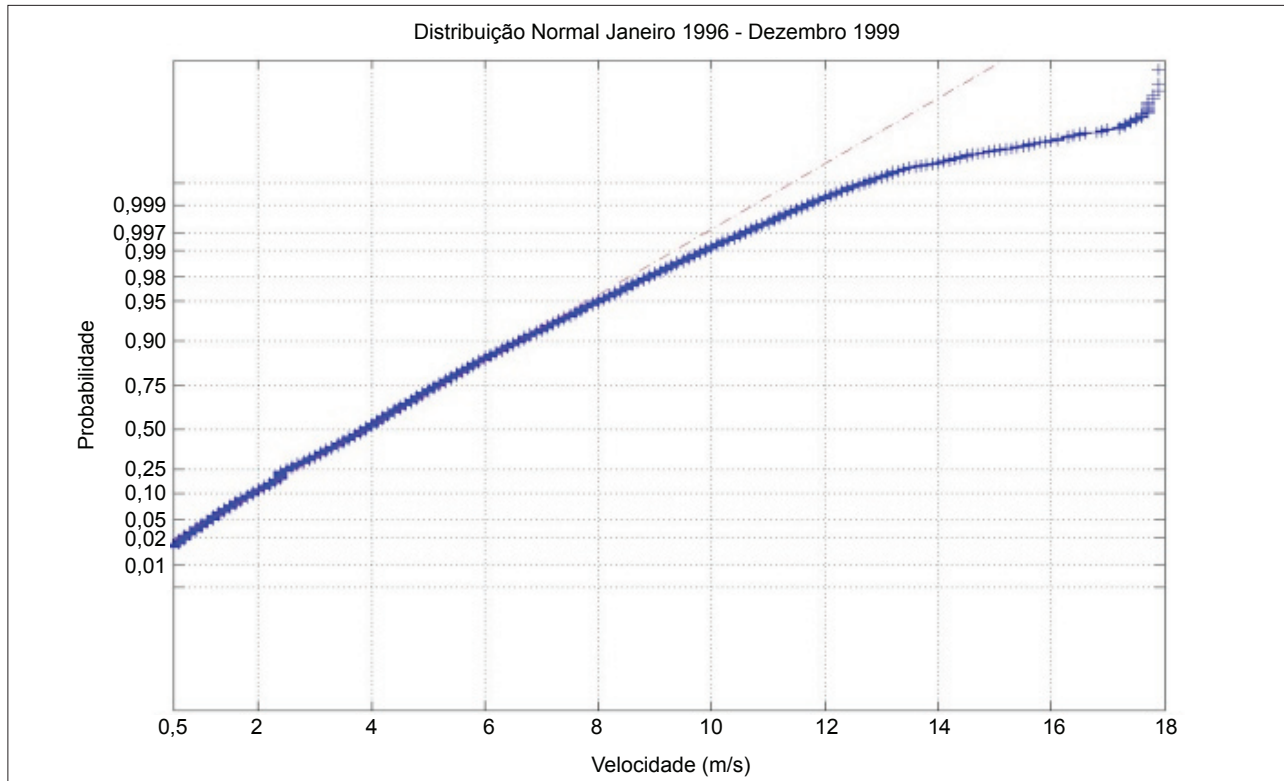


Figura 6. Distribuição normal: a linha tracejada representa a extrapolação da curva ajustada e a linha azul, os pontos em distribuição cumulativa.

as informações para a distribuição de Weibull, sendo que há um bom ajuste entre 4,5 e 9,0 m/s. As probabilidades de ocorrência para valores inferiores a 9,0 m/s são equivalentes para as duas distribuições (90%).

COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES

Na análise da frequência do vento, considerando os meses característicos como chuvoso (março) e seco (setembro), pode-se concluir que a predominância dos ventos é de NE. A predominância do vento no período seco apresenta maior persistência com aproximadamente 90% e, para o período chuvoso, a persistência do vento de NE é de aproximadamente 65%. Estes resultados evidenciam que pode ocorrer uma maior variabilidade da direção do vento associada à presença de nuvens e chuvas oriundas de sistemas meteorológicos na região, característicos da época chuvosa.

As velocidades do vento apresentam-se diferentes em relação ao período considerado: os valores de velocidade variam entre 3,3-3,7 a 5,4-6,0 ms^{-1} , para o período chuvoso, e de 5,2-5,3 a 7,9-8,4 ms^{-1} , para o seco, com aumento de quase 2,5 ms^{-1} na época seca do que na chuvosa, considerando-se o nível de 70 m. Em todas as situações, existe uma dependência do vento com a altura. Evidencia-se que o contraste térmico entre oceano e continente no

período seco é mais acentuado e pode estar colaborando na determinação da intensidade maior do vento.

Os dados observacionais do período estudado ajustam-se bem às distribuições estatísticas normal e de Weibull para os valores de velocidade do vento entre 3,0 e 8,0 ms^{-1} . Na estação chuvosa (março), o ajuste às distribuições foi observado entre 3,0 e 8,0 ms^{-1} e, para a época seca (setembro), o ajuste está entre 3,0 e 9,0 ms^{-1} . Além disso, constatou-se que ambas as distribuições falham em representar a velocidade do vento para as velocidades superiores a 10,0 ms^{-1} . A distribuição de Weibull mostra um ajuste melhor do que a distribuição normal para velocidades acima de 8,0 ms^{-1} .

Para a estação chuvosa, que apresenta ventos mais fracos, o ajuste de ventos acima de 5,0 m/s ocorreu somente para a distribuição de Weibull. Entretanto, são poucos os casos, pois o aumento da velocidade do vento entre 5,0 e 9,0 m/s representou somente 1% na probabilidade cumulativa. Na época seca, as duas distribuições se mostraram equivalentes, com probabilidades cumulativas iguais.

Este estudo contribui para um melhor entendimento das estruturas do PVV no CLA, visando aumentar a segurança de voo e diminuindo os riscos no lançamento de foguetes e veículos lançadores.

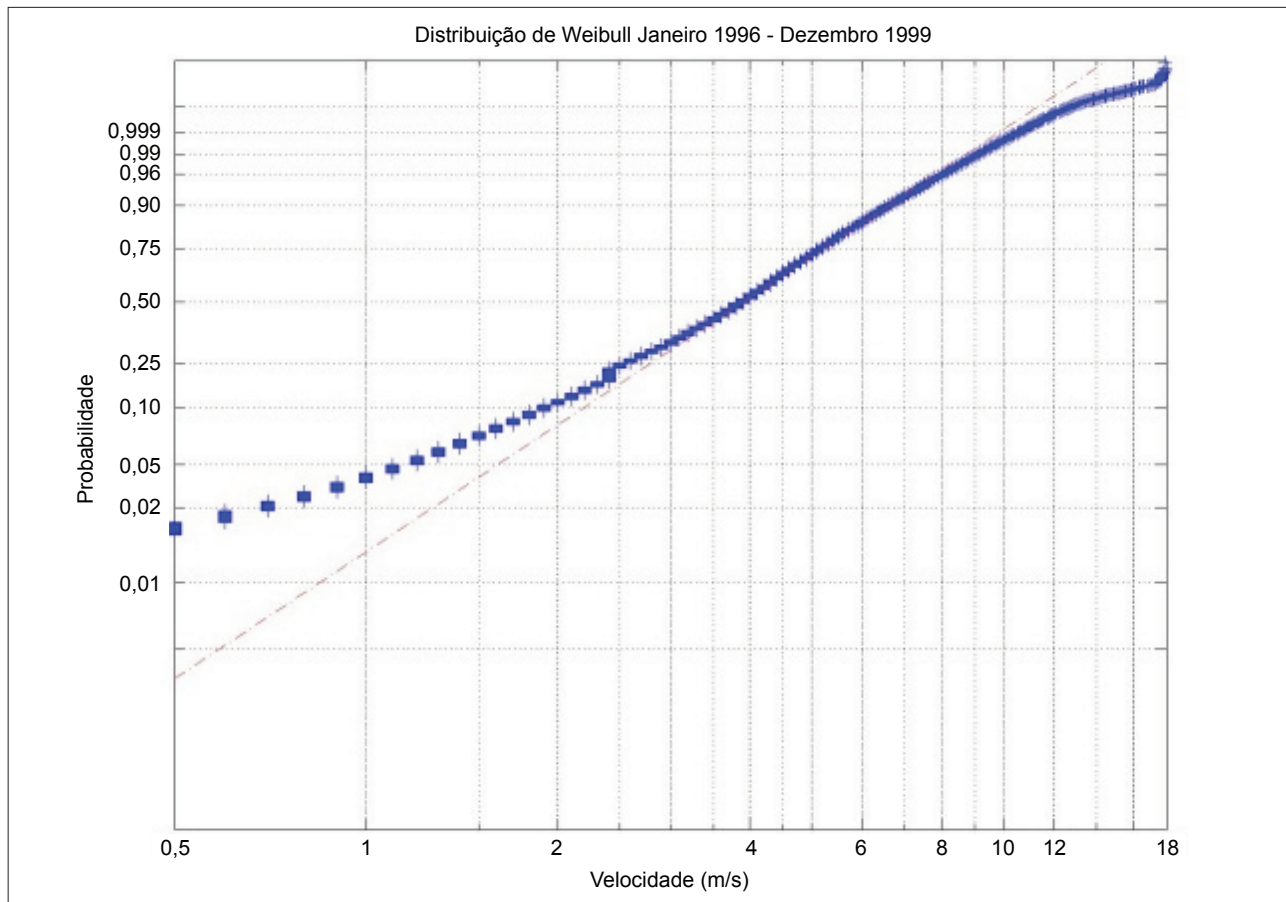


Figura 7. Distribuição de Weibull, período de 1996 a 1999.

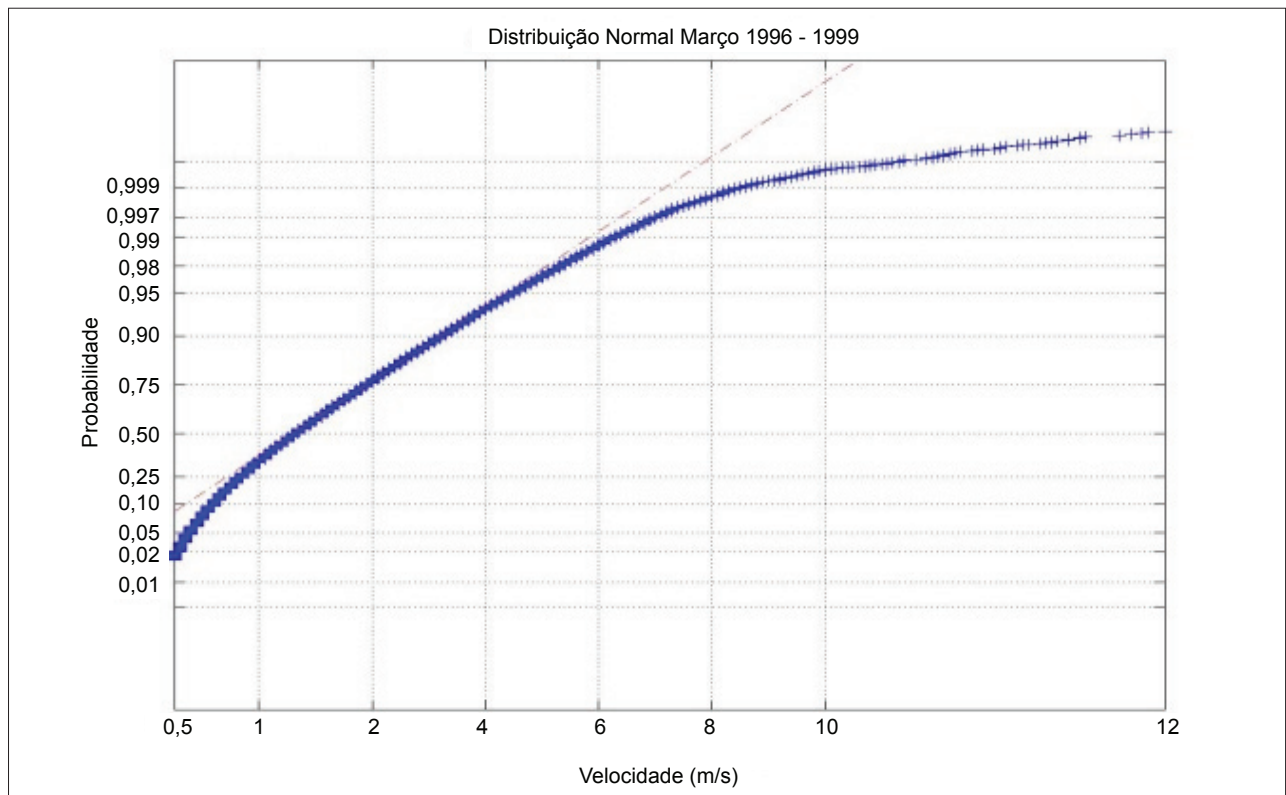


Figura 8. Distribuição normal para março.

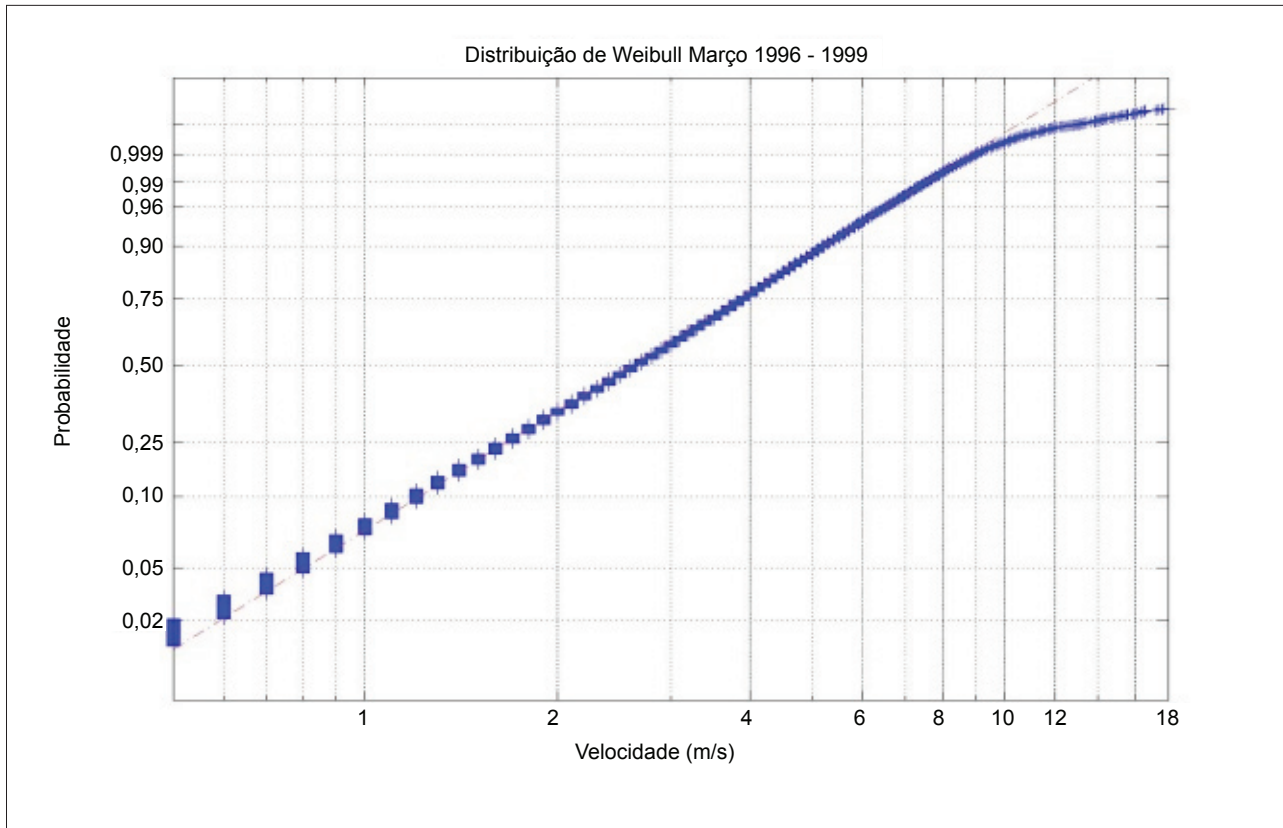


Figura 9. Distribuição Weibull para março.

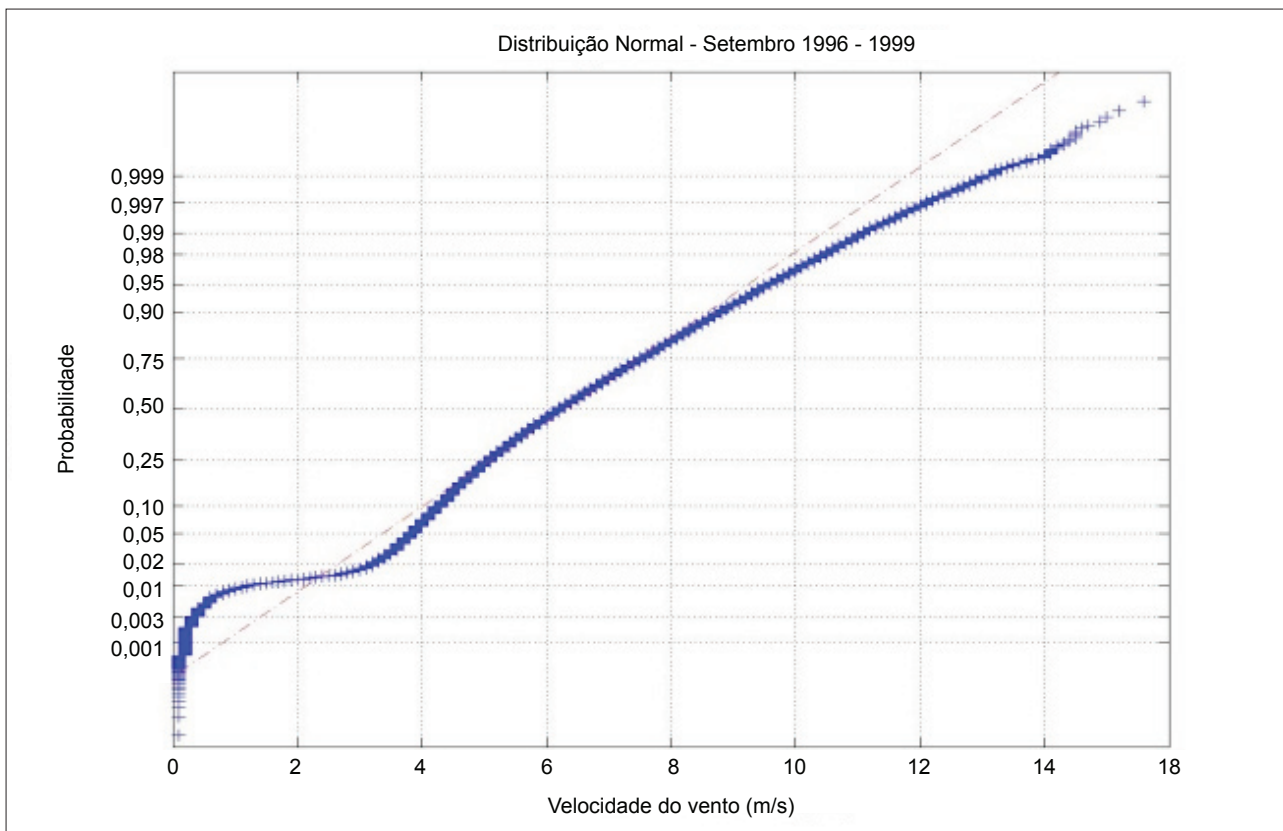


Figura 10. Distribuição normal para setembro.

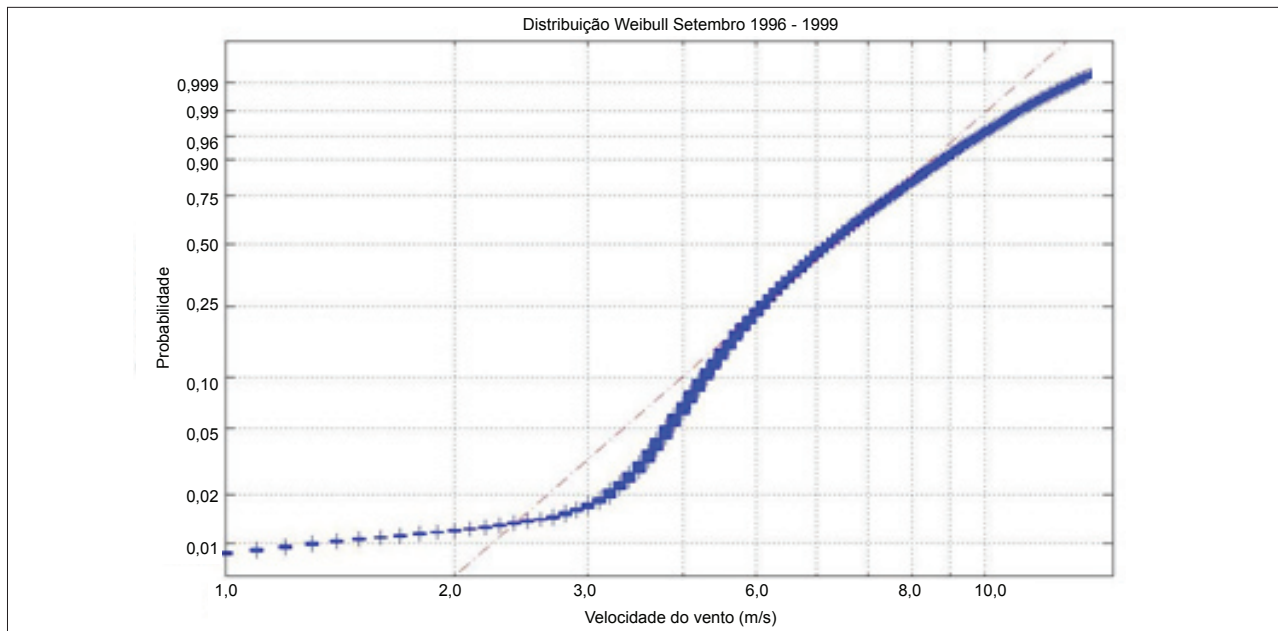


Figura 11. Distribuição Weibull para setembro.

REFERÊNCIAS

- Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), 2008, “Catálogo CLA: história”, Retrieved in July, 2008, from <http://www.cla.aer.mil.br/>.
- Coutinho, E. C., Fisch, G., 2007, “Distúrbios Ondulatório de Leste (DOLs) na região do Centro de Lançamento de Alcântara – MA”, *Revista Brasileira de Meteorologia*, Vol. 22, No. 2, pp. 193-203.
- Fisch, G., 1999, “Características do Perfil Vertical do Vento no Centro de Lançamento de Foguetes de Alcântara (CLA)”, *Revista Brasileira de Meteorologia*, Vol. 14, No.1, pp. 11-21.
- Fisch, G., Avelar, A.C., Pires, L.B.M, Gielow, R., Girardi, R.M. and Souza, L.F., 2010, “The internal boundary layer at the Alcântara Space Center: winds measurements, wind tunnel experiments and numeric simulations”, *Proceedings 5th International Symposium on Computational Wind Engineering (CWE2010)*, Chapel Hill, NC/USA, 6 p., CD-ROM.
- Guedes, R. L. and Oyama, M. D., 2004, “Aspectos Observacionais das Oscilações Intra-sazonais de Intensidade do Vento em Alcântara usando ondeletas: análise preliminar”, *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Fortaleza-CE, Brasil, 8 p., CD-ROM.
- Gisler, C.A.F., 2009, “Análise do Perfil de Vento na Camada Limite Superficial e Sistemas Meteorológicos atuantes no Centro de Lançamento de Alcântara”, *Dissertação de Mestrado - INPE*, from <http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/04.24.12.33>.
- Johnson, D.L., 2008, “Terrestrial Environmental (Climatic) Criteria Guidelines for Use in Aerospace Vehicle Development”, NASA/TM-2008-215633, CD-ROM.
- Pereira, E. I. Atlas climatológica do Centro de Lançamento de Alcântara – MA. São José dos Campos: CTA/IAE – Divisão de Ciências Atmosféricas, 2002.
- Pires, L.B.M., Avelar, A.C., Fisch, G., Roballo, S.T., Souza, L.F., Gielow, R. and Girardi, R.M., 2009, “Studies using Wind Tunnel to Simulate the Atmospheric Boundary layer at the Alcantara Space Center”, *Journal of the Aerospace and Technology Management*, Vol. 1, No. 1, pp. 91- 98.
- Roballo, S. T. and Fisch, G., 2008, “Escoamento Atmosférico no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA): Parte I – Aspectos observacionais”, *Revista Brasileira de Meteorologia*, Vol. 23, No. 4, pp. 510-518.
- Silva, B.B., Alves, J.J.A., Azevedo, F.G.B., Cavalcanti, E.P., Dantas, R.T., 2002, “Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste brasileiro”, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiente*, Vol. 6, No. 3, pp. 431-439.
- Souza, A., Granja, S.C, 1997, “Estimativa dos parâmetros “C” e “K” do modelo de Weibull e da direção dos ventos para Campo Grande e Dourados, MS, Brasil”, *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, Vol. 5, No.1, pp. 109-114.
- Yim, J.Z., Lin, J.G., Hwang, C.H., 1999, “Statistical properties of the wind field at Taichung harbour, Taiwan”, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 83, pp. 49-60.

