

# PERFIS DE VENTO NO CENTRO DE LANÇAMENTO DE FOGUETES DE ALCÂNTARA (CLA)

Gilberto FISCH<sup>1</sup>

## RESUMO

Neste trabalho é apresentado um levantamento preliminar dos perfis de vento no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), visando aplicações de projeto & desenvolvimento e lançamento de foguetes. A torre anemométrica está coletando dados desde setembro de 1995. O perfil do vento segue o comportamento logarítmico, sendo que os ventos são mais intensos na época seca (em relação à chuvosa), uma vez que ocorre o acoplamento dos ventos alísios com a circulação de brisa marítima.

## INTRODUÇÃO

As atividades de lançamento de foguetes requerem um conhecimento apropriado das condições ambientais, tais como a direção e velocidade dos ventos, ocorrência de precipitação, atividades convectivas próximas com descargas elétricas, nebulosidade, etc. Johnson (1993), por exemplo, faz uma compilação completa dos principais elementos climáticos dos campos de lançamentos de foguetes nos Estados Unidos. Em relação aos ventos, o conhecimento de sua estrutura vertical (perfis médios e rajadas de vento) são importantes, pois os foguetes são projetados e construídos para suportarem uma determinada carga pela ação do vento, além do fato de que a trajetória, controle e guiagem dos mesmos são determinadas pelo perfil de vento próximo à superfície. Plate (1982) apresenta alguns exemplos da influência do vento em estruturas verticais (prédios, pontes, torres de televisão) e Pearson et al. (1996) mostra alguns critérios específicos utilizados no projeto e desenvolvimento de veículos espaciais.

O objetivo deste trabalho é o de analisar a estrutura do perfil de vento na área do CLA, visando caracterizar os ventos da camada limite superficial.

## MATERIAL E MÉTODOS

O sítio experimental de coleta de dados é o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) do Ministério da Aeronáutica (MAer), que é o atual campo de lançamento de foguetes brasileiros e situa-se na costa litorânea do litoral maranhense, a 20 km de São Luiz (MA), com coordenadas geográficas de 2° 24'S, 44° 24'W, 55 m. O regime de ventos na camada limite (até 2 km de altura) é uma superposição dos ventos alísios e de circulação de brisa marítima, variando a direção entre NE e SE. A persistência do vento é superior à 90%. A região do CLA possui uma intensidade turbulenta entre 0,2 - 0,3, com o fator de rajadas tipicamente de 1,6 (Fisch e Waltz, 1990). Os dados utilizados neste estudo foram coletados por uma torre anemométrica de 70 m de altura, com sensores de velocidade (propeller) e direção do vento (aerovane) da R. M. Young, instalados nos níveis de 6,0 (nível 1), 10,0, 16,3, 28,5, 43,0 e 70,0 m (nível 6) e distante 50 m da costa. A coleta de dados é feita por um sistema de aquisição de dados CR-7 (Campbell Scientific Instrument). A taxa de amostragem dos sensores é de 1 Hz, sendo que valores médios e estatísticos (desvio-padrão, máximos) em intervalos de 10 min são armazenados e, posteriormente, utilizados para a confecção das estatísticas horárias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações relativas ao perfil de vento foram obtidos dos valores médios horários de velocidade e direção do vento coletados na torre anemométrica, durante os meses de setembro de 1995 à

maio de 1996. Tendo em vista a pequena amostra temporal dos dados aqui apresentados, deve-se fazer uma ressalva de que os resultados discutidos podem não representar completamente a realidade, e sim as características obtidas durante o período analisado.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores médios mensais em intervalos de 3 horas de direção (em graus) e velocidade do vento (m/s) para os níveis 1 (6.0 m) e 6 (70.0 m) da torre anemométrica, durante o período em questão. Como se observa na Figura 1, o perfil de vento aumenta com a altura (em um padrão logarítmico), tipicamente de um valor entre 2.0 m/s (meses abril - maio/96) e 4.0 m/s (meses de setembro à novembro/96) no nível 1 para um valor entre 4.0 m/s (meses abril - maio/96) e 8.0 m/s (meses de setembro à novembro/96) no nível 6. Durante o mês de seca mais intenso (novembro/96), as velocidades máximas médias no nível 6 atingiram valores superiores a 10.0 m/s. Em termos de ciclo diurno, os ventos mais fortes ocorrem no período compreendido das 10:00 às 14:00 HL, durante o período seco, devido ao aumento da turbulência térmica. Esta intensificação do vento deve-se ao aumento do contraste térmico entre o oceano e o continente, aumentando a influência da brisa marítima. Na época chuvosa, os ventos mais fortes ocorrem à noite. Provavelmente este comportamento está associado com a convecção oceânica durante o período diurno e a ocorrência de precipitação noturna. Esta precipitação provocaria a intensificação do vento. Com relação à direção dos ventos, a direção predominante é entre o setor de 45 ° (NE) a 90 ° (E), sem um ciclo bem definido em termos horários ou mesmo sazonal. A direção do vento é praticamente constante com a altura, sem a dependência logarítmica que apresenta a velocidade do vento.

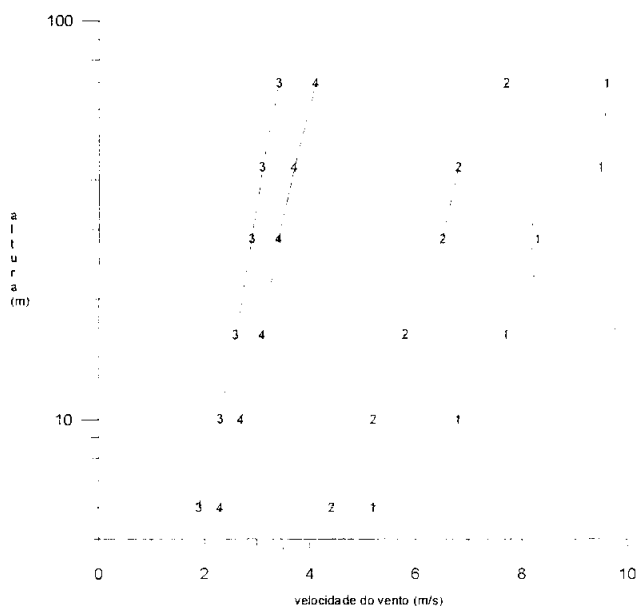


Figura 1: Perfis Verticais da Velocidade do vento no CLA para às 10 HL (1) e 15 HL (2) do mês de novembro/95 e 10 HL (3) e 15 HL (4) do mês de abril/96.

## CONCLUSÕES

O regime de vento no CLA possui um perfil de velocidade que varia com a altura, com valores entre os limites de 2.0 m/s (época chuvosa) e 4.0 m/s (época seca) no nível 1 para um valor entre 4.0 m/s (época chuvosa) e 8.0 m/s (época seca) no nível 6. A direção do vento é praticamente constante com a altura, sendo a direção predominante entre os setores de 45 ° (NE) a 90 ° (L). Os horários de ocorrência dos

extremos são variáveis, tendo uma maior predominância de ocorrência no período entre 10:00 e 14:00 HL durante os meses secos e no período das 18:00 às 22:00 HL, na estação chuvosa. Os ventos mais intensos no nível 1 variam entre 8,0 m/s (estação chuvosa) e 12,0 m/s (estação seca).

## BIBLIOGRAFIA

- FISCH, G.; WALTZ, R.C. Estudos da estrutura vertical de rajadas de vento em regiões de costa litorânea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 6. Salvador. *Anais*. Sociedade Brasileira de Meteorologia, p. 121-125. 1990.
- JOHNSON, D.L. Terrestrial environment (climatic) criteria guidelines for use in aerospace vehicle development. 1993 revision. NASA TM 4511. Huntsville - AL, EUA, p. 472. 1993.
- PEARSON, S.D.; VAUGHAN, W.W.; BATTIS, G.W.; JASPER, G.L. Importance of the natural terrestrial environment with regard to advanced launch vehicle design and development. NASA TM 108511. Huntsville-AL, EUA. 23 p. 1996.
- PLATE, E. Engineering meteorology: studies in wind engineering and industrial aerodynamics, vol. 1. Elsevier, 740 p., 1982

Tabela 1: Valores médios mensais da direção (em graus) e velocidade do vento (m/s) no CLA, em intervalos de 3 horas, durante o período de setembro/95 a maio/96. Nível 1 (altura de 6,0 m).

mes\HL	0	3	6	9	12	15	18	21
set	48/4,0	53/4,3	59/4,9	67/4,9	65/4,7	40/4,0	40/3,8	46/3,9
out	45/4,2	50/4,0	56/3,9	64/4,0	66/3,9	41/4,2	40/3,8	41/4,2
nov	60/4,2	68/3,7	73/4,3	76/4,7	69/5,3	43/4,4	46/4,2	56/4,2
dez	44/4,1	47/4,0	57/3,9	61/3,8	56/3,6	42/4,1	37/3,9	40/4,0
jan	57/2,9	59/3,3	65/3,0	70/3,3	63/3,3	49/3,5	50/3,4	55/3,2
fev	44/3,3	49/2,8	55/2,9	58/3,0	50/3,3	39/3,7	44/3,5	45/3,4
mar	54/2,4	52/2,4	54/2,1	62/2,1	47/2,1	38/2,4	39/2,3	50/2,2
abr	60/1,7	63/1,7	73/1,6	73/1,7	54/1,9	35/2,3	46/1,9	55/1,8
mai	66/2,3	70/1,9	83/1,6	101/1,5	63/2,2	51/2,6	57/2,5	59/2,3

Tabela 2: Valores médios mensais da direção (em graus) e velocidade do vento (m/s) no CLA, em intervalos de 3 horas, durante o período de setembro/95 a maio/96. Nível 6 (altura de 70,0 m).

mes\HL	0	3	6	9	12	15	18	21
set	51/7,8	55/8,6	62/9,7	69/9,8	67/8,6	41/7,1	42/7,0	48/7,5
out	46/7,4	52/7,3	58/7,8	66/7,4	66/6,7	45/7,0	42/6,7	43/7,4
nov	62/8,0	70/7,0	78/8,3	78/9,5	73/10,1	47/7,7	49/8,0	57/8,4
dez	48/7,4	51/7,5	60/7,6	63/6,9	56/6,3	45/7,0	38/7,0	42/7,1
jan	60/5,9	62/6,6	68/6,1	71/6,1	65/5,8	52/6,2	53/6,4	59/6,3
fev	44/6,4	49/5,6	57/5,7	60/5,4	52/5,3	41/6,4	48/6,4	46/6,5
mar	57/4,8	51/5,0	52/4,5	60/4,1	49/3,5	38/4,2	40/4,7	50/4,6
abr	59/4,1	61/3,7	68/3,1	70/3,1	55/3,2	33/4,1	43/4,2	51/4,1
mai	71/4,7	82/3,7	90/3,3	102/2,6	67/3,6	53/4,6	61/4,9	63/4,8