



## Relatório Final

Título do projeto de pesquisa: Potencial de Ocorrência de *Microburst* na Região do Centro de Lançamento de Alcântara

Bolsista: Ronant de Paula Monteiro

Orientador(a): Marcos Daisuke Oyama

Período a que se refere o relatório: agosto de 2013 a maio de 2014

### Resumo

*Microburst* (ou microexplosão) é um fenômeno atmosférico caracterizado por uma corrente de ar descendente intensa e localizada que, ao atingir o solo, leva a altos valores de magnitude e cisalhamento de vento, o que se constitui em um risco para a aviação. Neste trabalho, calculou-se o índice WINDEX, que mede o potencial de ocorrência de *microbursts*, para a região do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). Utilizaram-se dados de radiossondagens realizadas no CLA às 12 UTC (09 HL) no período de junho de 1989 a janeiro de 2013. Os resultados mostraram que, em relação ao ciclo anual, contrariamente ao esperado, o maior (menor) potencial de ocorrência de *microbursts* ocorreria na estação seca (chuvosa). Em todo o ano, não haveria possibilidade de ocorrência de *microbursts* úmidos. A razão desses resultados será investigada em trabalhos futuros.

### Atividade acadêmica ou profissional que o aluno exercerá após o término do projeto de iniciação científica (IC):

O aluno foi selecionado pelo programa Ciência sem Fronteiras (CsF) e irá estudar em uma universidade nos Estados Unidos por 1 ano e meio a partir do segundo semestre de 2014.

### Trabalhos científicos e/ou honorarias acadêmicas referentes ao projeto de IC:

Os resultados contidos no presente relatório servirão de base para a elaboração de um trabalho (resumo) a ser submetido ao XVIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, que será realizado em Recife (PE) de 3 a 6 de novembro de 2014.

## 1. Introdução

No contexto meteorológico, *microburst* (ou microexplosão) é definido como uma corrente de ar descendente (*downdraft*) muito intensa, horizontalmente localizada e originada no interior de nuvens convectivas profundas (Figura 1). A corrente de um *microburst*, ao atingir o solo, espalha-se horizontalmente, levando a altos valores de magnitude e cisalhamento do vento (*windshear*) em poucos minutos (Moniz, 2010). Em média, cerca de 5% das tempestades convectivas produzem *microbursts*. Os *microbursts* são classificados em molhados e secos. Os molhados estão associados à ocorrência de precipitação à superfície; os secos, à presença de virga e podem ser notados pelo levantamento de poeira abaixo da nuvem (Cabral, 2013).

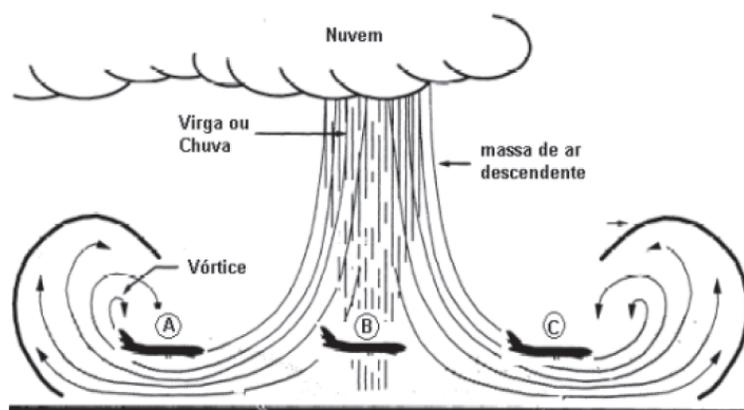


Figura 1 – Ilustração de um microburst de baixa altitude. Fonte: Moscati (2005).

O cisalhamento do vento associado aos *microbursts* constitui-se em um grande perigo para a aviação. Por exemplo, na Figura 1, quando a aeronave encontra-se na posição A, ocorre um ganho de sustentação devido ao aumento da velocidade relativa da aeronave em relação ao ar. Logo depois, na posição B, a aeronave encontra uma corrente descendente intensa e, então, na posição C, sofre perda de sustentação devido à redução da velocidade relativa. Essas variações bruscas de velocidade podem ocasionar acidentes aéreos (Moscati, 2005). Devido a isso, foram desenvolvidos alguns índices, como o WINDEX (McCann, 1994), que permitem prever o potencial de ocorrência de *microbursts*.

Na literatura, há alguns trabalhos sobre o uso do índice WINDEX. Por exemplo, Wheeler (1996) mostrou que o índice produziu uma boa estimativa da magnitude de rajadas associadas a casos de *microbursts* úmidos ocorridos no *Kennedy Space Center*. Pryor e Ellrod (2004) calcularam o WINDEX com dados de *retrieval* do satélite GOES para uma região dos Estados Unidos, e obtiveram bons resultados particularmente nos eventos noturnos de convecção. No Brasil, Fogaccia e Pereira Filho (2000) mostraram que o WINDEX indicou a formação de *microbursts* secos na maioria dos casos estudados de *windshear* na área do Aeroporto Internacional de São Paulo (Guarulhos). Em síntese, os trabalhos citados mostram, em geral, a utilidade de índice para prever a ocorrência de *microbursts*.

O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) tem um papel muito importante para as atividades aeroespaciais brasileiras. A sua proximidade com a linha do Equador faz o consumo de combustível ser menor para o lançamento de satélites, ou seja, ocorre economia de propelente utilizado nos foguetes. Neste trabalho, o objetivo geral é obter as características dos ciclos anual e diário do índice WINDEX para a região do CLA, como um primeiro passo para verificar a possibilidade de detectar antecipadamente a ocorrência de *microbursts* na região.

## 2. Material e Métodos

**Dados.** O CLA está localizado na costa litorânea do Estado do Maranhão, a 20 km da capital São Luís. Foram utilizados os dados de radiossondagens coletados no período de junho de 1989 a janeiro de 2013 para o horário de 12 UTC (09 HL). Todos os dados foram coletados pela Seção de Meteorologia do CLA (Marques e Fisch, 2005), e então passados à Divisão de Ciências Atmosféricas do Instituto de Aeronáutica e Espaço. Após um pré-processamento, as variáveis contidas em cada radiossondagem são: altura (m), pressão (hPa), temperatura (°C), razão de mistura ( $\text{g kg}^{-1}$ ), direção do vento (graus), magnitude do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ), vento zonal ( $\text{m s}^{-1}$ ) e meridional ( $\text{m s}^{-1}$ ).

**Métodos.** Inicialmente foi elaborado um programa em FORTRAN 90 para a leitura das radiossondagens e o cálculo do índice WINDEX. O índice é definido da seguinte forma (McCann, 1994):

$$WINDEX = 5 [Hm \times Ra(T^2 - 30 + Ql - 2 \times Qm)]^{0,5}, \text{ se } T \geq 5,5 \text{ } ^\circ \frac{C}{Km}$$

$$WINDEX = 0, \text{ se } T < 5,5 \text{ } ^\circ \frac{C}{Km}, \text{ onde:}$$

- $Hm$  é a altura do nível de congelamento em km acima do solo
- $Rq$  é proporcional a razão de mistura:
- Se  $Ql \leq 12 \frac{g}{kg}$  então  $Rq = \frac{Ql}{12}$
- Se  $Ql > 12 \frac{g}{kg}$  então  $Rq = 1$
- $T$  indica a taxa de variação vertical de temperatura da superfície até o nível de congelamento
- $Ql$  é a razão de mistura no primeiro km a partir da superfície
- $Qm$  é a razão de mistura do nível de congelamento

Para todas as sondagens disponíveis, o índice foi calculado. Então, foi realizado o levantamento dos casos de índice nulo e, para os valores não-nulos, foi obtida a média e o desvio-padrão para cada mês.

Os limiares do índice utilizados para interpretação são (Fogaccia e Pereira Filho, 2000):

- $42 \leq WI \leq 57$ : as condições esperadas são de *microbursts* secos;
- $52 \leq WI \leq 70$ : as condições esperadas são de *microbursts* úmidos.

### 3. Resultados

A Figura 1 indica o número total de dados coletados por radiossondagens no período de junho de 1989 a janeiro de 2013. Embora a quantidade de dados em cada mês seja diferente, existe relativa uniformidade (em torno de 917 dados por mês).

A Figura 2 indica o percentual do número total de dias com o índice WINDEX nulo para cada mês. A fração de dias com índice nulo é maior na estação chuvosa (~20%) e menor na seca (~10%). Esse ciclo é contrário ao esperado – por exemplo, na estação chuvosa, esperar-se-ia

um maior número de dias com possibilidade de *microbursts*, pois a convecção profunda é mais comum.

A Figura 3 mostra o ciclo anual do índice WINDEX para os dias em que o índice não é nulo. Novamente, contrariamente ao esperado, os maiores valores do índice concentram-se na estação seca. Na estação chuvosa, os valores ficaram perto de 42, indicando pouco potencial para ocorrência de *microbursts*. Na estação seca, os valores obtidos foram um pouco maiores, ou seja, haveria maior potencial de ocorrência de *microbursts*. Mesmo assim, os valores foram menores que 52, ou seja, em todo o ano haveria somente o potencial de ocorrência de *microbursts* secos.

O fato de o ciclo ser contrário ao esperado pode ser devido ao acúmulo de instabilidade na estação seca. Na estação chuvosa, as instabilidades que se formam são rapidamente consumidas pela convecção; na seca, devido à menor umidade em níveis médios, a instabilidade se acumula e, quando liberada, a convecção é mais intensa. Essa hipótese será testada em futuros trabalhos.

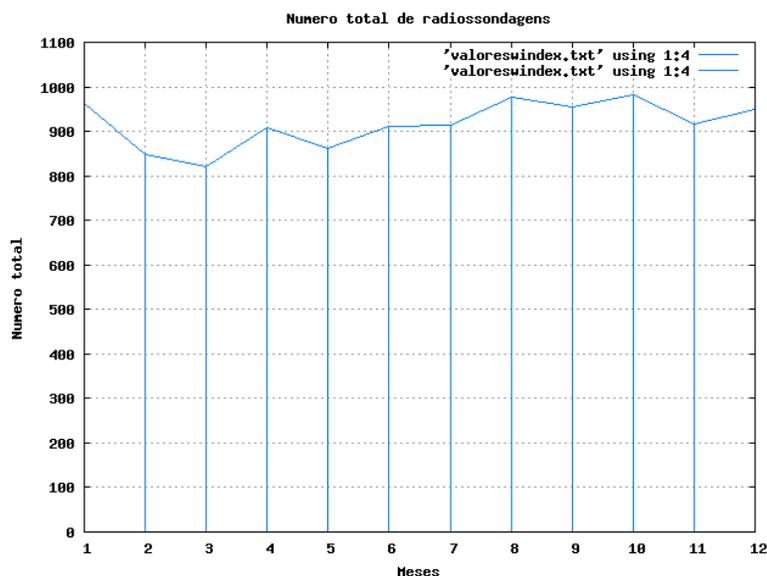


Figura 1 – Número total de radiossondagens às 12 UTC disponíveis de janeiro a dezembro no período de junho de 1989 a janeiro de 2013.

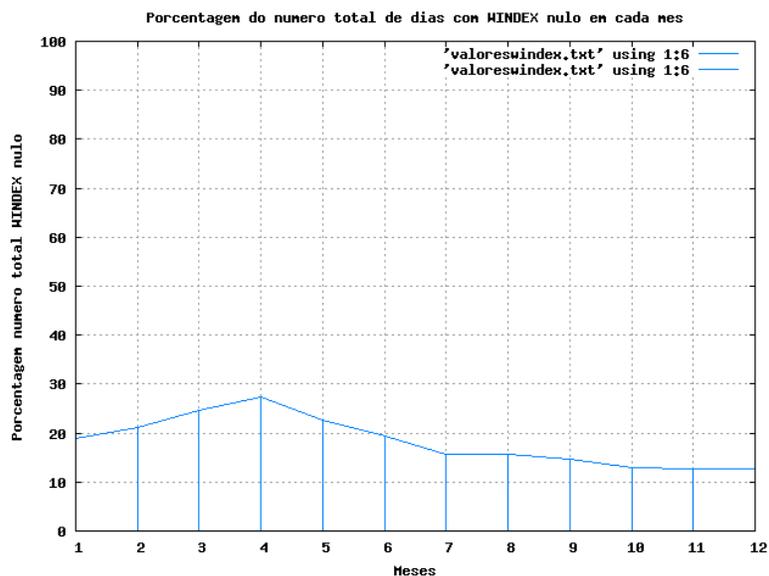


Figura 2 – Percentual de dias com o índice WINDEX nulo às 12 UTC de janeiro a dezembro no período de junho de 1989 a janeiro de 2013.

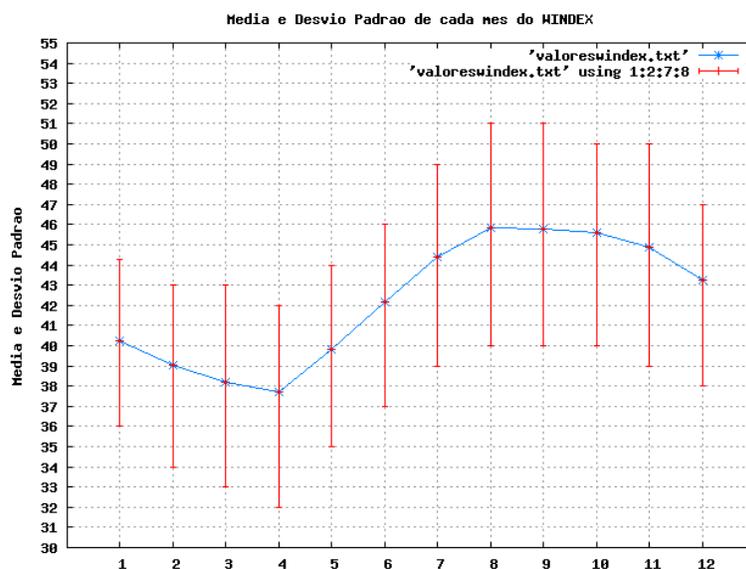


Figura 3 – Média e desvio padrão do índice WINDEX às 12 UTC de janeiro a dezembro no período de junho de 1989 a janeiro de 2013.

#### 4. Conclusões

Este trabalho teve o objetivo de estudar o potencial de ocorrência de *microbursts* na região do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), onde são lançados os foguetes brasileiros. A primeira etapa da pesquisa consistiu em elaborar um programa em FORTRAN 90 para calcular o índice WINDEX. Então, o índice foi calculado para as radiossondagens coletadas no período de junho de 1989 a janeiro de 2013 no horário de 12 UTC (09 HL), e o ciclo anual do índice foi obtido. As conclusões do trabalho são:

- Na estação chuvosa, há ~6 dias por mês em que o índice é nulo; nos demais dias, o potencial de ocorrência de *microbursts* é pequeno.
- Na estação seca, há ~3 dias por mês em que o índice é nulo; nos demais dias, o potencial de ocorrência de *microbursts* é maior que na estação seca.
- Em todo o ano, não haveria o potencial de ocorrência de *microbursts* úmidos.

A razão desses resultados, que são contrários ao esperado, será investigada em trabalhos futuros.

#### Referências

CABRAL, E. Tesouras de Vento. Disponível em:

<[http://www.oaviao.com.br/textos\\_tecnicos/tesouras\\_vento.htm](http://www.oaviao.com.br/textos_tecnicos/tesouras_vento.htm)>. Acesso em: 06 jan 2014

FOGACCIA, C. V. C.; PEREIRA FILHO, A. J. Turbulência e Cisalhamento do Vento na Área do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000.

MARQUES, R. F. C.; FISCH, G. F. As atividades de Meteorologia Aeroespacial no Centro Técnico Aeroespacial (CTA). **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 3, p. 21-25, 2005.

MCCANN, D. W. WINDEX – A New Index for Forecasting Microburst Potential. **Weather and Forecasting**, v. 9, p. 532-541, 1994.

MONIZ, L. F. V. R. Simulação de Condições Atmosféricas no Aeroporto de lajes. Dissertação de Mestrado em Meteorologia e Oceanografia Física. Universidade de Aveiro, Portugal, 2010.



MOSCATI, N. R. Acidentes Aéreos Associados a Condições Meteorológicas Adversas e Melhoria Contínua dos Sistemas das Aeronaves. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 3, p.31-44, 2005.

PRYOR, K. L.; ELLROD G P. Recent Improvements to the GOES Microburst Products. **Weather and Forecasting**, v. 19, p. 582-594, 2004.

WHEELER, M. M. Verification and Implementation of Microburst Day Potential Index (MPDI) and Wind INDEX (WINDEX) Forecasting Tools at Cape Canaveral Air Station. NASA Contractor Report CR-201354, 1996.