

# ONDAS DE MONTANHA E A SEGURANÇA NAS OPERAÇÕES AÉREAS NA ANTÁRTICA

*Marcelo Romão, Alberto Setzer*

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC  
 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
 E-mails: mromao@cptec.inpe.br, asetzer@cptec.inpe.br

*Francisco Eliseu Aquino*

NOTOS – Laboratório de Climatologia  
 Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
 Instituto de Geociências – Departamento de Geografia  
 E-mail: francisco.aquino@ufrgs.br

## RESUMO

Este artigo apresenta considerações básicas sobre a importância das ondas de montanha, *windshear* e turbulência em baixos níveis, registradas na Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), localizada na Baía do Almirantado, Ilha Rei George, no norte da Península Antártica. Analisando características da velocidade, direção e rajada máxima do vento na EACF, entre 1994 e 2002, conjuntamente com a prática operacional e observacional do Projeto de Meteorologia na EACF do PROANTAR/CNPq, nesta região, obtiveram-se resultados empíricos que podem servir de referência a pilotos e meteorologistas que atuam na região.

**Palavras-chave:** Ondas de Montanha, *windshear*, Estação Antártica Comandante Ferraz.

## ABSTRACT

This paper presents basic considerations on the importance of mountain waves, windshear and turbulence at low levels that were registered at the Ferraz Brazilian Antarctic Station (EACF), located at Admiralty Bay, King George Island, northern Antarctic Peninsula. At analyzing characteristics of wind velocity, direction and gust maxima observed at EACF between 1994 and 2002, together with operational and observational practices of the Brazilian Antarctic meteorology project (“Projeto Meteorologia na EACF”, PROANTAR/CNPq), empirical results were obtained, which may already serve as reference for pilots and meteorologists operating in the region.

**Key words:** Mountain waves, *windshear*, Ferraz Antarctic Station.

## 1. INTRODUÇÃO

Ondas de Montanha (OM), windshear (ou “tesoura de vento”, WS) e turbulência em baixos níveis, são fenômenos meteorológicos muito conhecidos pelos aviadores da Divisão Aeroembarcada da Marinha do Brasil (DAE-MB), que operam com os helicópteros

UH-13 Esquilo biturbina, a bordo do Navio de Apoio Oceanográfico H-44 Ary Rongel, em águas antárticas. As OM são um dos mais belos e perigosos fenômenos meteorológicos. Belos devido às nuvens lenticulares resultantes, que parecem ter sido delicadamente moldadas ou pintadas à mão, e perigosos devido à turbulência e ao WS característicos das traiçoeiras nuvens rotoras.

A preocupação com a segurança de vôo dos helicópteros na Antártica, provavelmente começou em 1934, quando o Almirante Richard Byrd (EUA) utilizou em suas operações aéreas o auto-giro Kellett; considerado o melhor protótipo dos atuais helicópteros. Infelizmente, esta aeronave acidentou-se ao final da expedição. Em 1946, o Almirante Byrd voltou à Antártica com 4.000 homens, 13 navios e um submarino. Essa operação, denominada *High Jump*, utilizou extensivamente os helicópteros em suas expedições antárticas.

Na região onde os helicópteros da DAE-MB operam com mais frequência, o Arquipélago das Ilhas Shetland do Sul, e mais especificamente nas Ilhas Rei George e Elefante, é comum que essas aeronaves sofram os efeitos da turbulência – “sacudir nas lombadas aéreas”, além de estarem sujeitas a outros efeitos como deriva, aumento no tempo de vôo, e maior consumo de combustível, afetando consideravelmente o desempenho da aeronave.

As OM são formadas quando ventos de 20 nós ou mais atingem perpendicularmente (com desvio máximo de 50° de ângulo) uma montanha com 30° ou mais de inclinação. A barlavento, o ar é forçado a subir a montanha, descendo a sotavento. O seu efeito é estendido sobre o vale na forma de ondas, que podem se propagar por vários quilômetros. As ondas mais próximas à montanha são as de maior turbulência. A turbulência nesse caso é de origem mecânica e sua extensão e intensidade dependem diretamente da velocidade do vento, da rugosidade do terreno, altura do obstáculo e da estabilidade do ar (Tabela 1).

Tabela 1: Intensidade e extensão horizontal da turbulência.

vento normal à montanha (nós)	intensidade da turbulência	extensão horizontal da turbulência (km)
25	Leve	8 a 12
50	Moderada	12 a 20
80	Forte	20 a 40

Fonte: Instituto de Proteção ao Vôo (IPV).

O fenômeno da OM pode ser detectado visualmente através das nuvens lenticulares. Tais nuvens são formadas a barlavento das elevações montanhosas e têm posição estacionária, assim como as chamadas nuvens capuz (nuvens em forma de capuz que ocorrem sobre a parte superior das serras) e que, além de encobrir os picos das montanhas, têm turbulência associada. Este fenômeno pode ser observado em imagens de satélite na região norte da Península Antártica. Na Figura 1, as OMs podem ser identificadas pela sua forma de “costeletas”, e sua extensão é proporcional à do Arquipélago das Ilhas Shetland do Sul. Logo abaixo do fluxo das ondas, podem se formar as nuvens rotoras. É junto a estas formações que se encontra a turbulência mais severa, principalmente dentro e abaixo dessas nuvens. O WS também ocorre associado a nuvens rotoras, pois seus ventos seguem uma elipse com ventos ascendentes junto à montanha e descendentes um pouco mais à frente. Tanto as nuvens rotoras quanto as lenticulares só irão se formar se houver condições de temperatura e umidade para isso e, sem elas, as OM ficarão praticamente invisíveis e, portanto, mais perigosas para os pilotos que terão dificuldades adicionais em dimensionar as perturbações existentes.

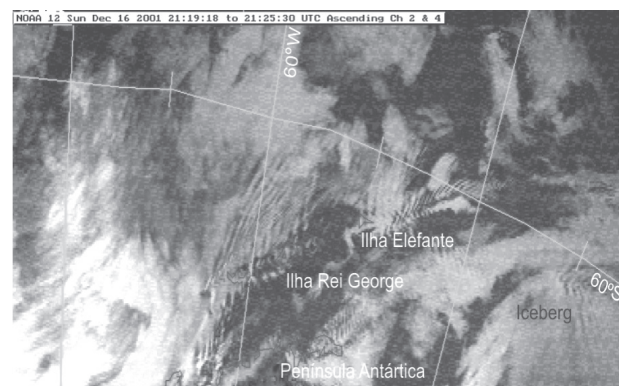


Figura 1: Imagem do satélite NOAA 12 recebida na EACF em 16 de Dezembro de 2001, onde se identificam as OM originadas pela passagem do vento pela Península Antártica, Ilhas Rei George e Elefante e um iceberg.

Um indício visual de quanto à turbulência está se estendendo verticalmente pode ser obtido pela observação do nível em que as nuvens lenticulares estão; por exemplo, a existência de uma nuvem lenticular alta do gênero Cirrocumulus dá a idéia de que a turbulência está se estendendo por muitos milhares de pés acima das montanhas. Outro fenômeno importante é a corrente de jato (*jet stream*), pois mesmo ocorrendo em grandes altitudes estes fluxos de ar podem gerar OM e rajadas de ventos em níveis mais baixos.

Lester (1997) lista as seguintes recomendações para um voo seguro quando o assunto é OM:

- Se não for possível evitar as OM, deve-se voar a uma altitude que ultrapasse pelo menos 50% a altura das elevações;
- Alcance a altitude de 3.000 a 5.000 pés acima das elevações antes de cruzá-las;
- O melhor procedimento para cruzar as montanhas é com um ângulo de 45°, para possibilitar uma rápida retirada no caso da turbulência ser encontrada;
- Evite nuvens lenticulares, principalmente se os seus bordos estiverem esfarrapados e irregulares;
- Evite as nuvens rotoras, pois elas se encontram nas áreas de turbulência mais intensas das OM;
- Não confie excessivamente nas leituras do altímetro próximo a picos montanhosos, pois podem indicar altitudes superiores a 1.000 pés em relação à altitude real.

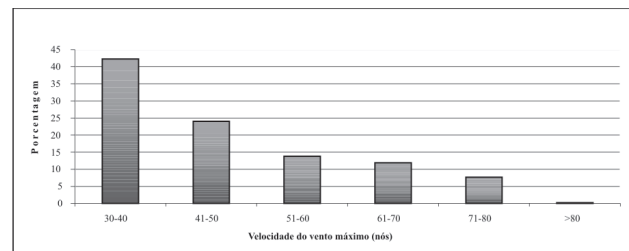
A “tesoura de vento” gerada por uma OM (vale lembrar que, ondas *lee*, WS, cisalhamento do vento, e tesoura de vento, são todos sinônimos), também pode ser definida como uma variação na direção e/ou na velocidade do vento em uma curta distância (na vertical ou horizontal). Esta variação brusca leva a um significativo ganho ou perda de sustentação das aeronaves. O WS pode causar diferentes efeitos nas aeronaves, como turbulência, aumento ou diminuição da velocidade indicada, bruscas e perigosas variações no Indicador de Velocidade Vertical (VSI), altímetro e indicador de ângulo de ataque, sendo estes instrumentos

os mais afetados em uma situação de WS.

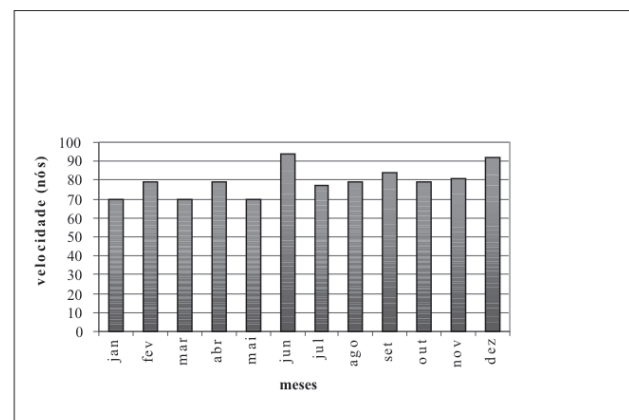
Na região da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), tem-se elevações de mais de 600 m de altitude (Figura 2), com alinhamento de NE para SW, e ventos máximos que podem atingir facilmente 70 nós (Figuras 3a e 3b). Os pilotos devem dar a devida atenção quando voarem em situação onde há presença de ventos superiores a 20 nós ou nuvens lenticulares na área.



Figura 2: Helicóptero Esquilo biturbina da DAE-MB, em manobra de aproximação do heliponto da EACF. Ao fundo encontra-se a geleira Stenhouse, com elevações que ultrapassam 600 m de altitude.



(a)



(b)

Figura 3: a) Freqüência das rajadas máximas na EACF entre 1994 e 2002; b) Rajadas máximas observadas na EACF entre 1994 e 2002.

Em 19 de janeiro de 2002 um helicóptero da Força Aérea Uruguaia, um Bell UH-1H, enfrentou forte cisalhamento do vento em sua aproximação ao heliponto da EACF. Pelo menos três componentes de vento agiam na área: uma vinda das geleiras, outra do mar e outra de uma elevação de 216 m, atrás da EACF – a da estação meteorológica do Morro da Cruz. A aeronave balançou perigosamente a baixa altura, abortando o pouso e retornando à estação uruguaia de Artigas. Essa grande variabilidade das condições atmosféricas, principalmente do vento, no interior do fiorde da Baía do Almirantado, testa a habilidade e capacidade não só dos pilotos, mas também dos meteorologistas que se encontram nessas situações limítrofes.

Em dezembro de 2004, um helicóptero Bell 407 com equipe inglesa, voando sobre o Platô Antártico (79°S; 79°W), nas proximidades dos montes Patriot e das montanhas Ellsworth, colidiu com o solo em condições de voo controlado (Figura 4). Este acidente ocorreu em situação de piora do tempo, vento entre 25 e 30 nós e *whiteout* (branco-total, quando o contraste desaparece e o observador não consegue distinguir o horizonte ou qualquer feição na superfície da neve). Este sinistro aconteceu no momento que o piloto iniciou o procedimento de pouso, batendo contra o solo com o altímetro ainda marcando 140 pés de altura. Provavelmente as OMs estavam atuando na região no momento do acidente, o que teria provocado a diferença de altura no radio-altímetro, e que foi agravado pela presença do *whiteout*.

O Projeto “Meteorologia na Estação Antártica Comandante Ferraz” do PROANTAR/CNPq, dá especial atenção aos ventos locais quando existe atividade aérea na região. Constantemente são feitos contatos via rádio com o NApOc Ary Rongel e outras aeronaves que venham a utilizar-se do heliponto da EACF. As forças aéreas peruana, uruguaia e chilena constantemente solicitam *briefings* da EACF, fazendo com que o módulo de Meteorologia da EACF às vezes funcione como uma estação de serviço de informação de voo do aeródromo (*Aerodrome Flight Information Service – AFIS*), reportando as condições gerais do tempo, previsões de tempo locais, previsões de ondas de montanhas e até mesmo fazendo a coordenação de seus voos.



Figura 4: Integrante do Projeto, Francisco E. Aquino, observa em Patriot Hills os destroços do helicóptero Bell 407, utilizado na expedição Polarfirst no verão de 2004/2005.

Na tentativa de se aprimorar a previsão do tempo para condições adversas de voo, o Projeto tem realizado análises dos ventos locais e suas relações com o WS. Para tanto, foram utilizados dados meteorológicos de duas estações meteorológicas, uma em altitude (Morro da Cruz) e outra em superfície (EACF).

Foi constatado que, se a diferença na direção do vento for superior a 60° entre essas duas estações, os pilotos já podem encontrar cisalhamento no vento. Diferenças nas velocidades dos ventos superiores a 30 nós também são um bom indicativo de WS.

Esses são resultados preliminares e empíricos, mas que já servem como referência a pilotos e meteorologistas. Pesquisas que visem à segurança dos astronautas é um importante fator de progresso para a aviação moderna, principalmente em regiões inóspitas e de bruscas mudanças do tempo meteorológico, como a região Antártica. Iniciado por Byrd em 1946, hoje as operações com helicópteros são fundamentais para toda a logística das atividades humanas na Antártica.

## 2. BIBLIOGRAFIA PARA CONSULTA

CABRAL, E.; ROMÃO, M. 1999. Atenção ao Relevo. **Revista Aero Magazine**. Nova Cultural, Vol. 6 n 65, 30-31.

LEDESMA, M.; BALERIOLA, G. 1984. **Meteorologia Aplicada a la Aviacion**. Paraninfo. 389 – 406.

LESTER, P. F. 1997. Mountain Lee Waves in: **Aviation weather**. Englewood: Jeppesen Sanderson. 10-9 a 10-17.

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA. Instituto de proteção ao Vôo – IPV. Ondas de Montanha, Uma força sobrepujada apenas pelos tornados. **Apostila do Curso OP-178** (Especialização em meteorologia Aeronáutica, S/D).

MURRAY, J.; BODILL, C. Página da expedição Polar First – flying to extremes, disponível em: **http://www.Polarfirst.com/html/diary.php**. (consultado em dezembro de 2005).

PROJETO DE METEOROLOGIA ANTÁRTICA. Página do projeto disponível em: **http://www.cptec.inpe.br/antartica**. (consultado em dezembro de 2005).

SIMÕES, J.C. 2004. Glossário da língua portuguesa da neve, do gelo e termos correlatos. In: **Pesquisa Brasileira Antártica**. Academia Brasileira de Ciências, Vol. 4: 119-154.

## AGRADECIMENTOS

Ao PROANTAR, pelo apoio contínuo junto à Secretaria Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); ao Ministério do Meio Ambiente (MMA); CPTEC e ao INPE, pelo apoio institucional, ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT); à bolsa MCT DTI-381179/03-6; às equipes “Metoro – H24”, ao Geógrafo Ricardo Burgo Braga (NOTOS/UFRGS) e à Marilene A. da Silva, pela atuação incansável nestes 20 anos.