

Relatório de Pesquisa de Mestrado

Ajuste topográfico do campo do vento na CLP da região da Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz (EACF)

Mariana Fadigatti Picolo

Orientadora: Prof^a. Dra. Jacyra Soares

Relatório de Atividades

Abril/Setembro-2015

Laboratório de Interação Ar-Mar
Departamento de Ciências Atmosféricas
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Universidade de São Paulo

Sumário

1. Resumo do Projeto de Pesquisa	3
2. Resumo dos Relatórios Anteriores	3
3. Objetivos	4
4. Região de Estudo e Dados Utilizados	4
5. Resultados Preliminares.....	5
5.1. Análise Anual	5
5.2. Análise de Verão e Inverno	6
5.3. Rotina A71.....	7
6. Conclusão Preliminar	10
7. Referências Bibliográficas	11
8. Outras Atividades Desenvolvidas no Período	12
8.1. Inscrição no IX Workshop Brasileiro de Micrometeorologia.....	12
9. Atividades Futuras	12

1. Resumo do projeto de pesquisa

A obtenção do campo de vento, importante para vários estudos de interação superfície atmosfera e de estudos de impactos ambientais, é limitada em razão de medidas espacialmente esparsas, particularmente em regiões com relevo acidentado (Veleda, 2001). Medidas micrometeorológicas realizadas a 5 metros do nível da superfície, por exemplo, são representativas de uma área circular de raio igual a 500 metros em torno do local da medida (Oliveira, 1991). Porém, em áreas em que o terreno varia significativamente, o vento medido em um único local pode não representar adequadamente o vento na região a sua volta, pois as regiões com topografia complexa podem causar grandes modificações nos escoamentos de larga e meso escalas (Veleda, 2001).

A topografia, além de modificar o escoamento, pode dar origem a ventos que ocasionam mudanças de temperatura. De acordo com Parish and Cassano (2003a) ventos katabáticos são reconhecidos como uma das variáveis climatológicas chave dos baixos níveis na região Antártica. Speirs et al. (2010) apresenta uma discussão sobre ventos Foehn nos vales McMurdo na Antártica causando grande aquecimento.

Neste projeto serão utilizados dois modelos diagnósticos propostos por Anderson (1971) e Dickerson (1978), os quais assumem restrições físicas como conservação de massa e atmosfera incompressível, o que reduz a divergência do escoamento, para análise do campo de vento. Variáveis meteorológicas, como temperatura, velocidade e direção do vento e umidade relativa serão utilizadas para tentar caracterizar os ventos na região da EACF.

2. Resumo dos relatórios anteriores

Nos relatórios anteriores foram descritas as duas rotinas que serão utilizadas e foram feitos testes com estas rotinas. Foi mostrado que ambas consideram conservação de massa e atmosfera incompressível. A rotina descrita por Anderson (1971), chamada de A71 para referência, assume um movimento vertical limitado superiormente pelo topo da CLP e inferiormente pelos contornos topográficos, nesta rotina a altura da CLP é somada à altura da topografia. A rotina descrita por Dickerson (1978), chamada D78 para referência, utiliza a técnica variacional para ajustar o escoamento, aceita limites sólidos no interior do domínio estudado, simulando condições em que a altura da CLP está abaixo de algumas elevações topográficas e assume escoamento através do topo o modelo.

Os testes foram feitos utilizando uma topografia Gaussiana com altura máxima de 500 m para investigar o efeito da topografia no escoamento e para mostrar que estas são sensíveis às variações de velocidade e altura da CLP. Em condições em que a altura da CLP utilizada era maior que a da topografia o campo de vento para as duas rotinas era semelhante, no entanto, quando a altura da CLP era menor, o escoamento, obtido pela rotina D78, era forçado ao redor da montanha e acelerado. Em ambos os casos a velocidade era máxima no ponto mais alto do domínio e menor nos pontos mais baixos indicando conservação de massa. Foi observado diferenças nos valores da velocidade máxima obtida, sendo maior para a rotina D78, pois como neste caso a topografia é contada a partir de uma superfície plana a diferença de altura entre o ponto mais alto da montanha e a altura da CLP é menor que na outra rotina, por conservação de massa, o escoamento irá acelerar e a velocidade máxima será maior quanto menor a diferença das alturas. Notou-se também que quanto maior a velocidade inicial maior foi a velocidade máxima obtida em ambas as rotinas.

3. Objetivos

O objetivo geral do trabalho é estudar o escoamento do vento na região da Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz para condições de verão e inverno. Para realização deste estudo serão utilizadas duas rotinas numéricas diagnósticas e bidimensionais, (Anderson, 1971 e Dickerson, 1978). Dados de velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa também serão analisados.

4. Região de estudo e dados utilizados

Será investigada a região da Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz (EACF) localizada na Ilha Rei George (62°05'S, 058° 23'W) a 20 m acima do nível do mar. A topografia da ilha Rei George é mostrada na figura 1 com resolução espacial horizontal de 50 m.

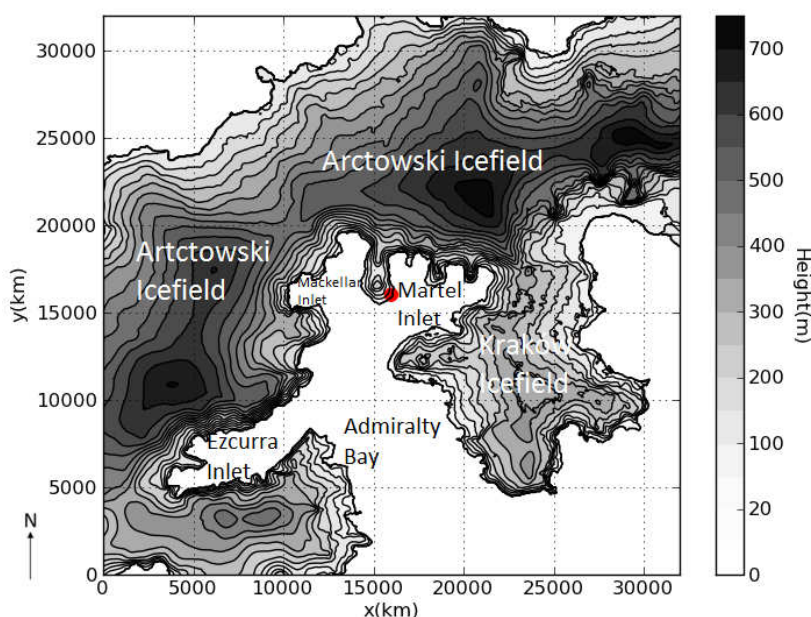


Figura 1- Topografia ao redor da EACF (ponto vermelho). Mapa adaptado do modelo digital de terreno de Braun et al. (2001).

A topografia apresenta alturas de até 700 m e influenciam a circulação atmosférica na EACF (figura 1).

Os dados utilizados possuem frequência de amostragem de 10 s e são armazenados como médias de 5 minutos. A temperatura do ar foi medida a 10.2 m e a velocidade e direção do vento foram medidos a 10.1 m.

Tabela 1- Descrição dos sensores instalados na estação Comandante Ferraz.

	Sensor		Range	Acurácia
Vento	Anemômetro RM Young Modelo: 05103	Velocidade	0-100 ms ⁻¹	± 0.3 ms ⁻¹
		Direção	0-360°	± 3 °
Temperatura	Vaisala Modelo: CS215		-40°C - +70°C	±0.9

5. Resultados preliminares

Médias anuais e para verão e inverno da temperatura do ar e velocidade e direção do vento foram calculadas para o ano de 2014. Analisou-se também a temperatura do ar com relação à direção do vento para verão e inverno. A frequência de ventos calmos, aqui definido como velocidade menor do que 0.5 ms^{-1} e ventos fortes (velocidade maior que 20 ms^{-1}) foi calculada para o ano de estudo. Após, a rotina A71 foi inicializada com ventos de norte, sul, leste e oeste com intensidade igual a 1 ms^{-1} , para verificar o efeito da topografia no campo de vento. Esta rotina também foi inicializada com valores médios de verão e inverno.

5.1 Análises anuais

Para os cálculos feitos nesta seção foram utilizados valores armazenados em 5 minutos de temperatura do ar e vento para todo o ano de 2014. Foram utilizados 90582 dados de vento e 92203 dados de temperatura.

A velocidade média anual do vento foi $6.44 \pm 0.02 \text{ ms}^{-1}$ com direção média de 10° . A temperatura do ar média anual foi de $-1.91 \pm 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$.

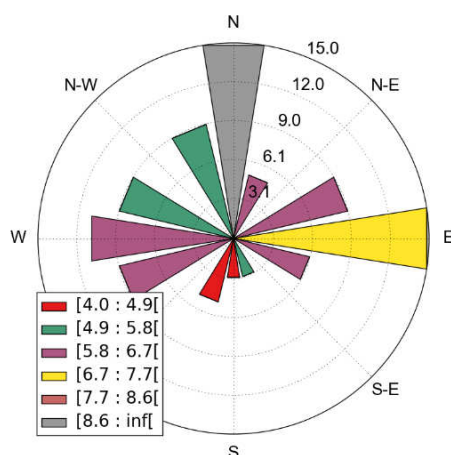


Figura 2- Rosa dos ventos para o ano de 2014. As cores indicam a velocidade média anual.

Ventos de norte e de leste apresentaram as maiores frequências (15%) durante o ano de 2014 (figura 2). Ventos de oeste também apresentaram frequências significativas de ocorrência (11%). Esta alta frequência dos ventos de oeste e norte podem estar relacionados à montanha Arctowski (figura 1). Ventos de sul, da Baía do Almirantado, foram menos frequentes. Ventos de norte podem ser fortes ou calmos, no entanto, se os ventos são de outras direções serão mais fracos (figura 3).

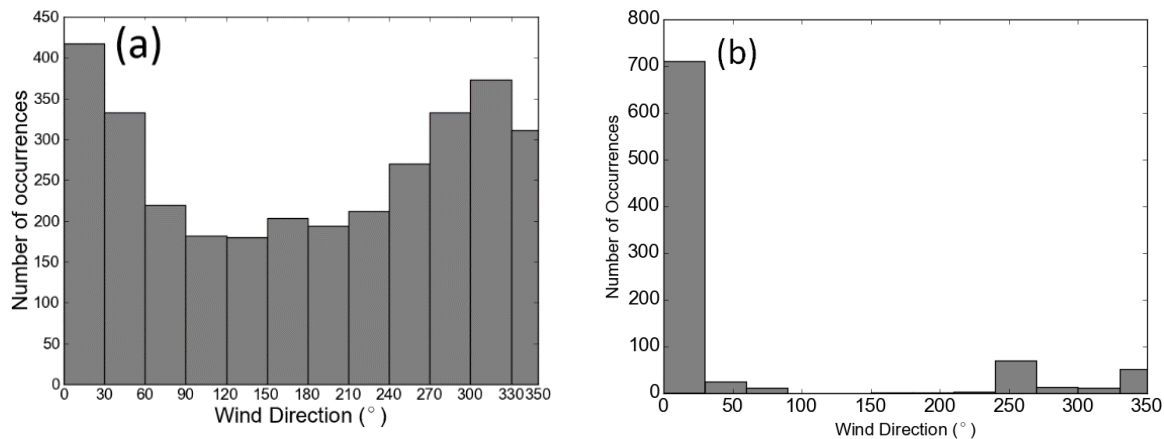


Figura 3- Histogramas da frequência da direção do vento para ventos (a) calmos e (b) fortes para 2014.

Ventos calmos (4 %) foram mais frequentes do que ventos fortes (1 %) (figura 3a, b).

5.2 Análises de verão e inverno

Os meses de verão foram aqui considerados como janeiro, fevereiro e março, e os meses de inverno foram junho, julho e agosto.

Os valores médios de temperatura e vento para os meses de verão e inverno foram calculadas utilizando os dados armazenados em 5 minutos. Para a variação diurna foram feitas médias horárias para verão e inverno.

A velocidade média do vento durante o verão foi $5.95 \pm 0.02 \text{ ms}^{-1}$ com direção média de 56° , durante o inverno foi $6.93 \pm 0.03 \text{ ms}^{-1}$ com direção média de 349° . A temperatura média foi $-0.06 \pm 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$ para verão e $-4.16 \pm 0.02 \text{ }^\circ\text{C}$ para inverno.

A variação diurna da média horária da temperatura permaneceu acima de zero entre 10h e 19h (hora local) durante o verão (figura 4a) e sempre abaixo de zero durante o inverno (figura 4b).

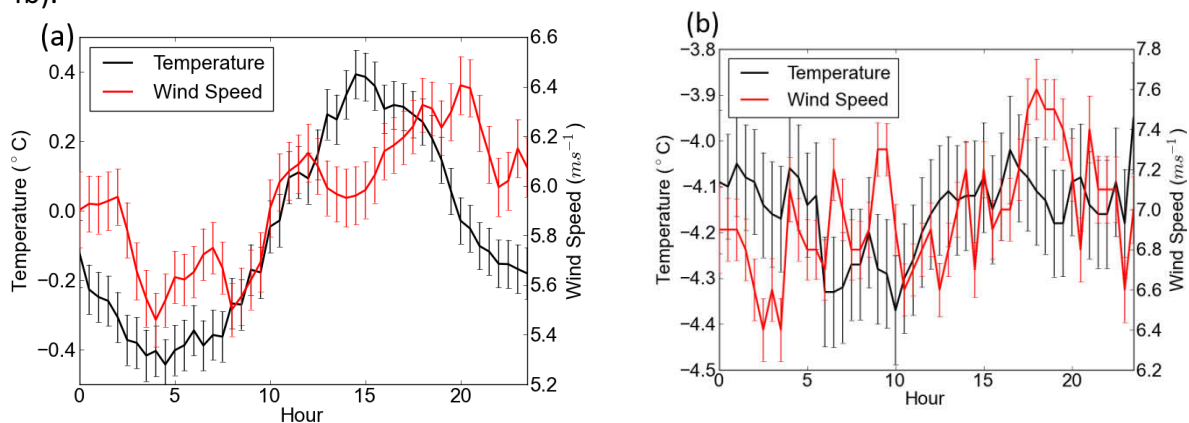


Figura 4- Variação diurna da média horária da temperatura e velocidade do vento para (a) verão e (b) inverno. As barras indicam erro estatístico.

A amplitude diurna da velocidade do vento é menor no verão que no inverno (0.7 ms^{-1} e 1.1 ms^{-1} , respectivamente). Durante o inverno o vento apresenta mais variações ao longo do dia. A amplitude diurna da temperatura no verão foi de $0.4 \text{ }^\circ\text{C}$ e no inverno de $0.9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Ventos de leste ocorreram com mais frequência no verão (20%), seguidos por vento de norte (Figura 5a). Durante o inverno, ventos de norte e leste foram mais frequentes, ocorrendo em 14% dos casos (figura 5b).

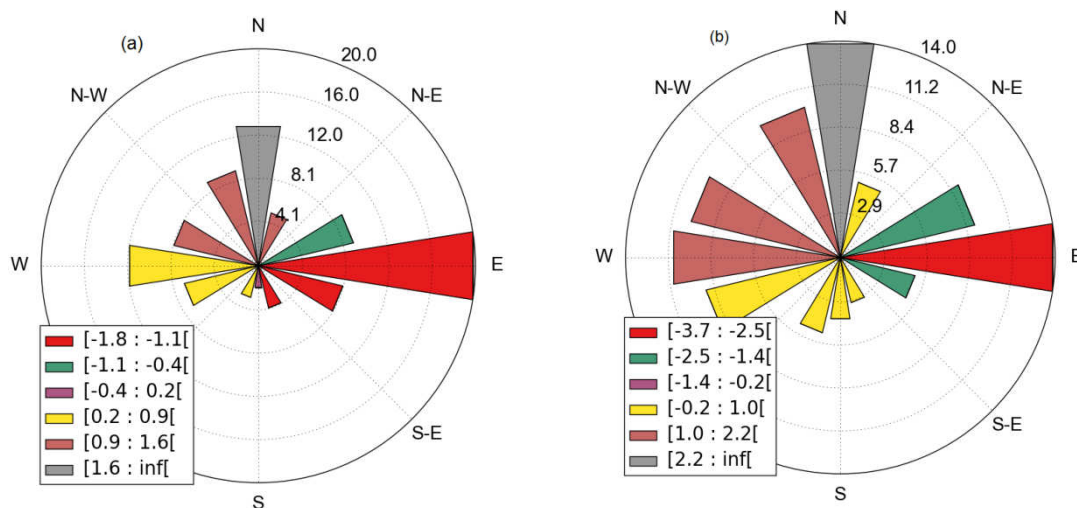


Figura 5- Rosa dos ventos com a frequência da direção do vento (linhas) e o desvio da média da temperatura (shaded) para (a) verão e (b) inverno.

Novamente, ventos da Baía do Almirantado (direção sul) apresentaram as menores frequências. Para verão e inverno, ventos de norte apresentaram temperaturas acima da média para o mesmo período. Ventos vindos da enseada Martel (leste da estação) tiveram temperaturas abaixo da média, sendo que para o inverno esta diferença foi de $-3.7\text{ }^{\circ}\text{C}$. De acordo com Styszynska (1990) as águas das enseadas Mackellar e Martel estão cobertas de gelo durante o inverno.

Temperaturas relacionadas com a enseada Mackellar não apresentaram grandes desvios da média, estando apenas $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ acima da média no inverno, isto pode estar relacionado com ventos mais quentes da montanha Arctowski (oeste da estação).

Mudanças de temperatura podem estar relacionadas a ventos katabáticos e Foehn. Ventos Foehn causam aquecimento, mas ventos katabáticos podem causar variações positivas ou negativas de temperatura. De acordo com Parish e Cassano (2003b) a temperatura do ar sozinha não é confiável para caracterizar ventos como katabáticos, pois este tipo de vento tende a induzir mistura vertical, destruindo inversões de baixos níveis. Considerando isto não é possível caracterizar o vento na estação com as análises feitas, no entanto, nota-se a influência da topografia no vento e na temperatura.

5.3 Rotina A71

A região estudada, mostrada na figura 1, tem $32 \times 32\text{ km}$ com resolução espacial horizontal constante de 50 m com 641×641 pontos. A rotina foi inicializada, primeiramente com ventos de norte, sul, leste e oeste com intensidade de 1 ms^{-1} . Após, foi inicializada com valores médios de velocidade e direção do vento para verão e inverno, apresentados na seção 5.2 (5.95 ms^{-1} e 56° para verão e 6.93 ms^{-1} e 349°). Os resultados mostrados estão com contornos com intervalos de 1000 m e 200 m , para melhor visualização. O vento inicial, com escala, é mostrado em cada caso para comparação no canto inferior esquerdo de cada figura.

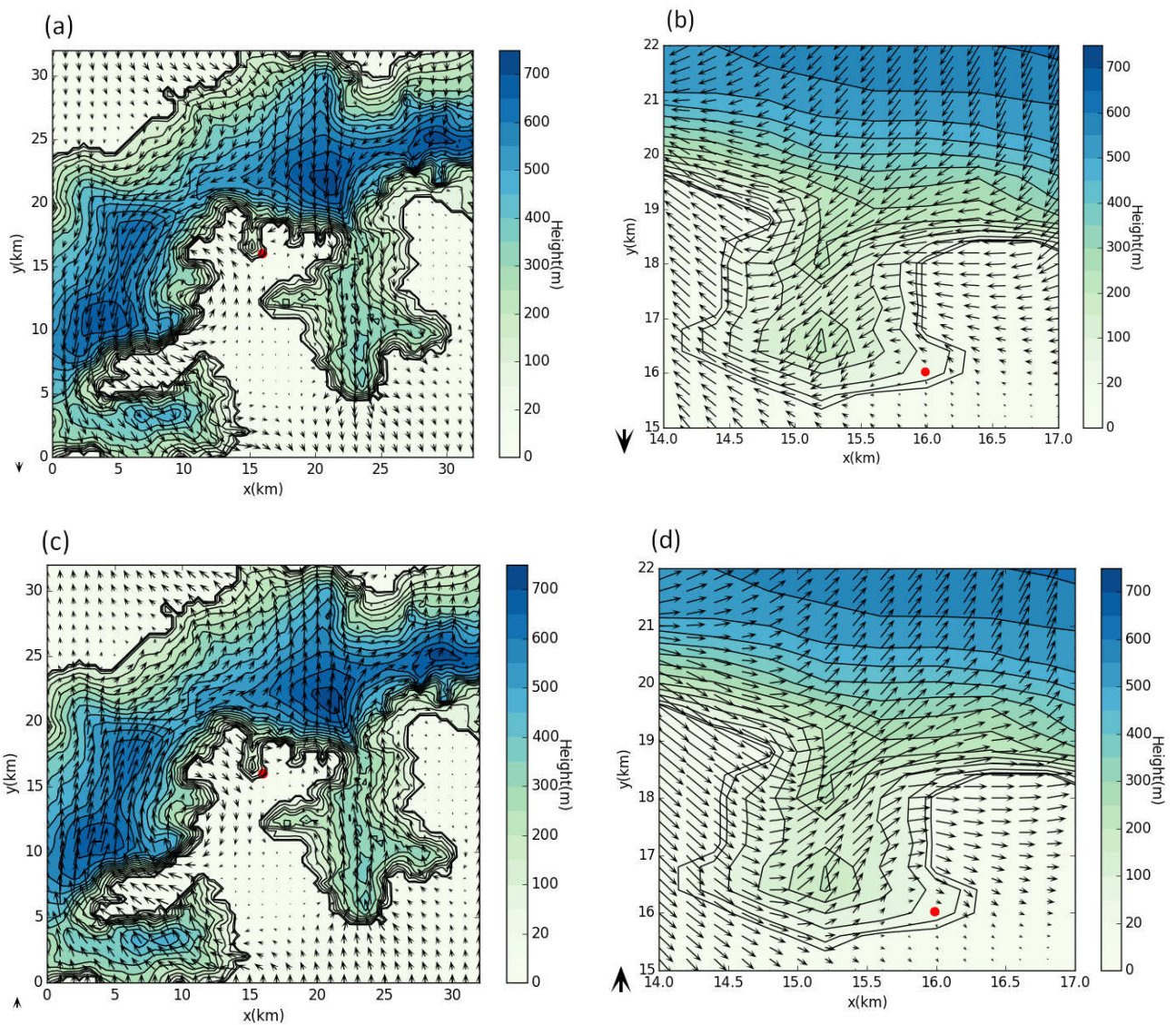


Figura 6- Campo de vento para vento inicial de (a) e (b) norte, (c) e (d) sul.

Como esperado, devido a conservação de massa, a velocidade do vento é maior em regiões mais altas e menor em regiões mais baixas (Figuras 6,7 e 8).. A topografia acelera o vento em todos os casos e modifica a sua direção inicial, exceto acima da geleira Arctowski (norte da estação) em que o fluxo mantém a direção inicial nos quatro casos estudados (Figuras 6a,c , 7a,c). Em alguns casos, o fluxo flui para áreas mais baixas com velocidade maior que a inicializada, como por exemplo, na enseada Mackellar (oeste da estação) (Figs. 6c e 7a), no setor sul e sudeste da geleira Krácow (sudeste da estação) (Figura 6a,c)

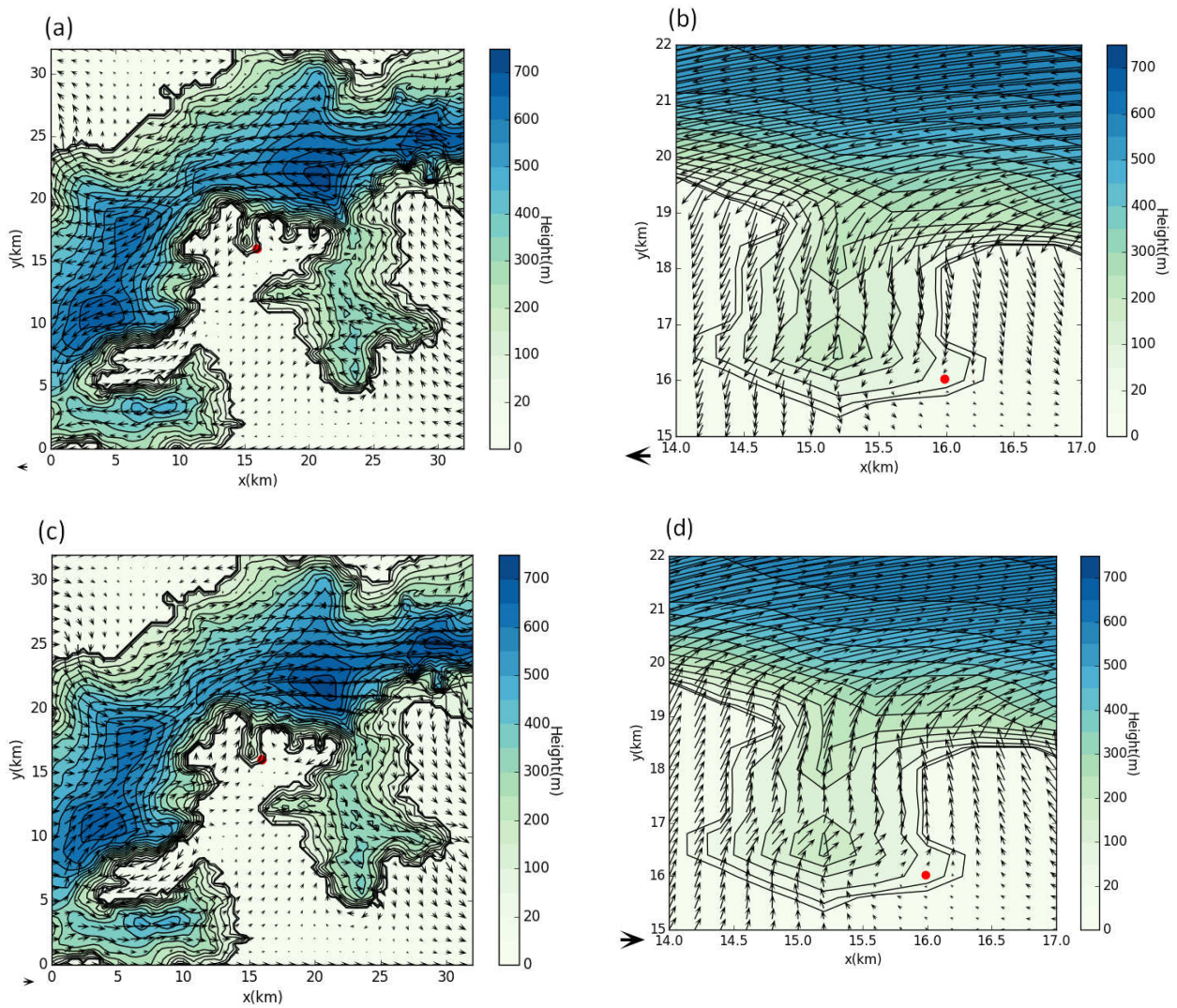


Figura 7- Campo de vento para vento inicial de (a) e (b) leste, (c) e (d) oeste.

Na península Keller, em que está localizada a estação (figura 1), fluxo para áreas mais baixas é visto para ventos iniciais de norte e leste (figuras 6b e 7b) com velocidades maiores que a inicial. Ao redor da EACF para estes casos (ventos iniciais de norte e leste), o fluxo é do continente para a península e para o oceano. Nos outros dois casos (ventos iniciais de sul e oeste), o fluxo é do oceano para o continente ao redor da EACF (figuras 6d e 7d). Em todos os casos um efeito de canalização é visto na enseada Ezcurra (sudoeste da estação).

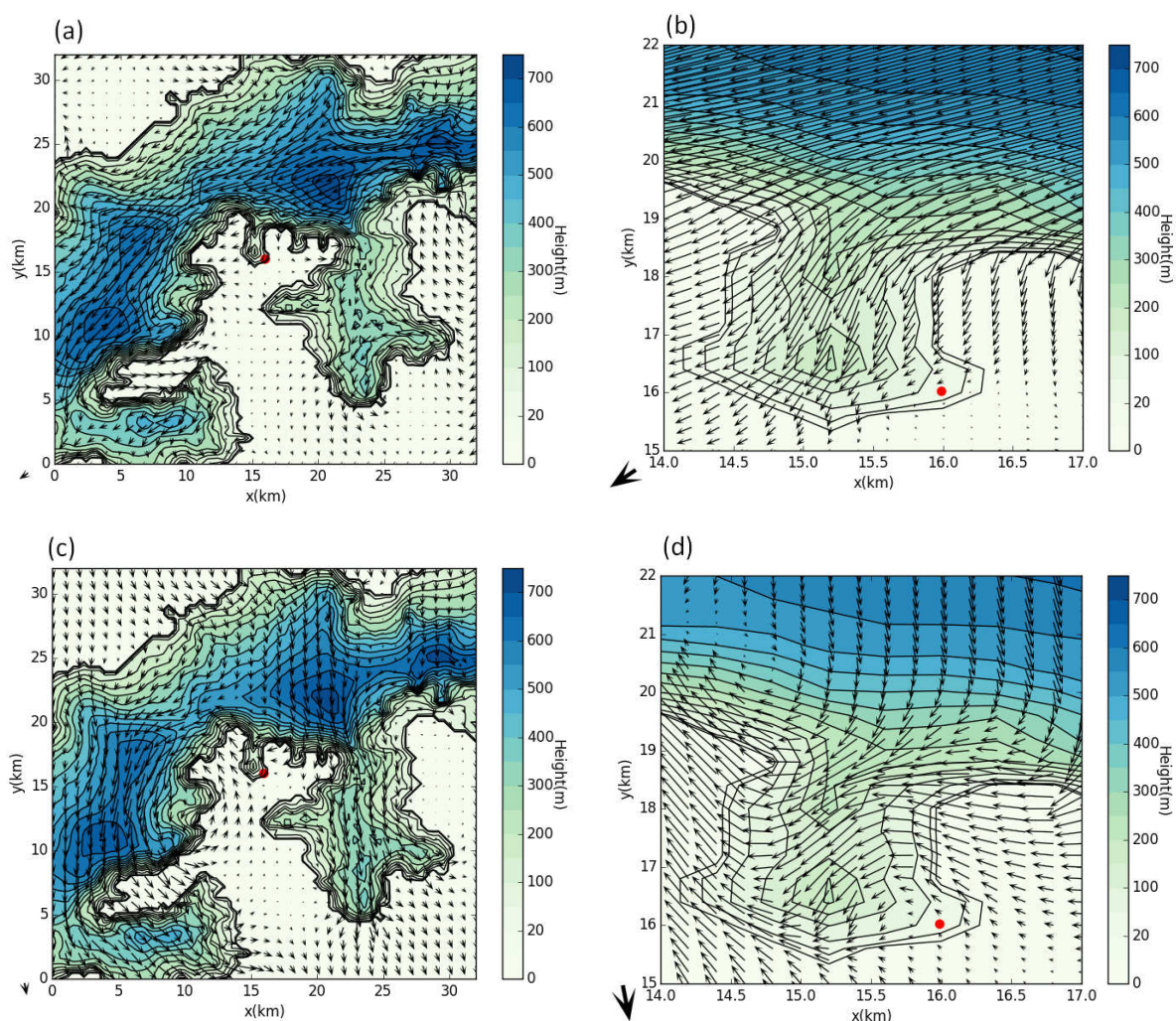


Figura 8- Campo de vento inicializado com valores médios para (a) e (b) verão, (c) e (d) inverno.

O campo de vento obtido com valores médios para verão é similar ao campo para vento inicial de leste, pois a direção média dos meses de verão possui uma componente leste (56°) (Figura 8a). Para inverno, o campo de vento é similar ao campo para a condição inicial de norte, pois o a direção média é de norte (349°) (Figura 8c).

Novamente fluxo para áreas mais baixas é visto, como ao redor da estação (Figuras 8b e 8d), com velocidades maiores que a inicial. Para ambas as condições iniciais (valores médios de verão e inverno), o fluxo é do continente para a península Keller e para o oceano ao redor da EACF (Figuras 8b e 8d)

6. Conclusão preliminar

Neste relatório foram feitas análises dos dados de temperatura e vento da EACF durante o ano de 2014 e a rotina A71 foi utilizada para verificar o efeito da topografia no campo de vento na região. A temperatura média durante o ano de 2014 foi de $-1.91 \pm 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$ e a velocidade média do vento foi de $6.44 \pm 0.02 \text{ ms}^{-1}$ com direção média de 10° . Durante o ano de 2014 ventos de norte e leste foram mais frequentes (15%). Ventos fortes ocorreram em 1% dos casos com direção preferencial de norte. Ventos calmos tiveram uma frequência de ocorrência de 4% sem

direção preferencial. Conclui-se que ventos de norte podem ser calmos ou fortes, mas ventos de outras direções são mais fracos.

A velocidade média do vento foi de $5.95 \pm 0.02 \text{ ms}^{-1}$ com direção média de 56° para verão e $6.93 \pm 0.03 \text{ ms}^{-1}$ com direção média de 349° para inverno. A temperatura média para verão e inverno foi $-4.16 \pm 0.02 \text{ }^\circ\text{C}$ e $-0.06 \pm 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$. A variação diurna da média horária da temperatura permaneceu sempre abaixo de zero durante o inverno com amplitude diurna de $0.4 \text{ }^\circ\text{C}$, durante o verão a amplitude diurna foi de $0.9 \text{ }^\circ\text{C}$. Ventos de norte e leste foram mais frequentes durante os meses de inverno. Durante o verão, ventos de leste foram mais frequentes seguidos por ventos de norte. Para verão e inverno, a temperatura quando os ventos são de norte foi maior que a média para cada caso. A maior diferença de temperatura do valor médio foi observada durante o inverno ($-3.7 \text{ }^\circ\text{C}$) para ventos de leste, vindos da enseada Martel, que está coberta de gelo durante o inverno. Ventos Foehn sempre causam aquecimento em uma região, no entanto, ventos katabáticos podem provocar aquecimento ou resfriamento, portanto, considerando apenas as análises feitas, não é possível caracterizar o vento na região durante 2014.

Nos campos de vento obtido com a rotina A71, a velocidade do vento é maior em áreas mais altas e menor em áreas mais baixas, devido à conservação de massa. Foi observado fluxo de áreas mais altas para mais baixas, como ao redor da península Keller para ventos iniciais de norte e leste, e para valores iniciais médios para verão e inverno. Nestes quatro casos o fluxo é do continente para o oceano, ao redor da EACF. O fluxo é do oceano para o continente, ao redor da estação, nos outros dois casos (ventos iniciais de sul e oeste). Efeito de canalização é observado na enseada Ezcurra em todos os casos. Uma desvantagem desta rotina diagnóstica é que não é possível identificar efeitos térmicos no vento.

Considerando todas as análises feitas, anual, para verão e inverno e os resultados da rotina A71, é possível notar a influência da topografia no vento e na temperatura na região da EACF.

7. Referências Bibliográficas

- Anderson, G.E., (1971). Mesoscale influences on wind fields. *J. Appl. Meteor.*, 10, 377-386.
- Braun, M., J. C. Simões, S. Vogt, U. F. Bremer, N. Blindow, M. Pfender, H. Saurer, F. E. Aquino, F. A. Ferron. (2001). An improved topographic database for King George Island: compilation, application and outlook. *Antarctic Science* 13(1): 41-52.
- Dickerson, M.H., 1978. MASCON - A mass-consistent atmospheric flux model for regions with complex terrain. *J. Appl. Meteor.*, 17, 241-253.
- Oliveira, A. P., 1991. *Dinâmica da Camada Limite Planetária em Latitudes Tropicais e Subtropicais*. Relatório técnico. Departamento de Ciências Atmosféricas, USP.
- Parish T., Cassano J. (2003a). Diagnosis of the katabatic wind influence on the wintertime Antarctic surface wind field from numerical simulations. *Mon Weather Rev.*, 131:1128-1139.
- Parish T., Cassano J. (2003b). The role of katabatic winds on the Antarctic surface wind regime. *Mon Weather Rev.*, 131:317-333.
- Speirs, J. C., D. F. Steinhoff, H. A. McGrowan, D. H. Bromwich, and A. J. Monaghan. (2010). Foehn winds in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica: The origin of extreme warming events. *J. Climate*, 23, 3577-3598.
- Styszyńska, A. (1990). The effect of wind direction and orography on air temperature at the Arctowski Station. *Polish Polar Research*, 11(1-2), 69-93.
- Veleda, D., (2001): *Ajuste do campo de vento sobre topografia complexa aplicado a um modelo de dispersão de poluentes*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo.

8. Outras atividades desenvolvidas no período

8.1. Inscrição no IX Workshop Brasileiro de Micrometeorologia

Foi realizada a inscrição no Workshop Brasileiro de Micrometeorologia, que será realizado nos dias 11, 12 e 13 novembro, com dois trabalhos intitulados “Análise do Vento e Temperatura de Superfície na EACF durante 2014” e “Ajuste Topográfico do Campo de Vento na CLP da região da Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz (EACF)”. Ambos os trabalhos foram aceitos para participação no evento e serão apresentados na forma de pôster.

9. Atividades futuras

As atividades futuras são:

- Modificação e utilização da rotina D78 para condições de inverno e verão na região.
- Estudo e discussão dos mecanismos de formação dos ventos na região.
- Participação no IX Workshop Brasileiro de Micrometeorologia.