Cálculo vetorial

http://coral.ufsm.br/cograca/vetorial.pdf

Grandeza escalar x vetorial

- Exemplos: ?

- A **grandeza escalar** fica perfeitamente definida quando dela se conhecem o valor numérico e a correspondente unidade (exemplos: volume, massa, temperatura, energia).

- A **grandeza vetorial**, além do valor numérico e da unidade, necessita de direção e sentido para ser definida (exemplos: velocidade, aceleração, força, impulso, quantidade de movimento).

  Vetor

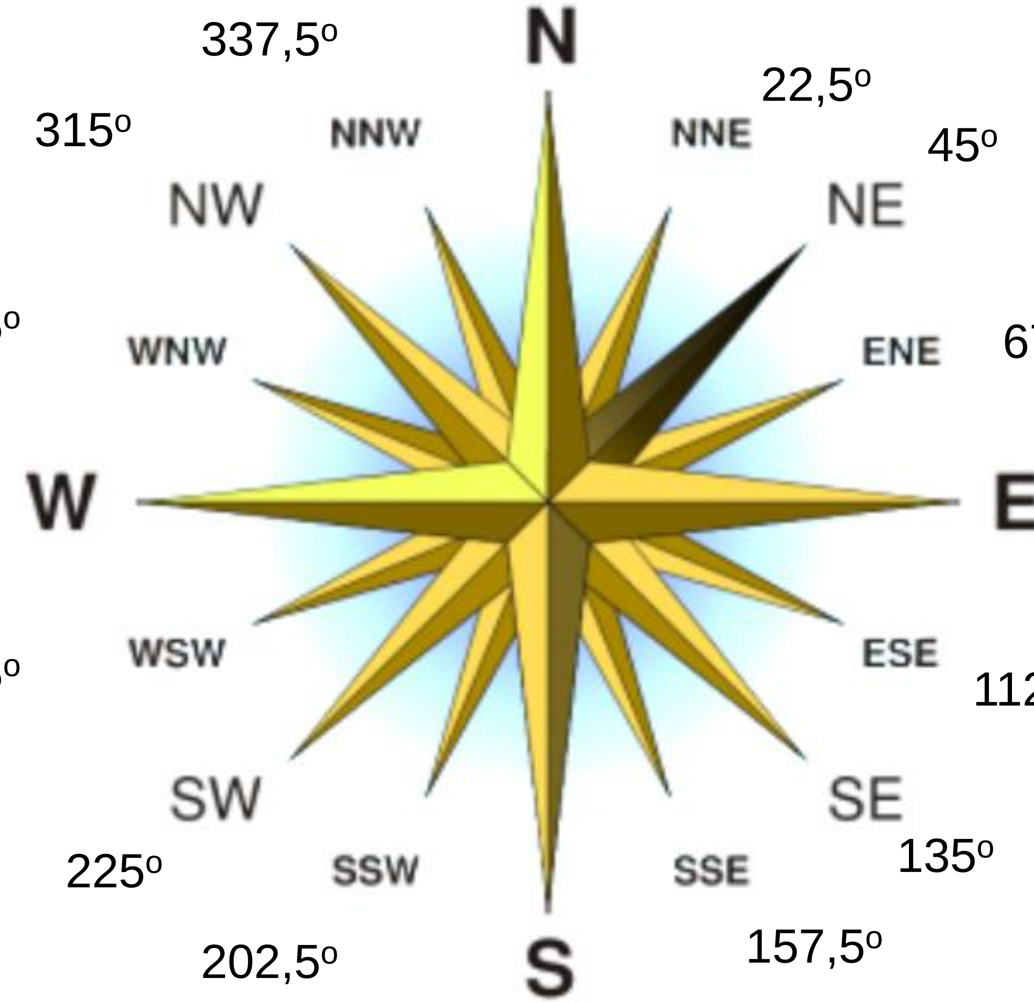
  É um ente matemático caracterizado por módulo, direção e sentido.

VENTO

- Atividade:
  - Desenhar a rosa dos ventos com 16 direções (colocar as siglas e graus).

Direção do vento

A direção do vento é indicada pela direção de onde o vento é proveniente, ou seja, de onde ele vem. A direção é expressa tanto em termos da direção de onde ele provém como em termos do azimute, isto é, do ângulo que o vetor da direção forma com o Norte geográfico local. Assim, um vento de SE terá um ângulo de 135º.



Pontos:

-cardeais, colaterais e sub-colaterais

QUADRANTES E OCTANTES

VENTO

- 3ª. Atividade:
  – Desenhar a rosa dos ventos com 16 direções (colocar as siglas e graus).
- 4ª. Atividade:
  – Conversão de unidades

Preencher a tabela abaixo:

nós	$m.s^{-1}$	$km.h^{-1}$	mph
0,5399		1	
1	0,514	1,852	1,1507
1,9438	1	3,6	2,2369
2			
3			
4			
5			
10			
15			
20			
25			
30			
40			
50			
70			
100			
150			
200			
275			

Velocidade do vento

nós	$m.s^{-1}$	$km.h^{-1}$	mph
0,5399	0,3	1	0,6
1	0,514	1,852	1,151
1,9438	1,0	3,6	2,2
2	1,0	3,7	2,3
3	1,5	5,6	3,5
4	2,1	7,4	4,6
5	2,6	9,3	5,8
10	5,1	18,5	11,5
15	7,7	27,8	17,3
20	10,3	37,0	23,0
25	12,9	46,3	28,8
30	15,4	55,6	34,5
40	20,6	74,1	46,0
50	25,7	92,6	57,5
70	36,0	129,6	80,5
100	51,4	185,2	115,1
150	77,1	277,8	172,6
200	102,8	370,4	230,1
275	141,4	509,3	316,4

Observações da estação automática do INMET – Mirante de Santana

- No internet Explorer
- http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php
- Dados para os dias 04 e 05 de março de 2012.

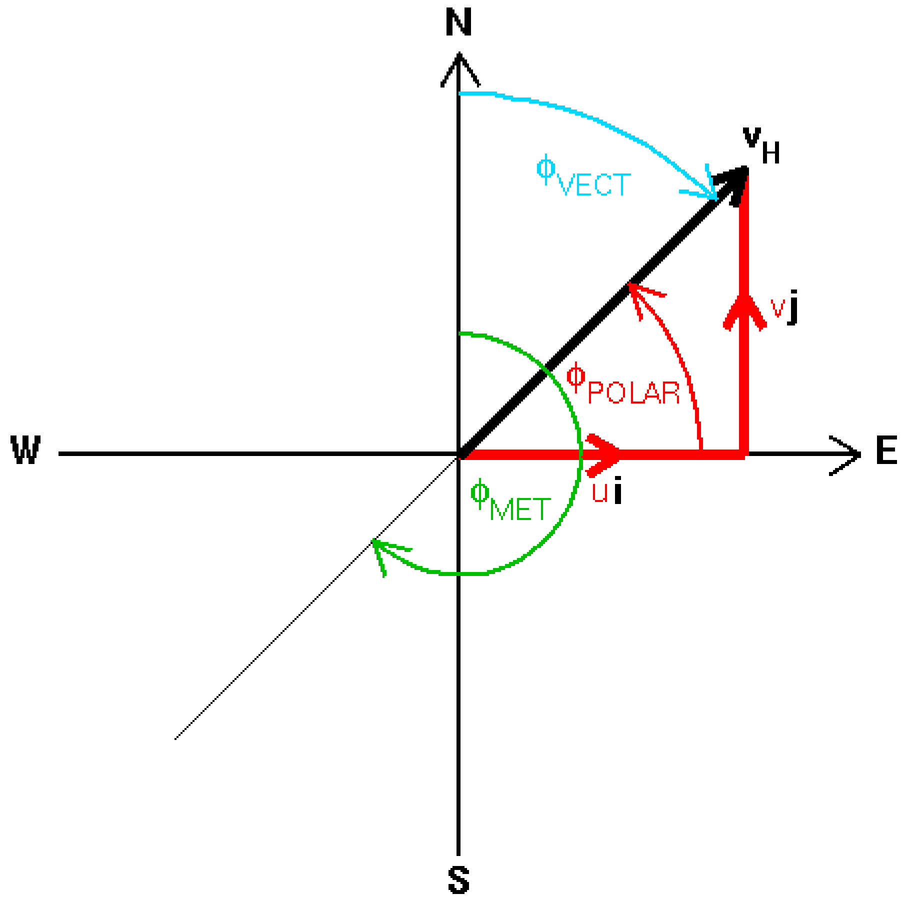
http://www.inmet.gov.br/sonabra/dspDadosCodigo.php?QT (1 não lidos... ritaynoue@... INMET - SO... INMET - ...

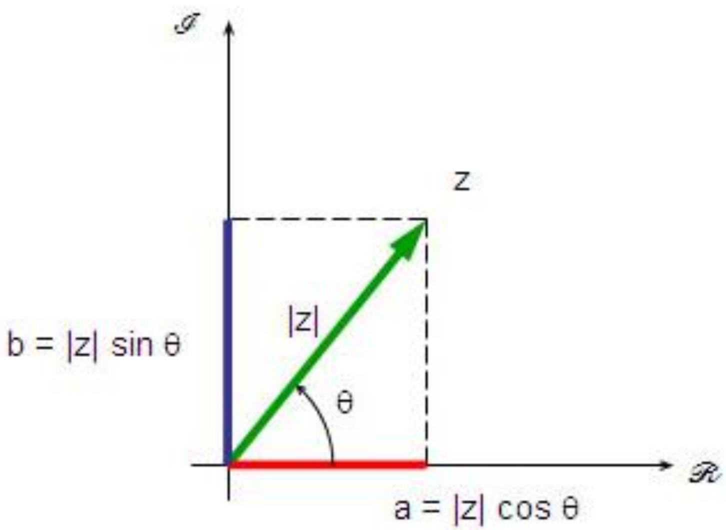
Google Pesquisar Mais » Fazer l

Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação	Chuva
	UTC	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.	(kJ/m²)	(mm)
04/03/2012	00	21.1	21.6	20.7	73	80	73	16.0	17.1	16.0	930.1	930.1	929.5	2.7	90°	6.2	-1.67	0.0
04/03/2012	01	20.8	21.1	20.7	79	79	72	17.0	17.1	15.9	929.6	930.1	929.6	1.7	76°	6.1	-2.64	0.0
04/03/2012	02	20.7	20.8	20.7	80	80	79	17.2	17.2	16.9	929.2	929.6	929.2	2.2	96°	3.9	-3.44	0.0
04/03/2012	03	20.6	20.9	20.5	82	82	79	17.4	17.4	17.1	928.6	929.2	928.6	1.5	125°	3.5	-3.33	0.0
04/03/2012	04	20.3	20.6	20.2	84	84	82	17.6	17.6	17.3	928.1	928.6	928.0	1.6	128°	3.9	-3.33	0.0
04/03/2012	05	20.1	20.4	20.1	86	87	83	17.8	17.8	17.4	927.8	928.1	927.8	1.8	130°	5.5	-2.05	0.0
04/03/2012	06	20.0	20.2	19.9	86	87	86	17.7	17.8	17.6	927.7	927.8	927.5	1.7	136°	5.4	-1.70	0.0
04/03/2012	07	19.6	20.0	19.6	88	88	86	17.5	17.7	17.4	927.5	927.7	927.4	1.7	113°	5.3	-3.25	0.0
04/03/2012	08	19.6	19.6	19.4	88	89	87	17.5	17.6	17.4	928.0	928.0	927.5	2.9	113°	6.1	-3.38	0.0
04/03/2012	09	19.7	19.7	19.5	83	88	83	16.8	17.5	16.8	928.4	928.4	928.0	3.2	103°	6.1	9.790	0.0
04/03/2012	10	20.2	20.4	19.7	82	83	80	17.0	17.0	16.6	928.9	928.9	928.4	2.8	115°	5.9	251.1	0.0
04/03/2012	11	22.0	22.1	20.2	76	82	76	17.7	17.8	16.9	929.3	929.3	928.9	3.4	95°	7.0	1055.	0.0
04/03/2012	12	22.1	22.7	21.6	75	77	73	17.4	18.0	17.2	929.6	929.6	929.3	4.5	89°	8.1	1740.	0.0
04/03/2012	13	23.7	24.6	22.1	67	75	65	17.3	18.1	17.0	929.5	929.7	929.5	4.2	91°	8.6	2218.	0.0
04/03/2012	14	25.0	25.7	23.7	59	68	58	16.3	17.9	16.3	928.9	929.5	928.9	3.8	91°	7.6	2802.	0.0
04/03/2012	15	26.2	26.8	25.0	53	60	53	16.0	17.5	16.0	928.3	928.9	928.3	3.1	84°	7.3	2918.	0.0
04/03/2012	16	26.6	27.5	25.9	52	56	50	15.9	17.2	15.5	927.6	928.3	927.6	2.2	88°	6.5	2684.	0.0
04/03/2012	17	28.3	28.7	26.4	44	53	43	14.7	16.6	14.5	927.0	927.7	927.0	1.2	83°	6.2	2495.	0.0
04/03/2012	18	27.8	29.0	27.2	53	54	42	17.3	17.3	14.0	926.5	927.0	926.5	2.5	135°	6.6	2273.	0.0
04/03/2012	19	26.3	27.9	26.1	59	59	51	17.6	17.9	16.6	926.4	926.5	926.4	3.6	160°	7.9	1686.	0.0
04/03/2012	20	24.4	26.3	24.3	69	69	58	18.4	18.7	17.5	926.8	926.8	926.4	3.2	163°	8.2	721.0	0.0
04/03/2012	21	22.8	24.5	22.8	79	79	69	18.9	18.9	18.3	927.0	927.0	926.7	3.1	150°	7.8	101.6	0.0
04/03/2012	22	22.2	22.9	22.1	81	81	78	18.8	19.0	18.5	927.5	927.6	927.0	2.4	140°	7.7	-0.07	0.0
04/03/2012	23	21.7	22.2	21.7	79	81	78	18.0	18.8	17.9	928.2	928.2	927.5	2.9	114°	7.8	-1.39	0.0
05/03/2012	00	21.3	21.8	21.3	80	80	78	17.8	18.1	17.4	928.6	928.6	928.2	3.0	116°	6.6	-2.84	0.0
05/03/2012	01	20.9	21.4	20.9	82	82	80	17.7	17.9	17.7	928.7	928.8	928.5	2.5	119°	6.5	-3.54	0.0
05/03/2012	02	20.6	20.9	20.6	84	84	82	17.7	17.9	17.6	928.7	928.7	928.6	1.7	129°	6.0	-3.54	0.0
05/03/2012	03	20.4	20.7	20.4	83	84	83	17.5	17.9	17.4	928.5	928.7	928.5	2.8	118°	7.0	-3.29	0.0
05/03/2012	04	20.4	20.5	20.3	84	84	83	17.7	17.7	17.4	928.0	928.5	928.0	1.4	133°	6.4	-2.02	0.0
05/03/2012	05	20.6	20.6	20.4	84	84	83	17.7	17.8	17.6	927.4	928.1	927.4	2.6	98°	4.3	-2.14	0.0
05/03/2012	06	20.5	20.6	20.5	85	85	83	18.0	18.0	17.6	926.9	927.4	926.9	2.8	106°	4.3	-1.59	0.0
05/03/2012	07	20.3	20.6	20.2	86	87	85	18.0	18.1	17.9	927.1	927.1	926.9	1.6	120°	5.3	-1.43	0.0
05/03/2012	08	20.1	20.3	20.1	87	87	86	18.0	18.0	17.9	927.5	927.5	927.1	2.5	104°	4.3	-2.31	0.0
05/03/2012	09	20.3	20.3	20.0	88	89	87	18.2	18.2	17.9	927.8	927.8	927.5	2.4	89°	4.8	35.81	0.0
05/03/2012	10	21.6	21.7	20.3	80	88	79	17.9	18.2	17.9	928.4	928.4	927.8	3.4	62°	6.8	550.5	0.0

Vetor vento

- Decomposição em suas componentes:
  - Zonal
  - Meridional





http://mst.nerc.ac.uk/wind_vect_convs.html

VENTO

- 3ª. Atividade:
  - Desenhar a rosa dos ventos com 16 direções (colocar as siglas e graus).
- 4ª. Atividade:
  - Conversão de unidades
- 5ª. Atividade:
  - Decompor o vento em suas componentes zonal e meridional

Decomposição do vento

Meteorological Wind Direction

$$u = -|\boldsymbol{v_H}| \times \sin\left[\frac{\pi}{180} \times \phi_{MET}(deg)\right]$$

$$v = -|\boldsymbol{v_H}| \times \cos\left[\frac{\pi}{180} \times \phi_{MET}(deg)\right]$$

$$\phi_{MET}(deg) = \frac{180}{\pi} \times \text{atan2}(-u, -v)$$

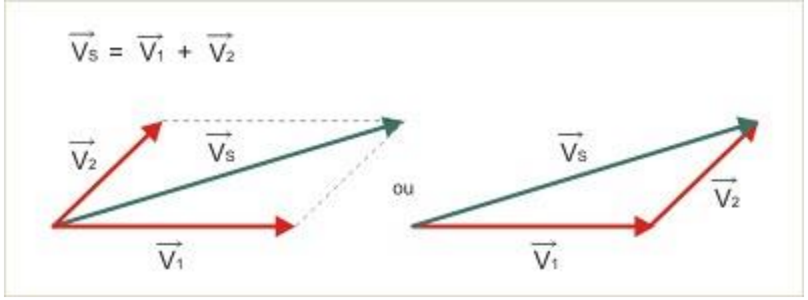
$$|\boldsymbol{v_H}| = \sqrt{u^2 + v^2}$$

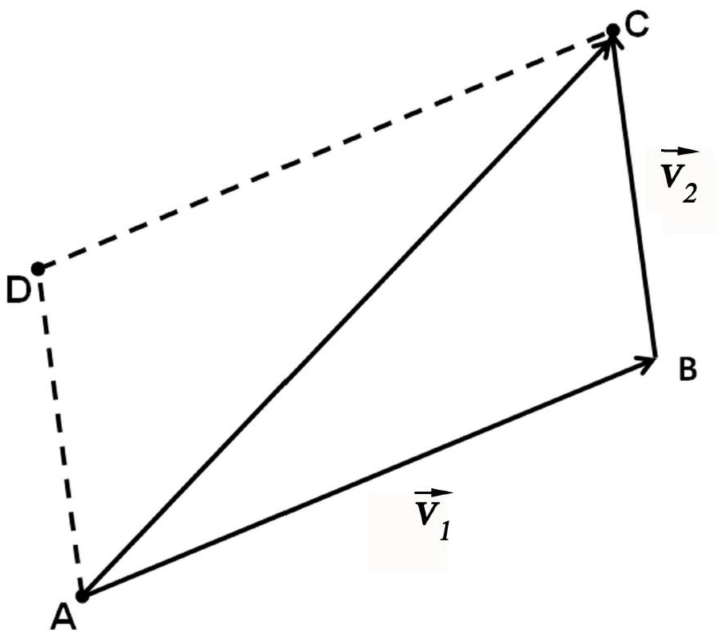
Data	Hora	Vento (m/s)			
	UTC	Vel.	Dir.	u	v
28/2/2010	0	3,4	120		
28/2/2010	14	2,8	60		
1/3/2010	10	3,8	91		
1/3/2010	12	3,7	75		

Data	Hora	Vento (m/s)			
	UTC	Vel.	Dir.	u	v
28/2/2010	0	3,4	120	-2,9	1,7
28/2/2010	14	2,8	60	-2,4	-1,4
1/3/2010	10	3,8	91	-3,8	0,1
1/3/2010	12	3,7	75	-3,6	-1,0

http://mst.nerc.ac.uk/wind_vect_convs.html

Soma





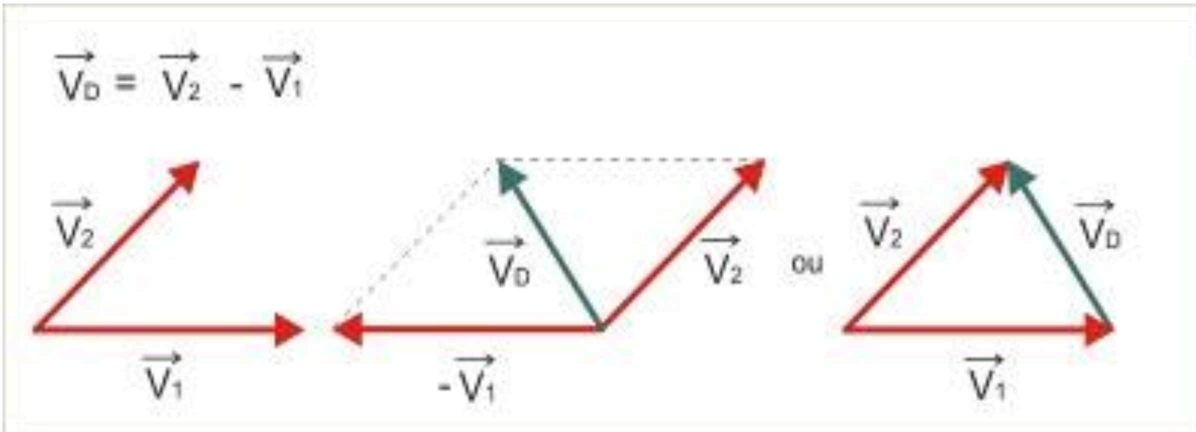
$$\vec{v} = \vec{v_1} + \vec{v_2} \equiv (v_{1x} + v_{2x}, v_{1y} + v_{2y}, v_{1z+}v_{2z}).$$

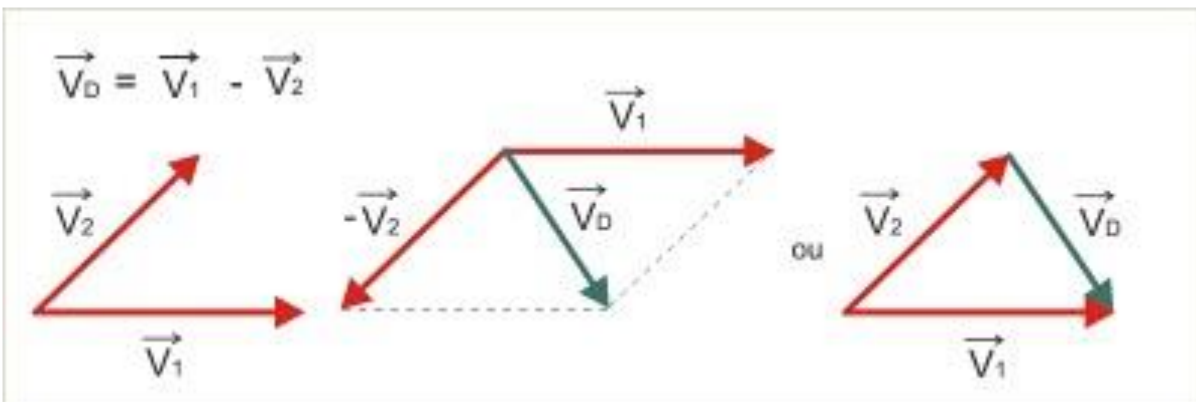
Exemplo: Vento médio

Data	Hora	Vento (m/s)			
	UTC	Vel.	Dir.	u	v
28/2/2010	0	3,4	120	-2,9	1,7
28/2/2010	14	2,8	60	-2,4	-1,4
1/3/2010	10	3,8	91	-3,8	0,1
1/3/2010	12	3,7	75	-3,6	-1,0

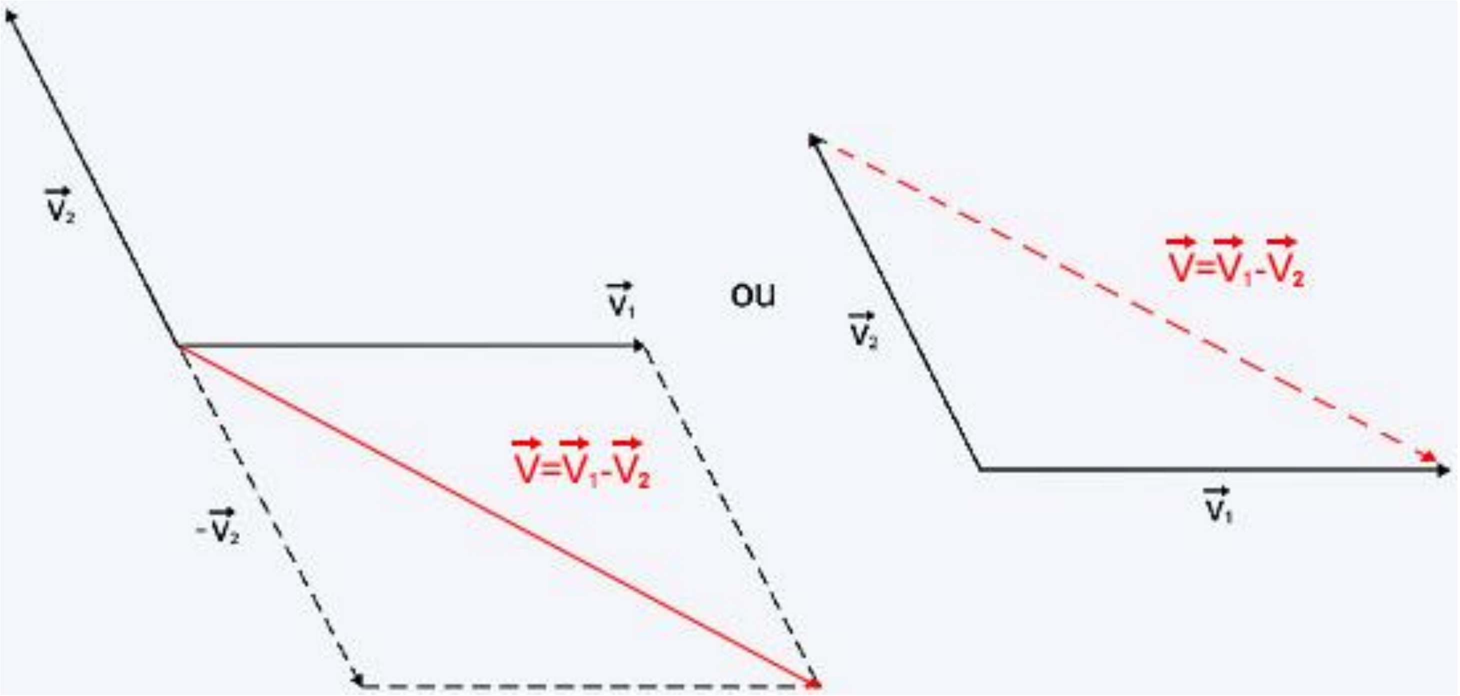
- Qual o vento médio resultante das observações ao lado?

Diferença entre vetores





Diferença



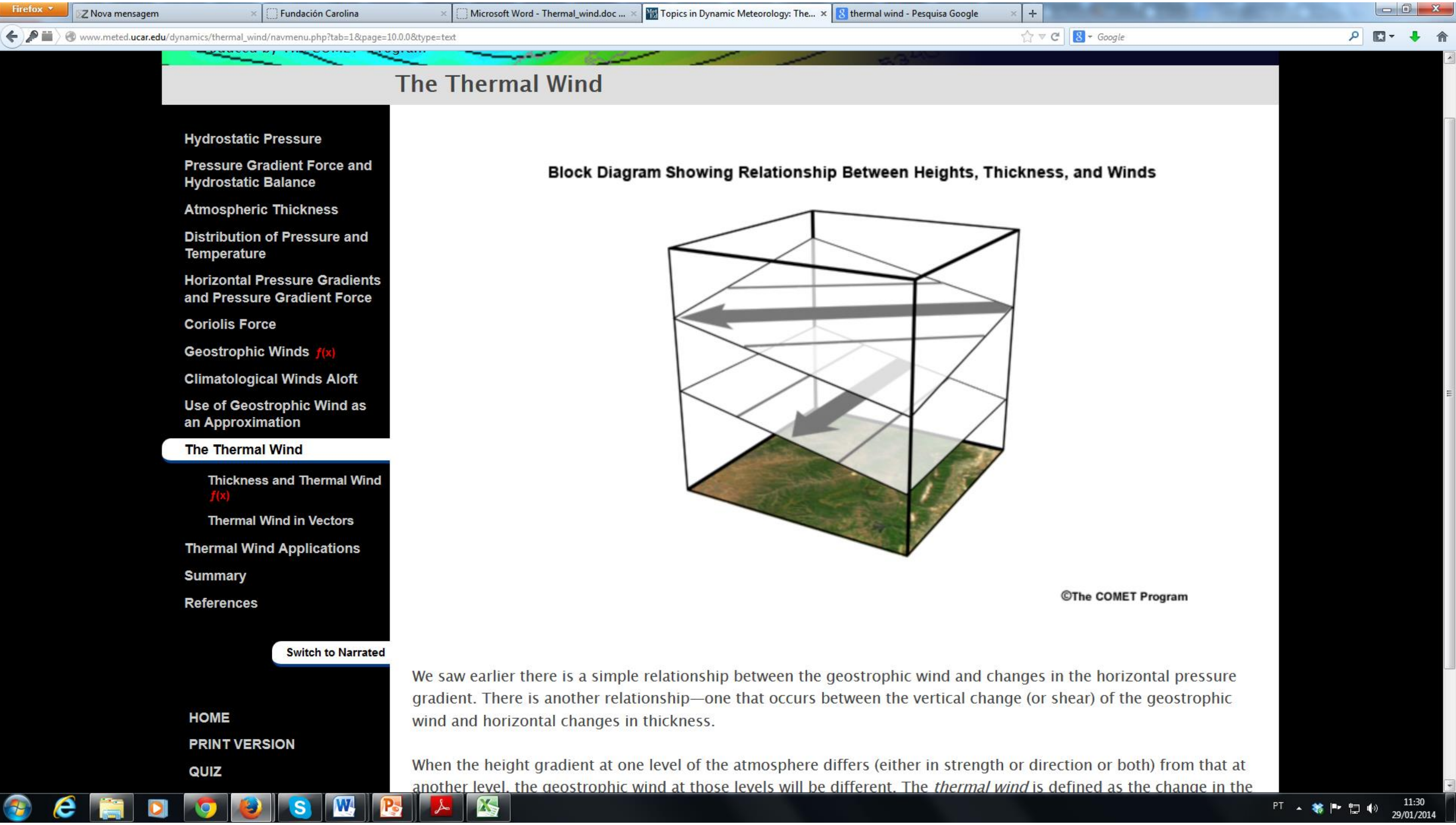
http://efisica.if.usp.br/mecanica/universitario/vetores/oper_vetores/

Exemplo: Vento térmico

$$(\mathbf{V}_g)_2 - (\mathbf{V}_g)_1 = \frac{1}{f}\mathbf{k} \times \nabla(\Phi_2 - \Phi_1)$$

$$(\mathbf{V}_g)_2 - (\mathbf{V}_g)_1 = \frac{g_0}{f}\mathbf{k} \times \nabla(Z_2 - Z_1)$$

http://www.meted.ucar.edu/dynamics/thermal_wind/navmenu.php?tab=1&page=10.0.0&type=text



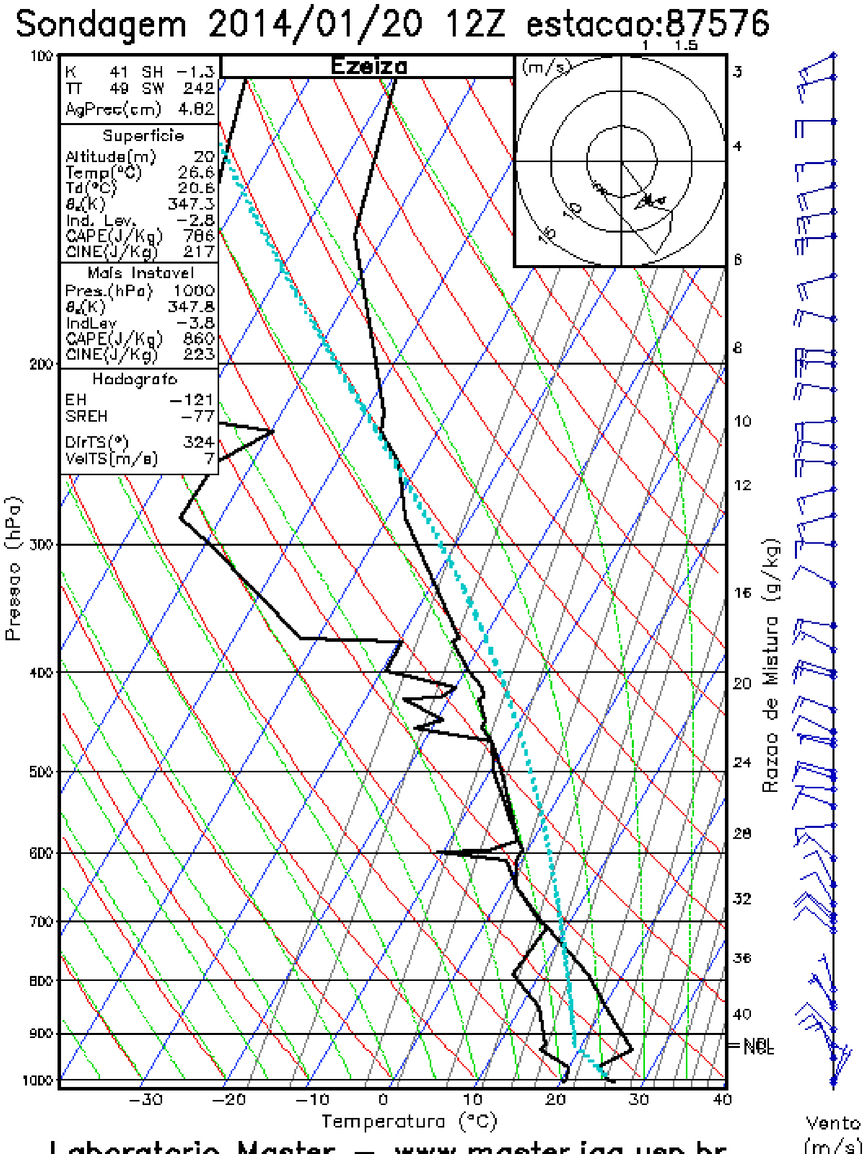
Exemplo: Vento térmico

$$(\mathbf{V}_g)_2 - (\mathbf{V}_g)_1 = \frac{1}{f}\mathbf{k} \times \nabla(\Phi_2 - \Phi_1)$$

$$(\mathbf{V}_g)_2 - (\mathbf{V}_g)_1 = \frac{g_0}{f}\mathbf{k} \times \nabla(Z_2 - Z_1)$$

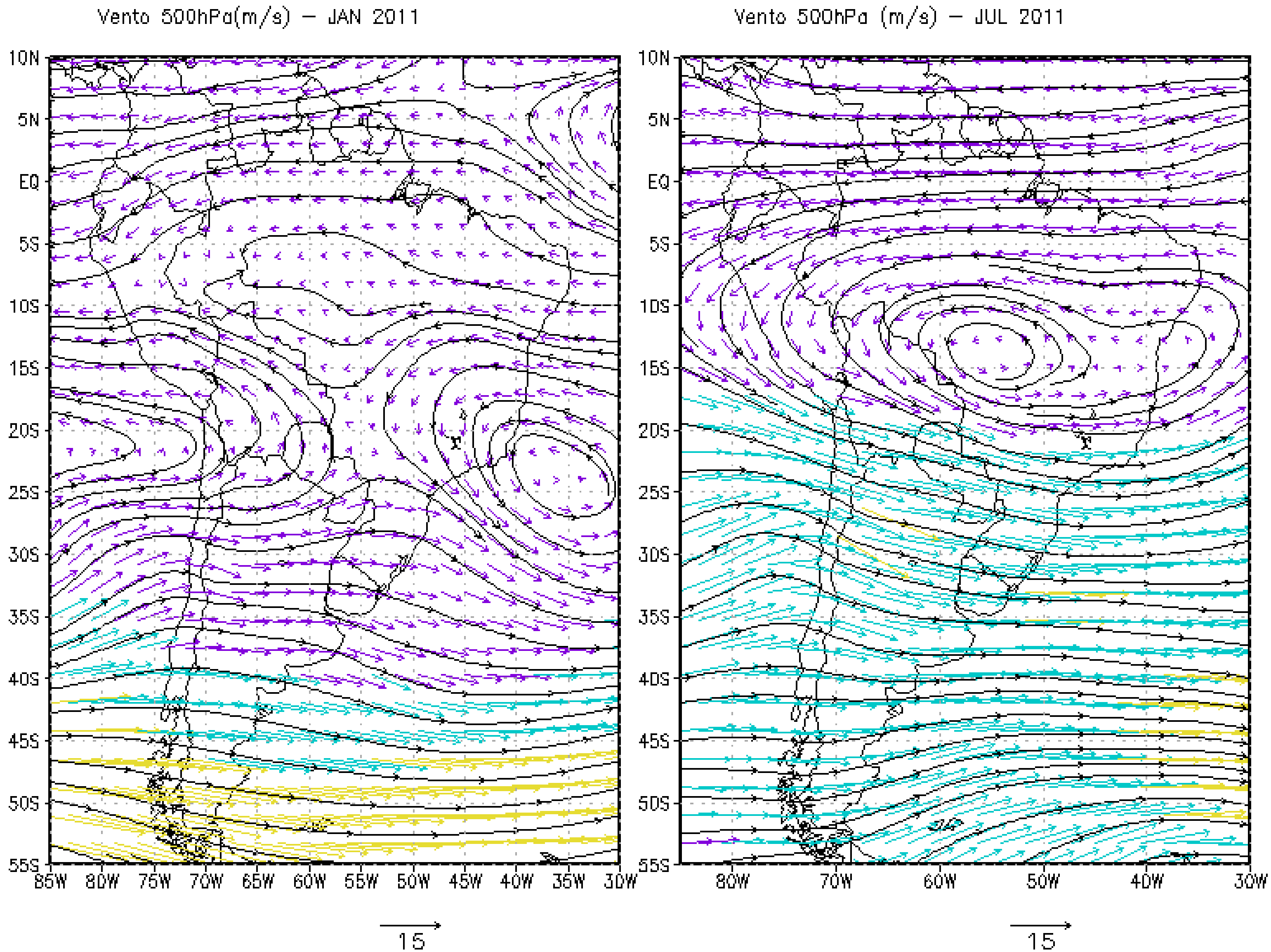
- Vamos fazer a suposição que, em latitudes médias, o vento geostrófico possa ser aproximado pelo vento real.

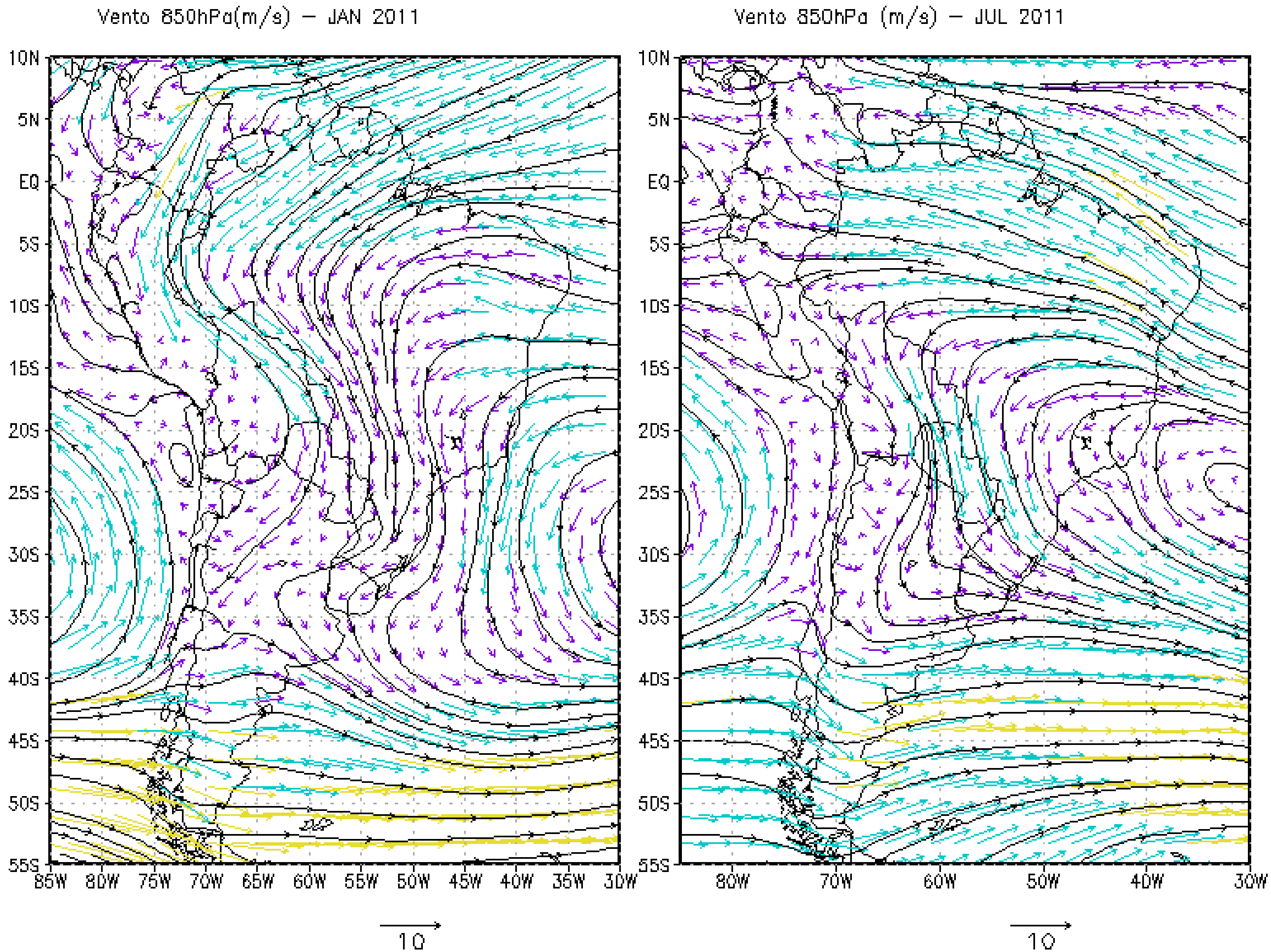
“Vento Térmico” = V500 – V1000



http://master.iag.usp.br/ind.php?inic=00&pos=1&prod=sondagem

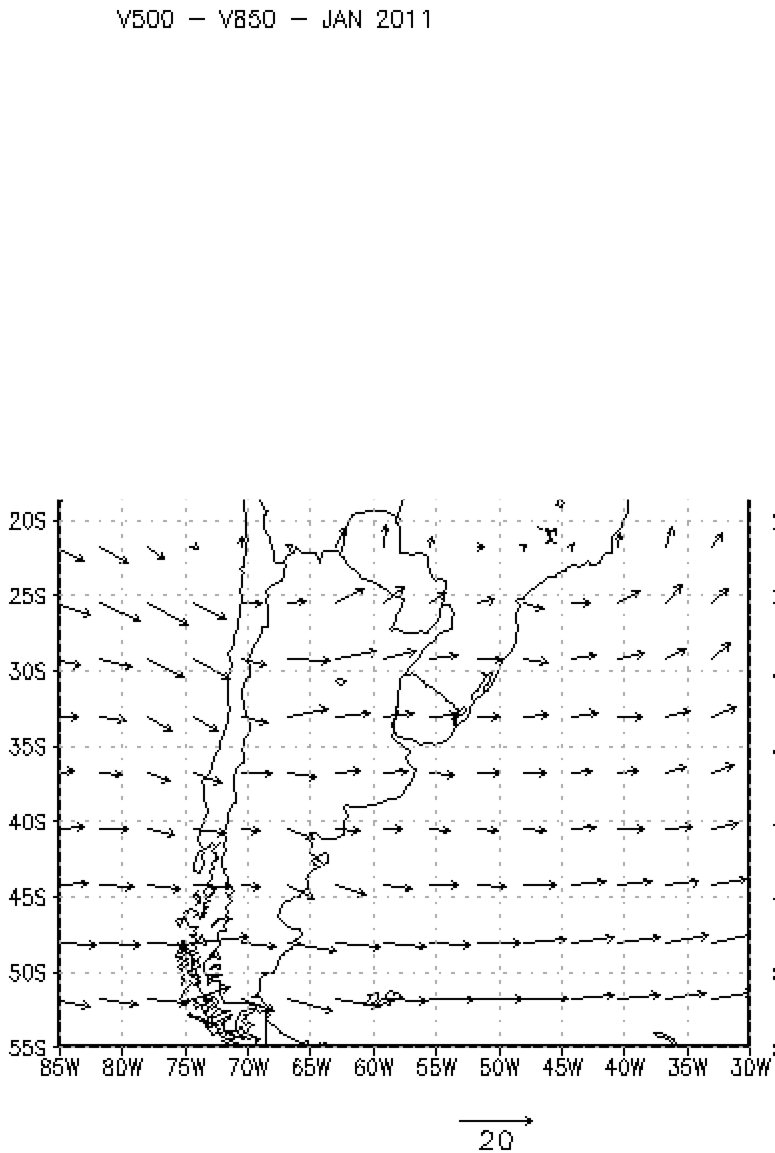
Sondagem da estação 87576 - Buenos Aires, Argentina					
Data: 20 / 01 / 2014 12 Z					
Dado faltante = -999.0					
Lon= 58.53 W Lat= 34.82 S Alt= 20 m					
Pres[hPa	Geop[m]	Temp[°C]	Td[°C]	Dir[°]	Vel[m/s]
1006.0	-999.0	26.6	20.6	30	5
1000.0	72.0	25.8	20.8	20	6
973.0	-999.0	23.6	20.1	-999	-999
951.0	-999.0	-999.0	-999.0	340	14
934.0	-999.0	26.6	15.6	-999	-999
925.0	759.0	25.8	15.8	325	12
892.0	-999.0	-999.0	-999.0	315	10
850.0	1498.0	20.4	12.4	330	7
843.0	-999.0	-999.0	-999.0	325	6
816.0	-999.0	-999.0	-999.0	345	7
791.0	-999.0	16.0	7.0	-999	-999
715.0	-999.0	-999.0	-999.0	310	8
711.0	-999.0	7.8	7.8	-999	-999
700.0	3138.0	6.6	6.4	315	8
691.0	-999.0	-999.0	-999.0	310	10
673.0	-999.0	-999.0	-999.0	330	9
647.0	-999.0	1.2	1.2	-999	-999
645.0	-999.0	-999.0	-999.0	335	10
611.0	-999.0	-0.5	-1.8	-999	-999
607.0	-999.0	-999.0	-999.0	310	13
601.0	-999.0	-0.5	-10.5	-999	-999
598.0	-999.0	-0.5	-4.6	-999	-999
584.0	-999.0	-1.7	-1.7	-999	-999
564.0	-999.0	-999.0	-999.0	265	10
540.0	-999.0	-999.0	-999.0	290	8
520.0	-999.0	-999.0	-999.0	275	7
508.0	-999.0	-999.0	-999.0	290	8
500.0	5830.0	-8.5	-9.6	285	8

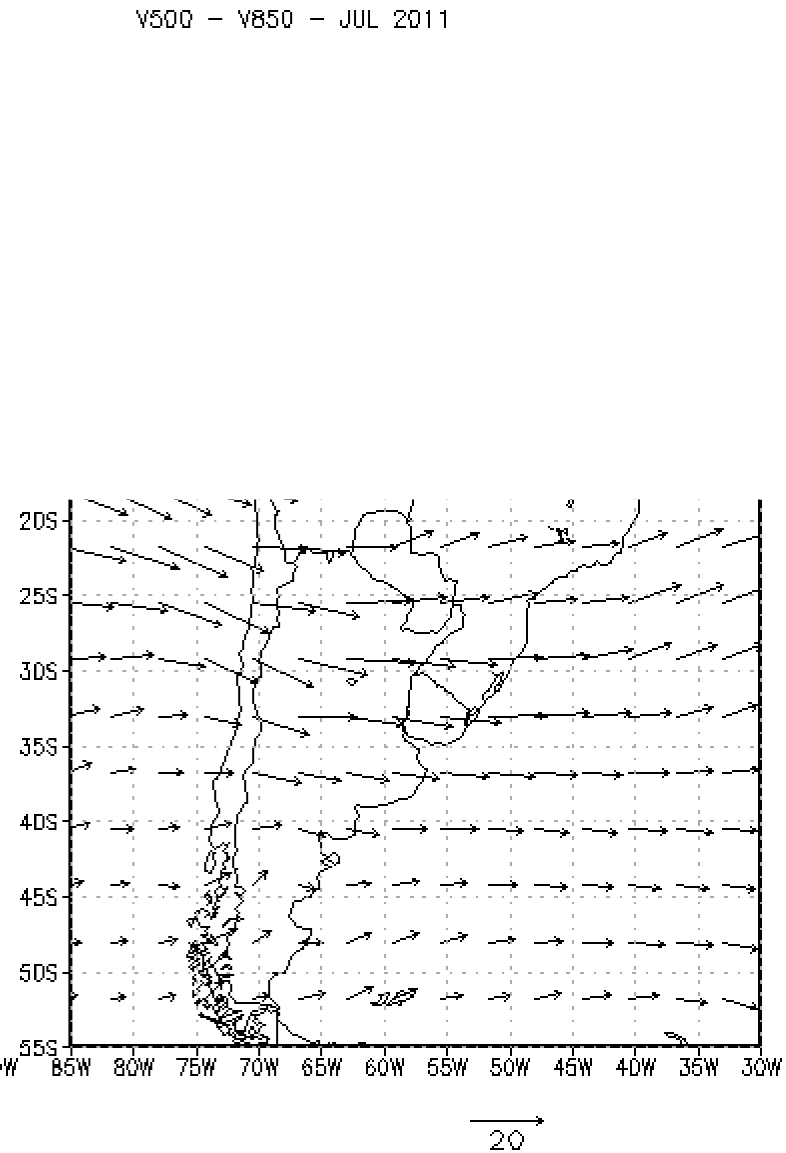

Vento 500hPa(m/s) — JAN 2011
Vento 500hPa (m/s) — JUL 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W
80W
75W
70W
65W
60W
55W
50W
45W
40W
35W
30W
15
15



Vento 850hPa(m/s) – JAN 2011
Vento 850hPa (m/s) – JUL 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W
80W 70W 60W 50W 40W 30W
10
10

“Vento térmico” = V500 – V850



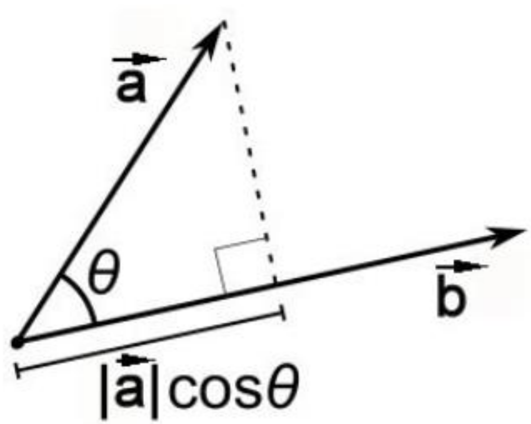


Produto de vetores

Produto Escalar

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}||\vec{b}| \cos\theta,$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z .$$



Representação geométrica do produto escalar de dois vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$

,

Produto Escalar

Vários exemplos físicos da definição de produto escalar nos chamam a atenção, o primeiro é a própria definição de trabalho W realizado por uma força, $\vec{F}$ ao realizar um deslocamento $\vec{r}$:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{r} = |\vec{F}||\vec{r}| \cos \theta. \tag{18}$$

Um outro exemplo interessante é o cálculo do fluxo de um fluído que atravessa, com velocidade constante v, uma área A:

$$Fluxo = \vec{v} \cdot \vec{A} = |\vec{v}||\vec{A}| \cos \theta [m^3/s] \tag{19}$$

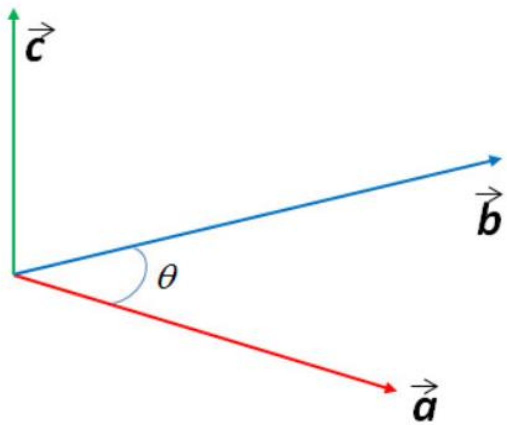
O vetor área $\vec{A}$ possui direção perpendicular ao plano da superfície considerada. Dessa maneira o produto escalar, representa a vazão de liquido através da superfície considerada.

Produto Vetorial

$$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{c} \quad (23)$$

$$\vec{a} \cdot (\vec{a} \times \vec{b}) = 0 \quad (24)$$

$$\vec{b} \cdot (\vec{a} \times \vec{b}) = 0 \quad (25)$$



$$\vec{a} \times \vec{b} = |\vec{a}||\vec{b}| sen\theta \, \vec{n}$$

Figura 6: Representação geométrica do produto vetorial de dois vetores: $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$

Produto Vetorial

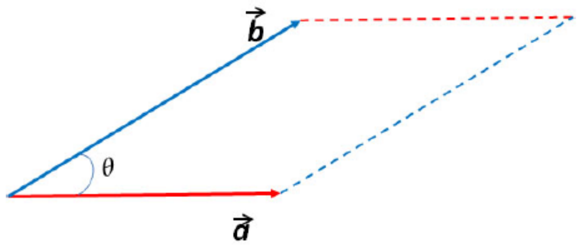


Figura 7: Paralelogramo, com área A, formado por dois vetores.

A expressão geométrica do produto vetorial, permite observar que o mesmo representa a área do paralelogramo, Fig. 7, formado pelos vetores $\vec{a}$ e $\vec{b}$. Como resultado o produto vetorial, representa o vetor área $\vec{A}$, ortogonal ao plano formado pelos dois vetores,

$$\vec{A} = \vec{a} \times \vec{b}, \tag{32}$$

cuja direção é definido pela regra da mão direita, girando o vetor $\vec{a}$ sobre o $\vec{b}$, Fig. 8, e o polegar indicando a direção do vetor área.

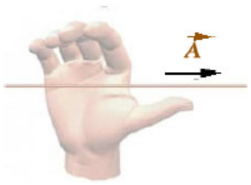


Figura 8: Regra da mão direita.

Produto Vetorial

Para exemplificar vamos calcular o momento que uma força $\vec{F}$ exerce quando colocada na extremidade do vetor posição, $\vec{r}$:

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}. \tag{33}$$

O módulo do vetor $\vec{M}$ igual a $|\vec{r}||\vec{F}|sen\theta$, depende do ângulo de rotação θ enquanto que a sua direção é definida, por convenção, como a direção do eixo em torno do qual a força faz girar o vetor posição. Essa convenção é denominada regra da mão direita, Fig. 8, pode ser facilmente entendida através da forma matricial do produto vetorial, resultando de forma convencional a direção do vetor produto:

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} \tag{34}$$

$$\vec{a} \times \vec{b} = (a_y b_z - a_z b_y,\ a_z b_x - a_x b_z,\ a_x b_y - a_y b_x).$$

Cálculo vetorial

- Derivação e integração de funções vetoriais

3.1 Diferenciação de Funções Vetoriais

Inicialmente vamos considerar um vetor $\vec{a} = \vec{a}(t)$, como a aceleração ou a velocidade variáveis com o tempo. A derivada temporal de uma função vetorial deste tipo pode ser apresentada da seguinte maneira:

$$\frac{d\vec{a}}{dt} = \lim_{\delta t \to 0} \left[\frac{\vec{a}(t+\delta t) - \vec{a}(t)}{\delta t} \right]. \tag{42}$$

Utilizando a notação cartesiana, podemos escrever esta mesma expressão de forma simplificada:

$$\frac{d\vec{a}}{dt} = \left(\frac{da_x}{dt}, \frac{da_y}{dt}, \frac{da_z}{dt} \right). \tag{43}$$

Derivação de funções vetoriais

Dessa maneira poderemos resumir, essa propriedade, ou regra da cadeia, análoga à já conhecida do cálculo convencional:

$$\frac{d\vec{a}}{dt} = \frac{dc}{dt}\vec{b} + c\frac{d\vec{b}}{dt}. \tag{47}$$

Podemos aplicar raciocínio semelhante ao produto escalar e ao produto vetorial, resultando na analogia proposta pela regra da cadeia:

$$\frac{d}{dt}(\vec{a}\cdot\vec{b}) = \frac{d\vec{a}}{dt}.\vec{b} + \vec{a}\cdot\frac{d\vec{b}}{dt} \tag{48}$$

$$\frac{d}{dt}(\vec{a}\times\vec{b}) = \frac{d\vec{a}}{dt}\times\vec{b} + \vec{a}\times\frac{d\vec{b}}{dt} \tag{49}$$

Operadores Vetoriais

As operações vetoriais podem ser feitas sobre campos escalares e vetoriais. Um campo escalar qualquer é uma função $f(\vec{r})$ que associa um escalar f a cada posição $\vec{r}$ enquanto que uma função vetorial $\vec{F}(\vec{r})$ associa um vetor $\vec{F}$ a cada ponto $\vec{r}$ de um campo vetorial.

Operador Nabla

Para realizar as operações diferenciais vetoriais utiliza-se, o operador diferencial $\vec{\nabla}$, definido, em coordenadas cartesianas, como

$$\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x}\hat{\imath} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{\jmath} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}. \tag{67}$$

O operador $\vec{\nabla}$ não tem significado físico ou geométrico, o seu significado só ocorre quando ele é aplicado a uma função.

Gradiente

Gradiente: No cálculo vectorial o gradiente é a alteração no valor de uma grandeza escalar, por unidade de espaço. Por exemplo, o gradiente do potencial eléctrico é o campo elétrico. O gradiente da energia de campo é a força de campo.

O gradiente de uma função escalar $f(\vec{r})$ é expresso como:

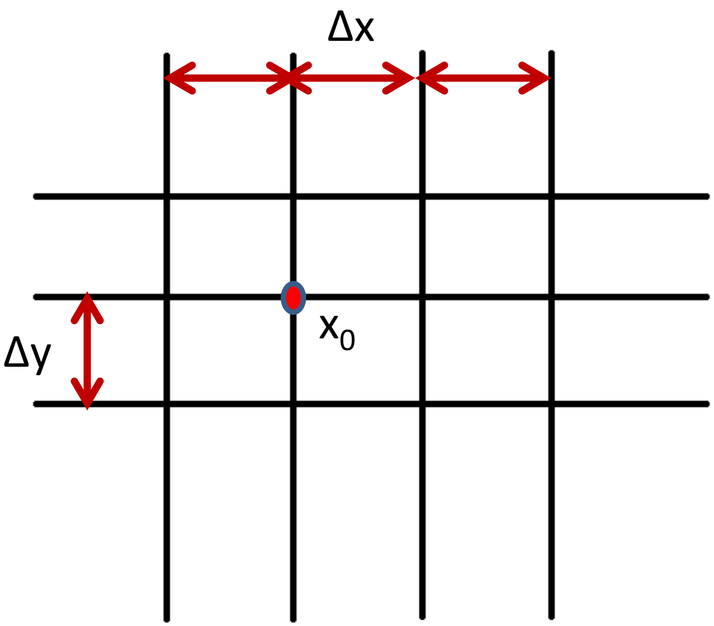
$$\vec{\nabla} f(\vec{r}) = \frac{\partial f}{\partial x}\hat{\imath} + \frac{\partial f}{\partial y}\hat{\jmath} + \frac{\partial f}{\partial z}\hat{k}, \tag{68}$$

O gradiente de uma função escalar é um vetor cujo módulo, direção e sentido representam a máxima taxa de crescimento desta função escalar. O vetor gradiente aponta para o máximo crescimento da função no ponto considerado e é perpendicular à superfície em que a função escalar é constante nesse ponto.

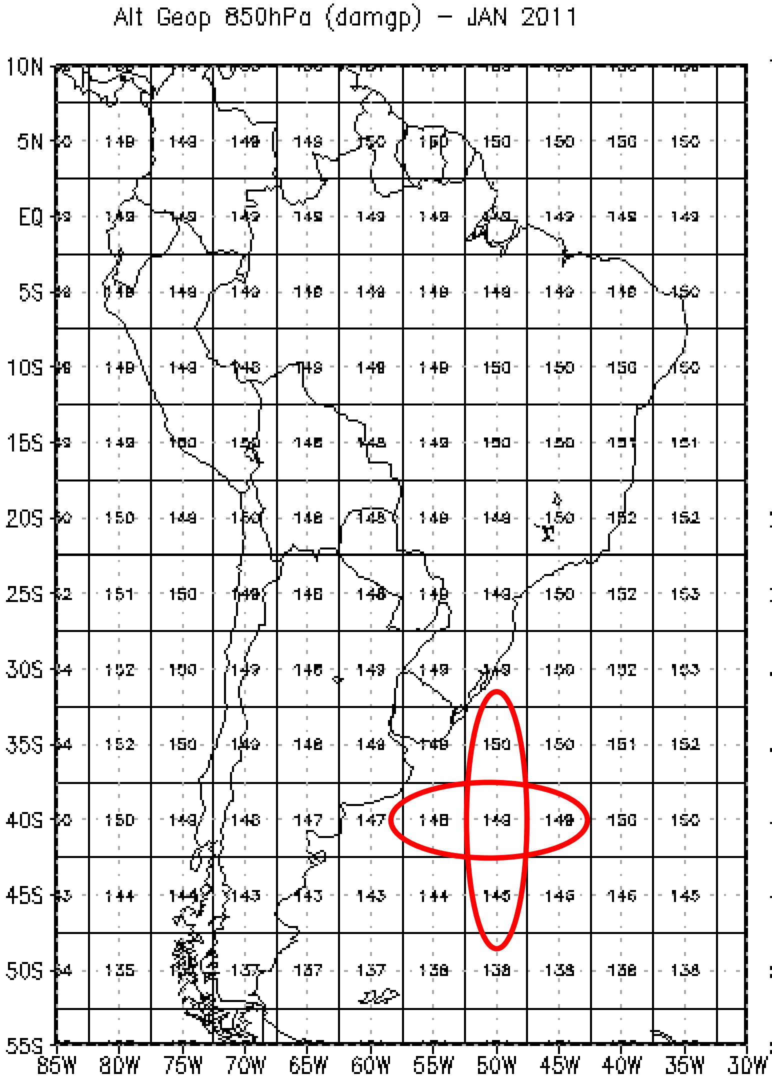
Aproximação de derivadas utilizando o método de diferenças finitas centradas

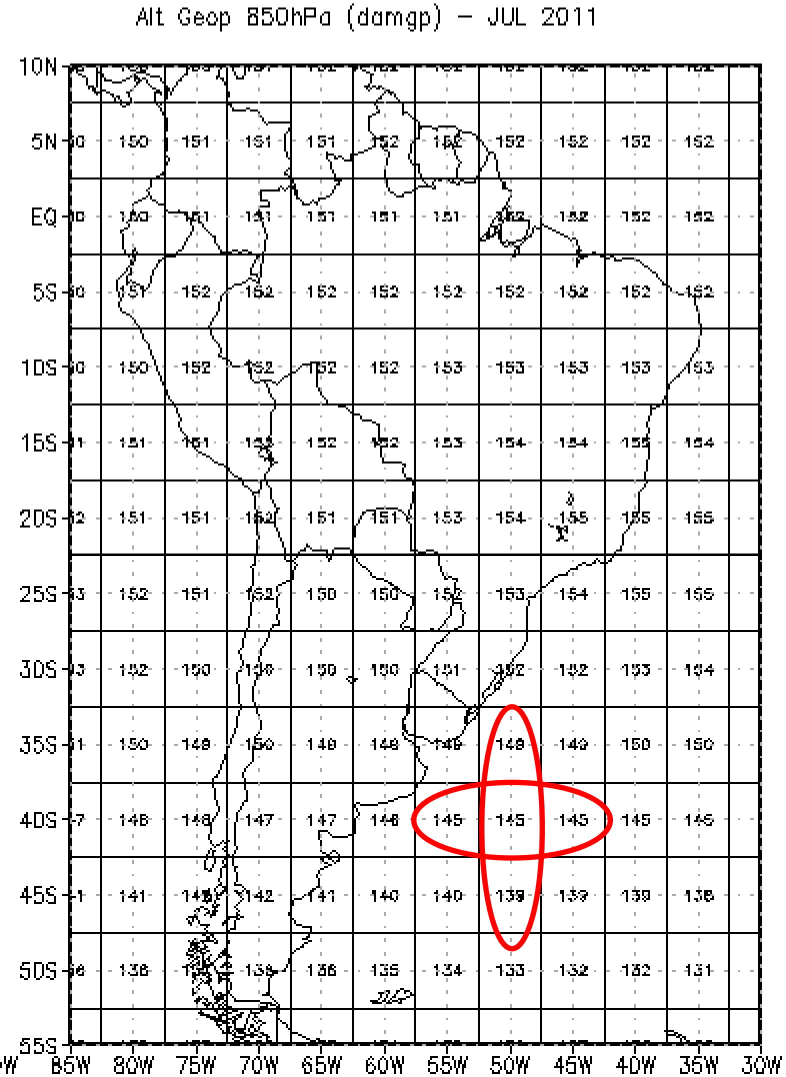
$$\nabla T = \left(\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z}\right)$$

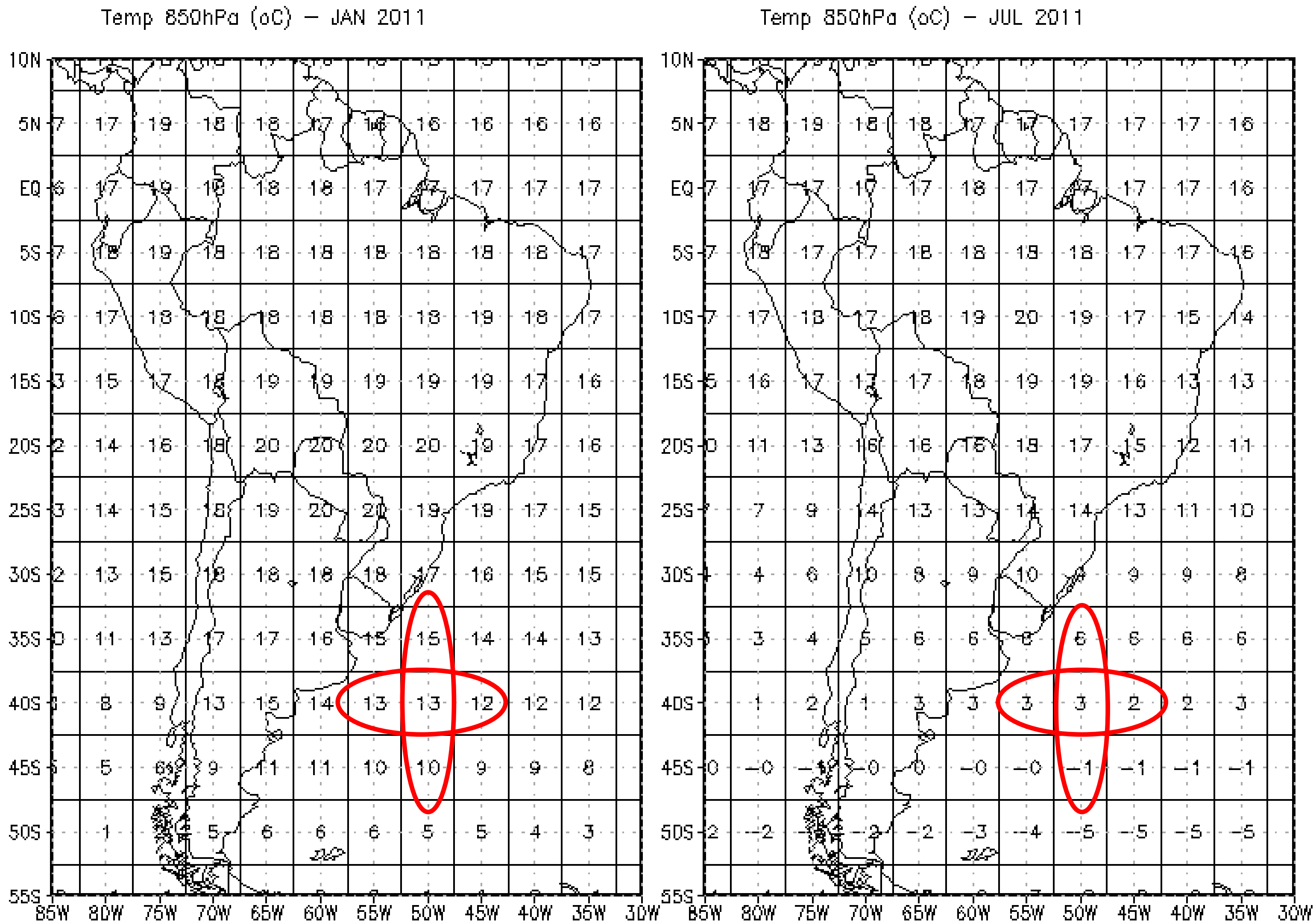
$$f'(x_0) \approx \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0 - \Delta x)}{2\Delta x}.$$



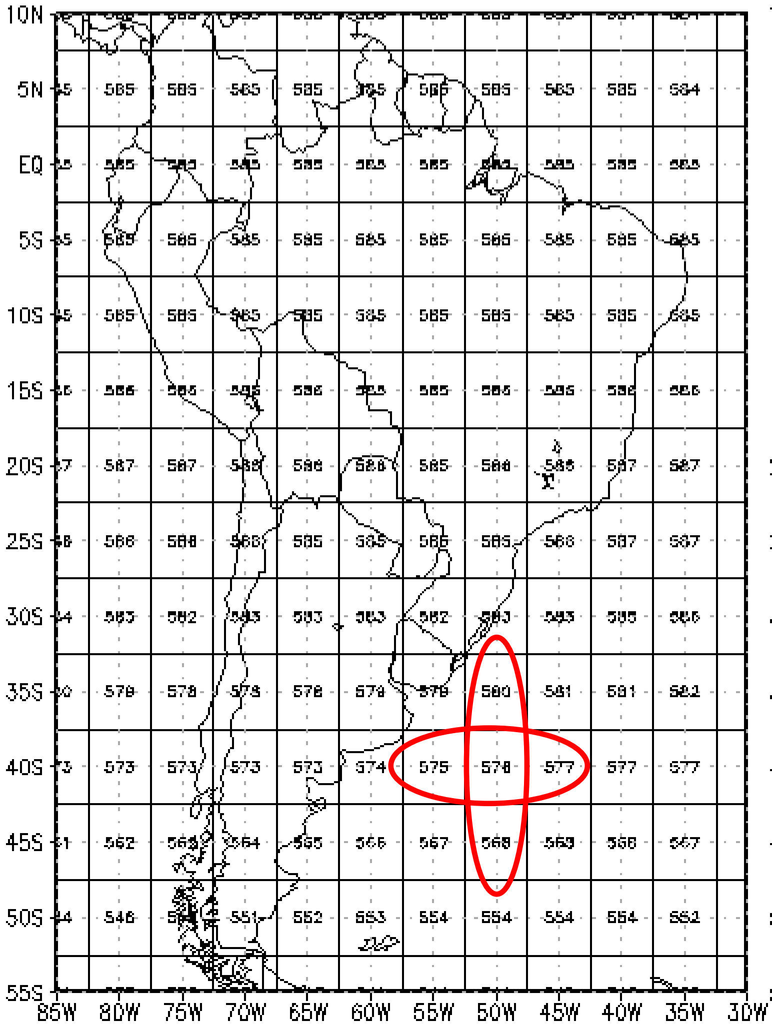
Gradiente de altura geopotencial (damgp/10º lat ou lon)



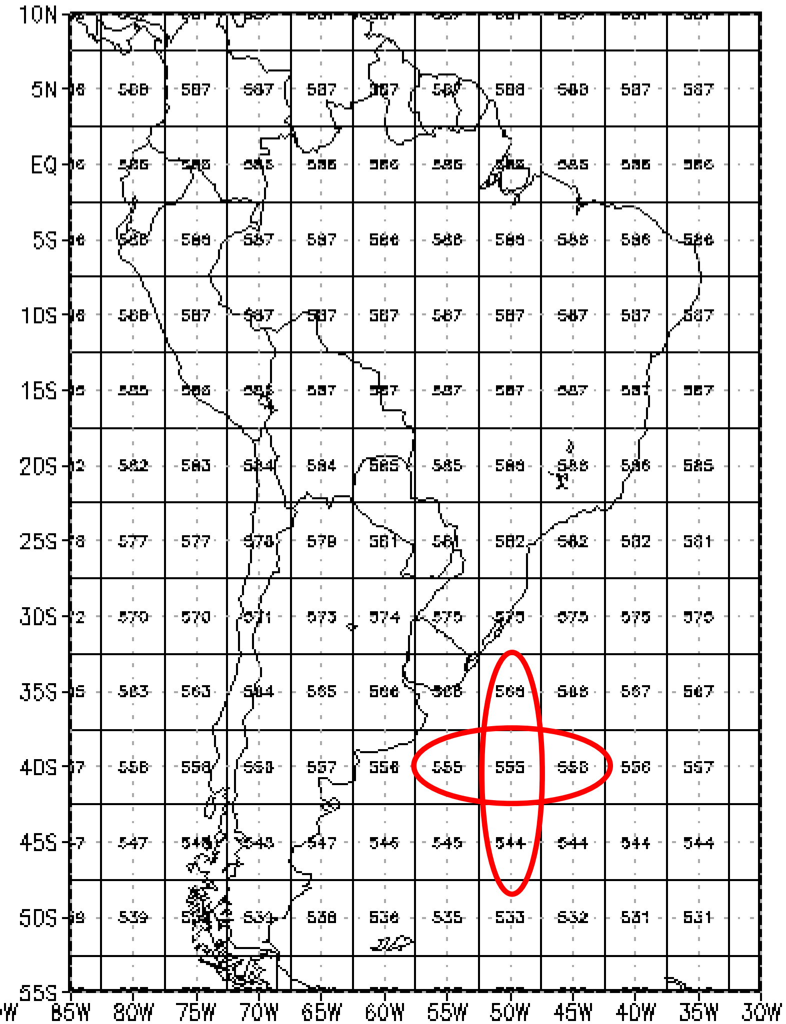


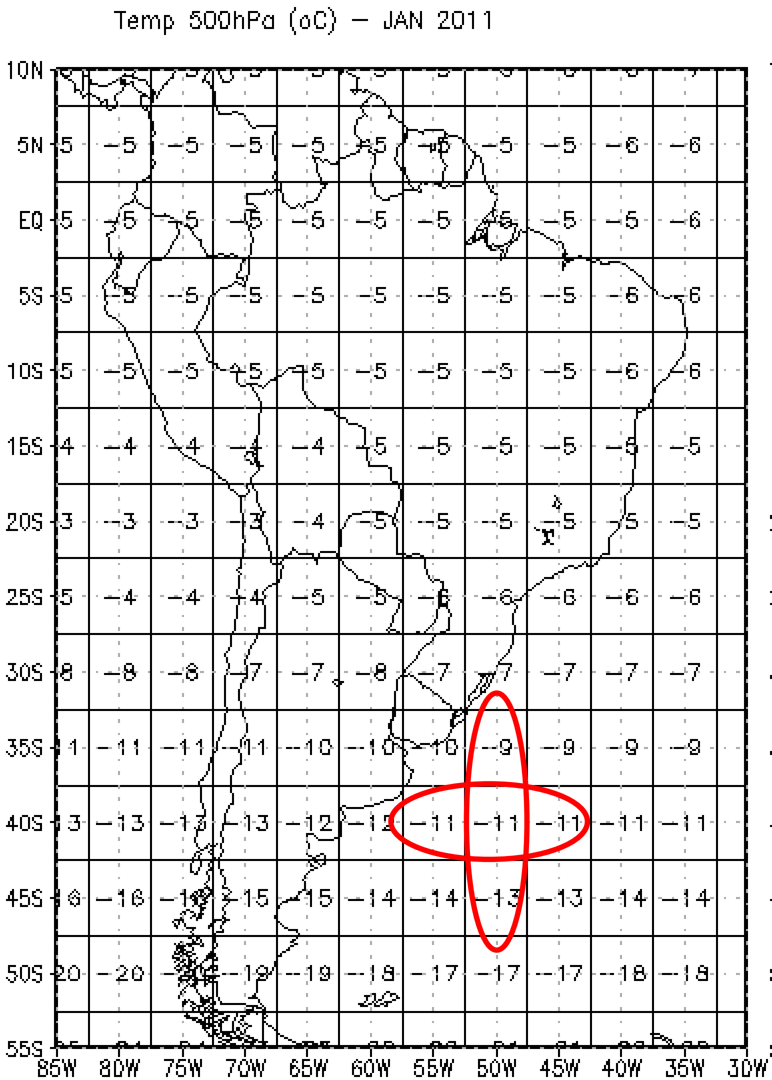

Temp 850hPa (oC) – JAN 2011
Temp 850hPa (oC) – JUL 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W

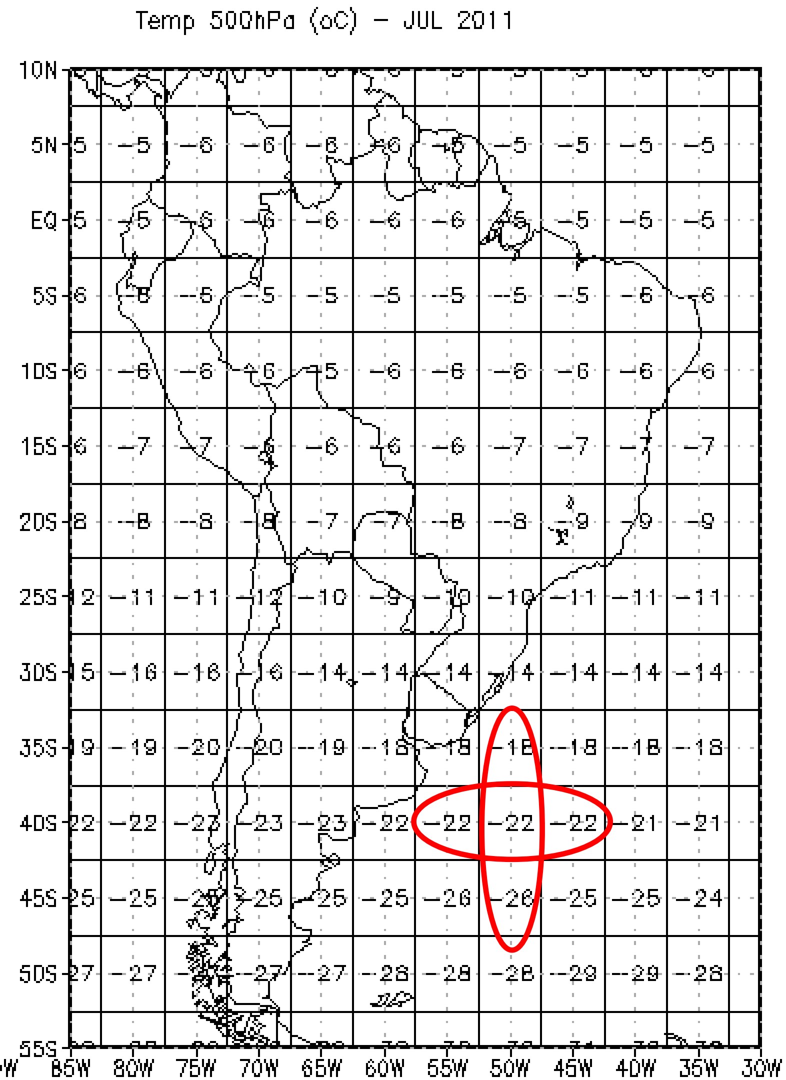
Alt Geop 500hPa (damgp) - JAN 2011

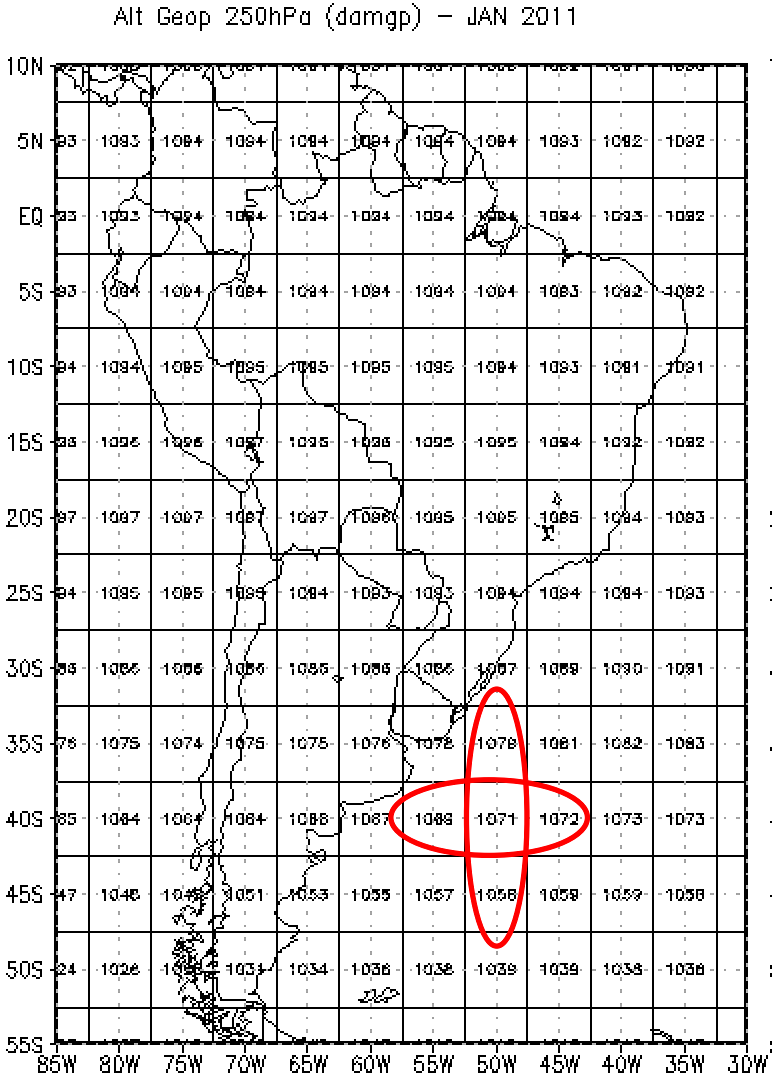


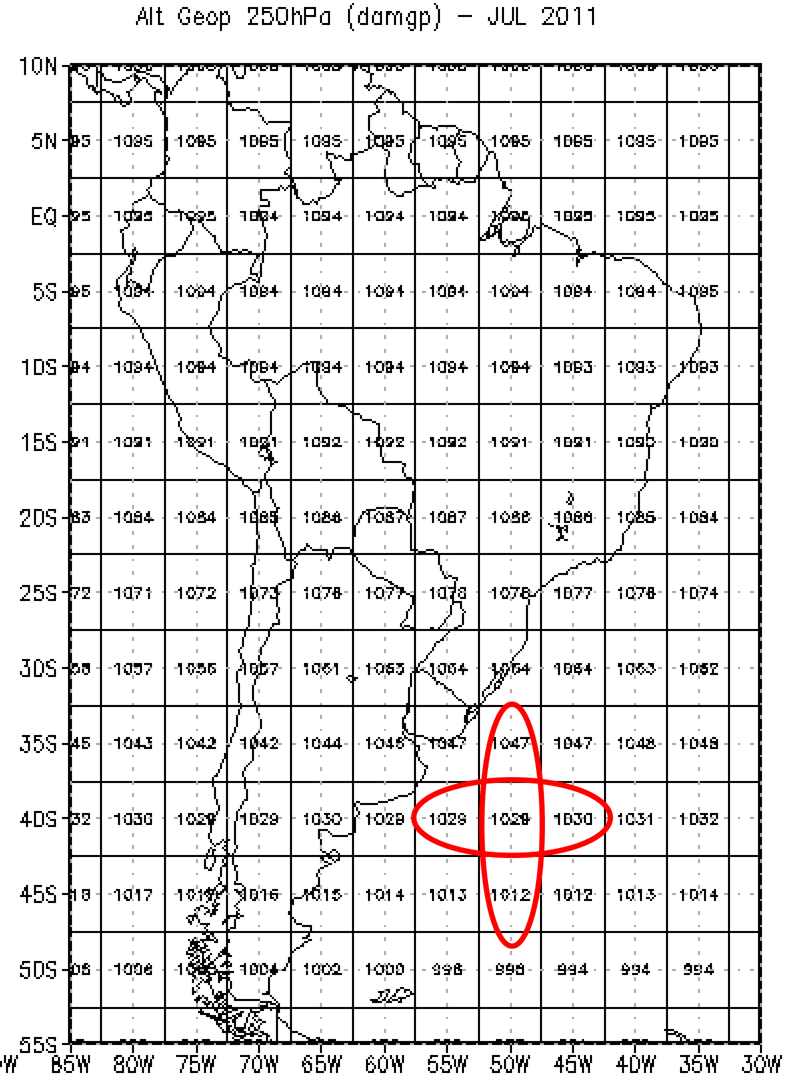
Alt Geop 500hPa (damgp) - JUL 2011



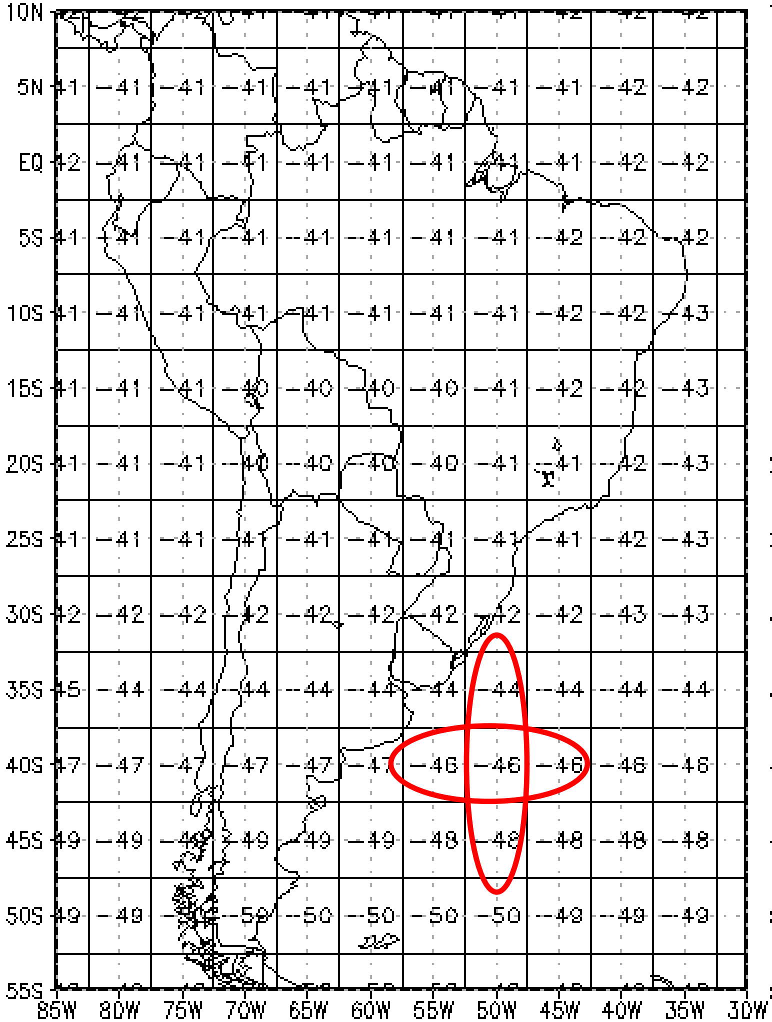

Temp 500hPa (oC) – JAN 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W


Temp 500hPa (oC) – JUL 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W

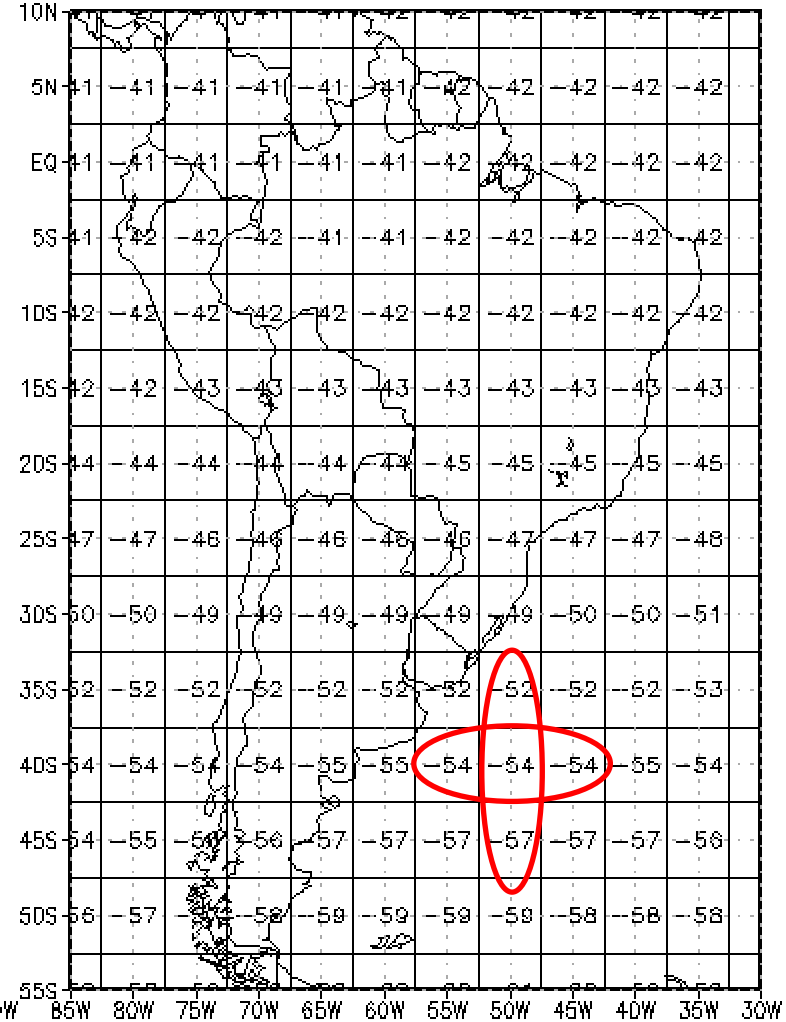

Alt Geop 250hPa (damgp) – JAN 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W


Alt Geop 250hPa (damgp) – JUL 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W

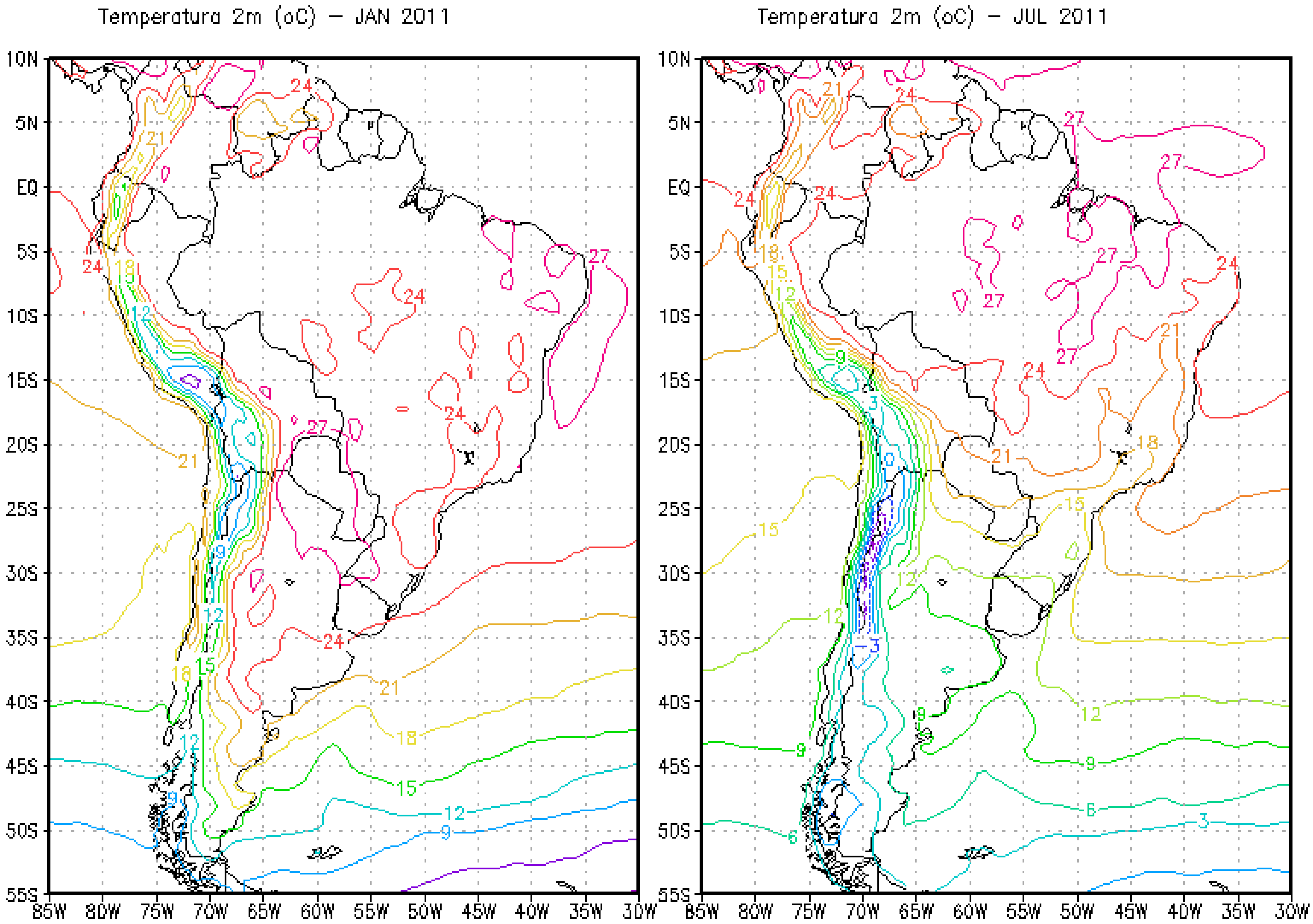
Temp 250hPa (oC) - JAN 2011



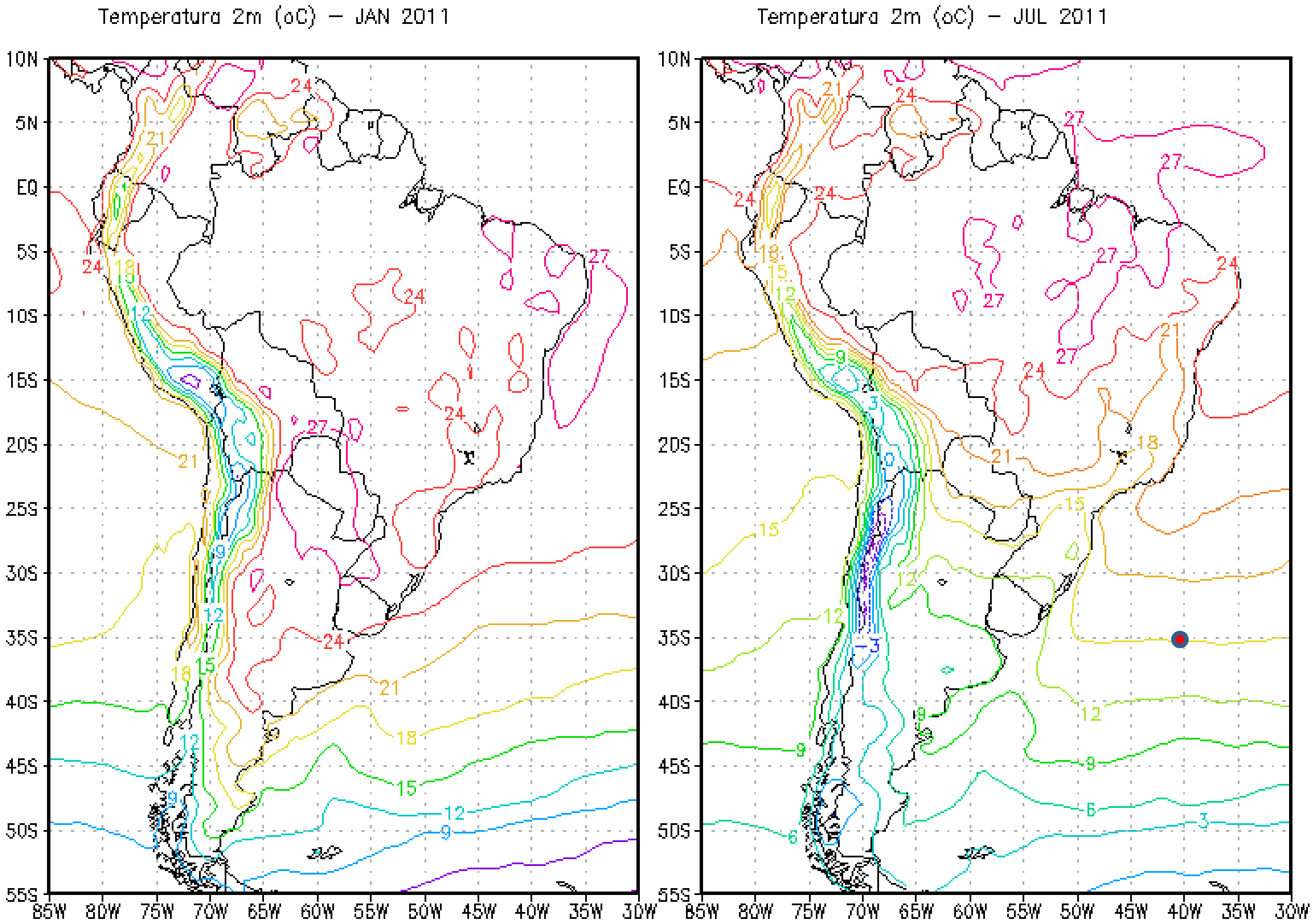
Temp 250hPa (oC) - JUL 2011



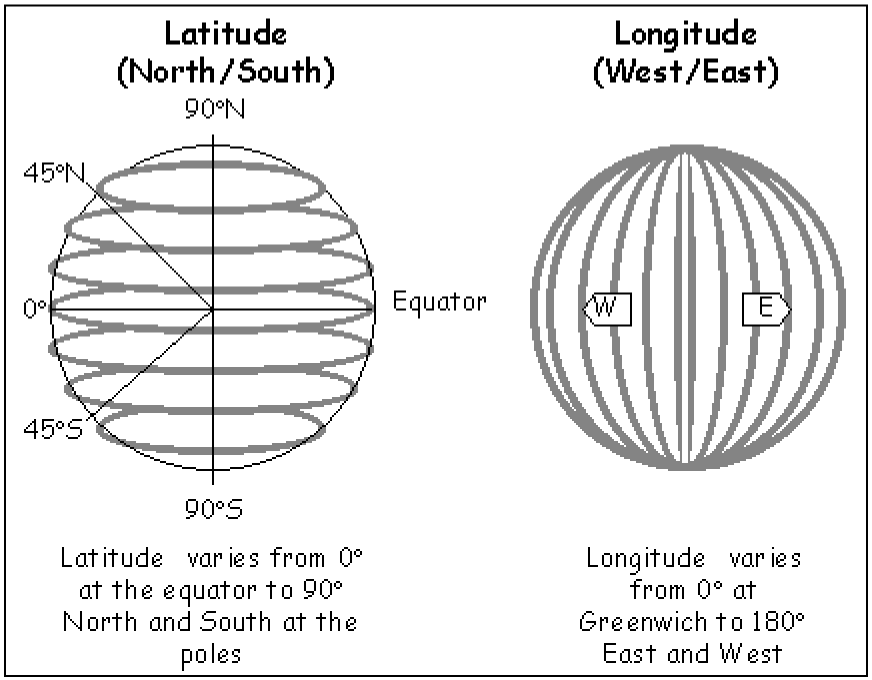
Exemplo: Gradiente Horizontal de Temperatura

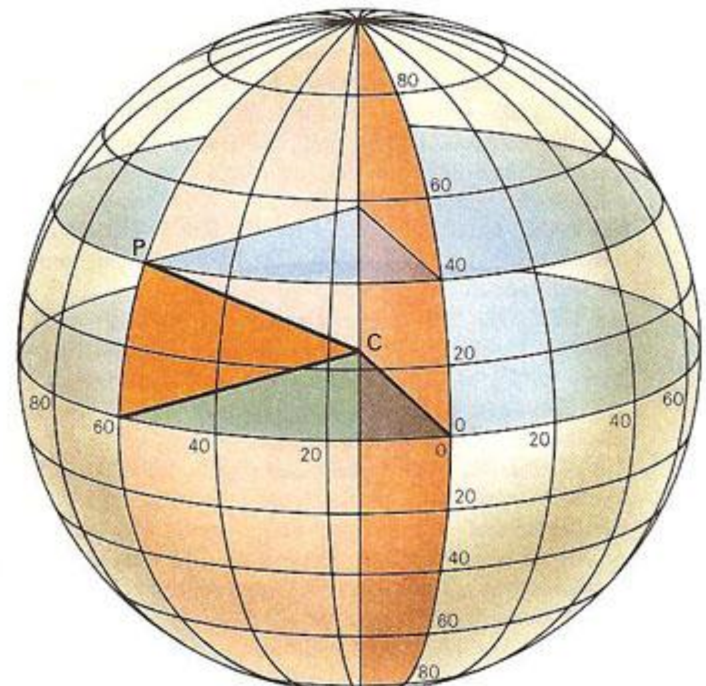


Exemplo: Gradiente Horizontal de Temperatura



Delta x e Delta y
Sistema de coordenadas: lat/lon

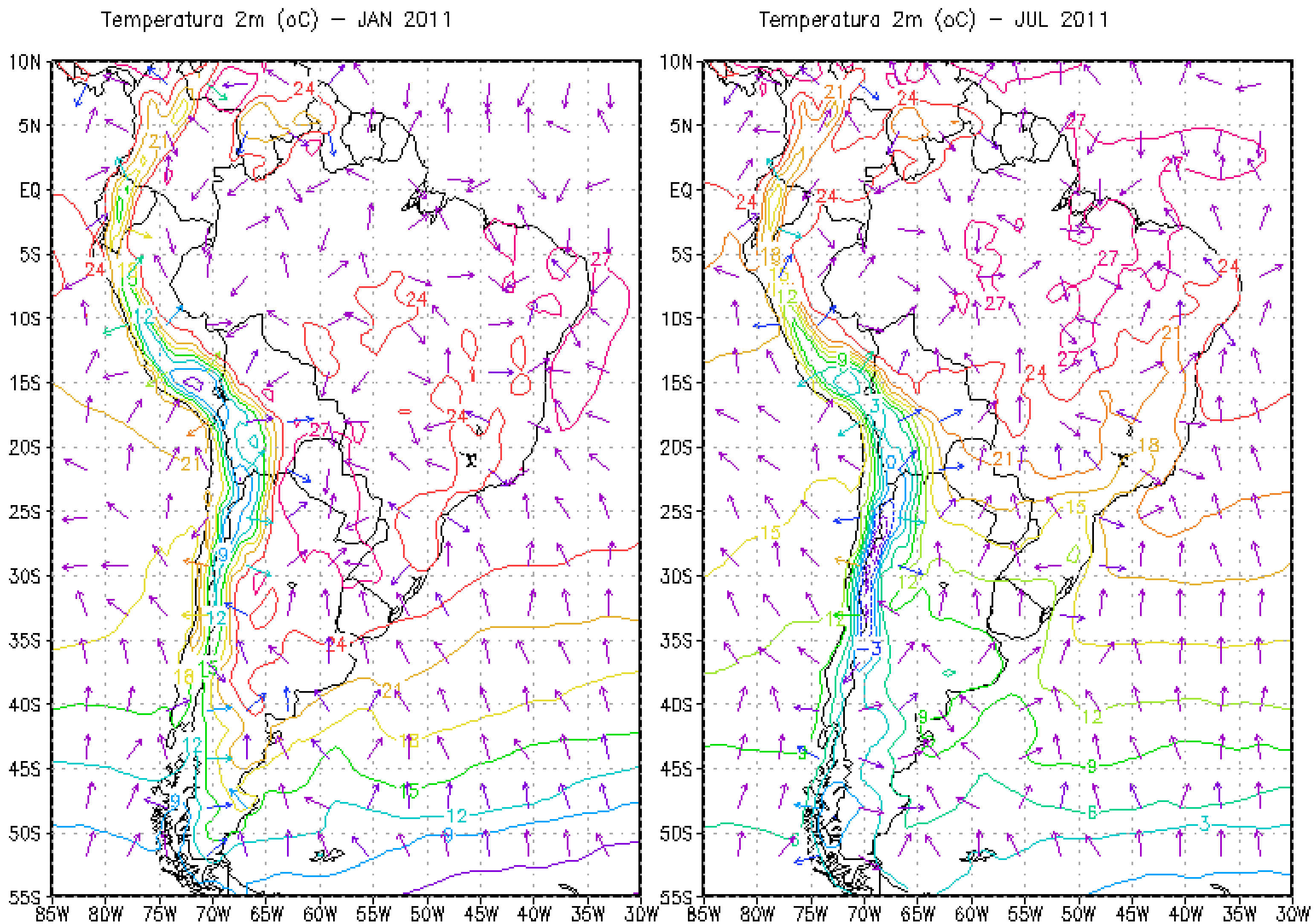




ϕ	Δ^1_{LAT}	Δ^1_{LONG}
0°	110.574 km	111.320 km
15°	110.649 km	107.551 km
30°	110.852 km	96.486 km
45°	111.132 km	78.847 km
60°	111.412 km	55.800 km
75°	111.618 km	28.902 km
90°	111.694 km	0.000 km

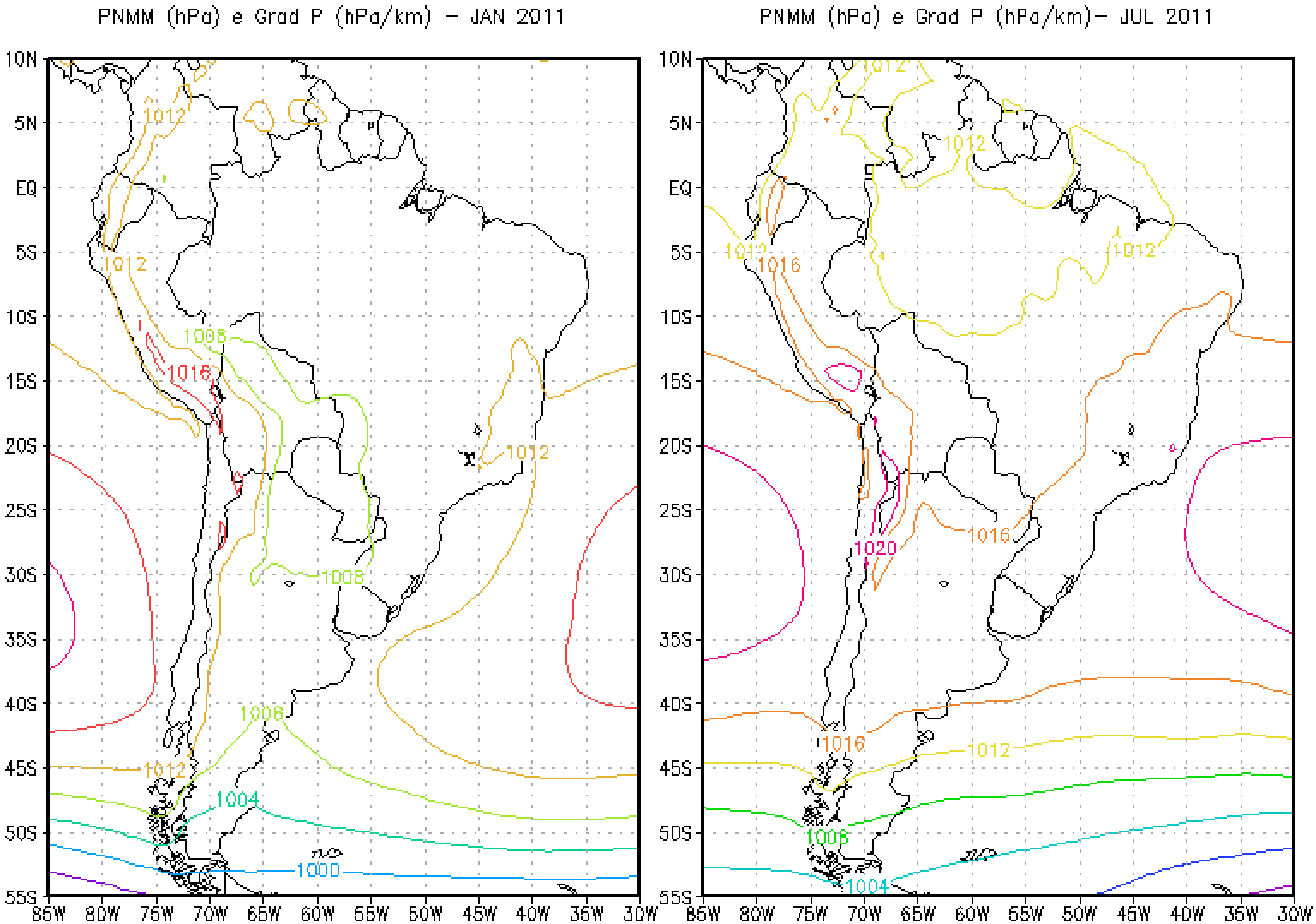
$$m(\phi) = \frac{\pi}{180} R\phi_{\mathrm{degrees}} = R\phi_{\mathrm{radians}}.$$

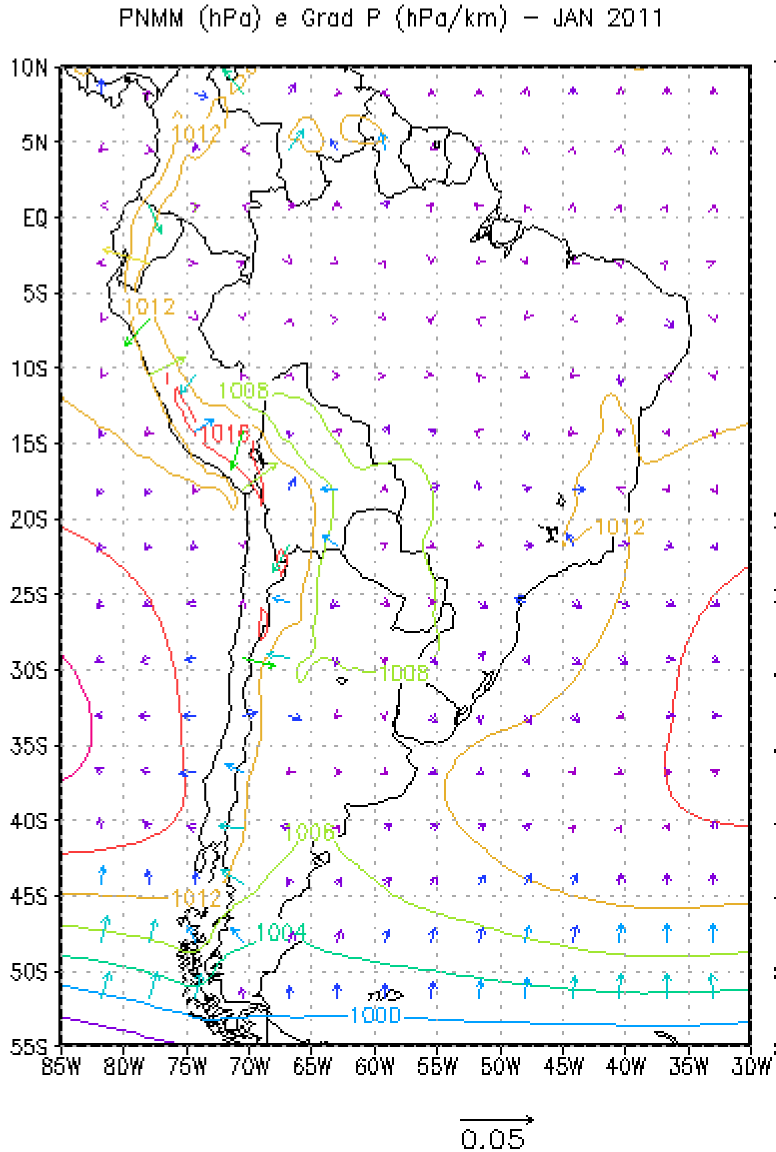
$$\Delta^1_{\mathrm{LONG}} = \frac{\pi}{180} a \cos\phi$$

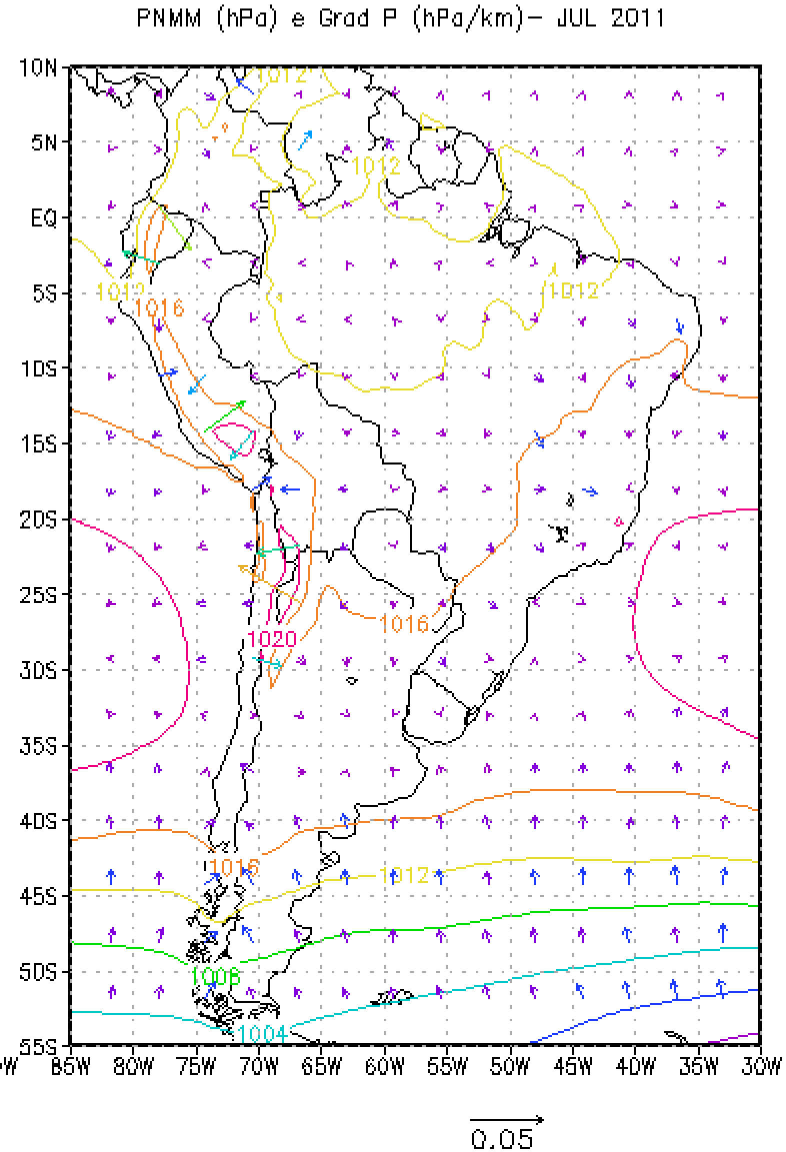


Temperatura 2m (oC) – JAN 2011
Temperatura 2m (oC) – JUL 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W
80W
75W
70W
65W
60W
55W
50W
45W
40W
35W
30W

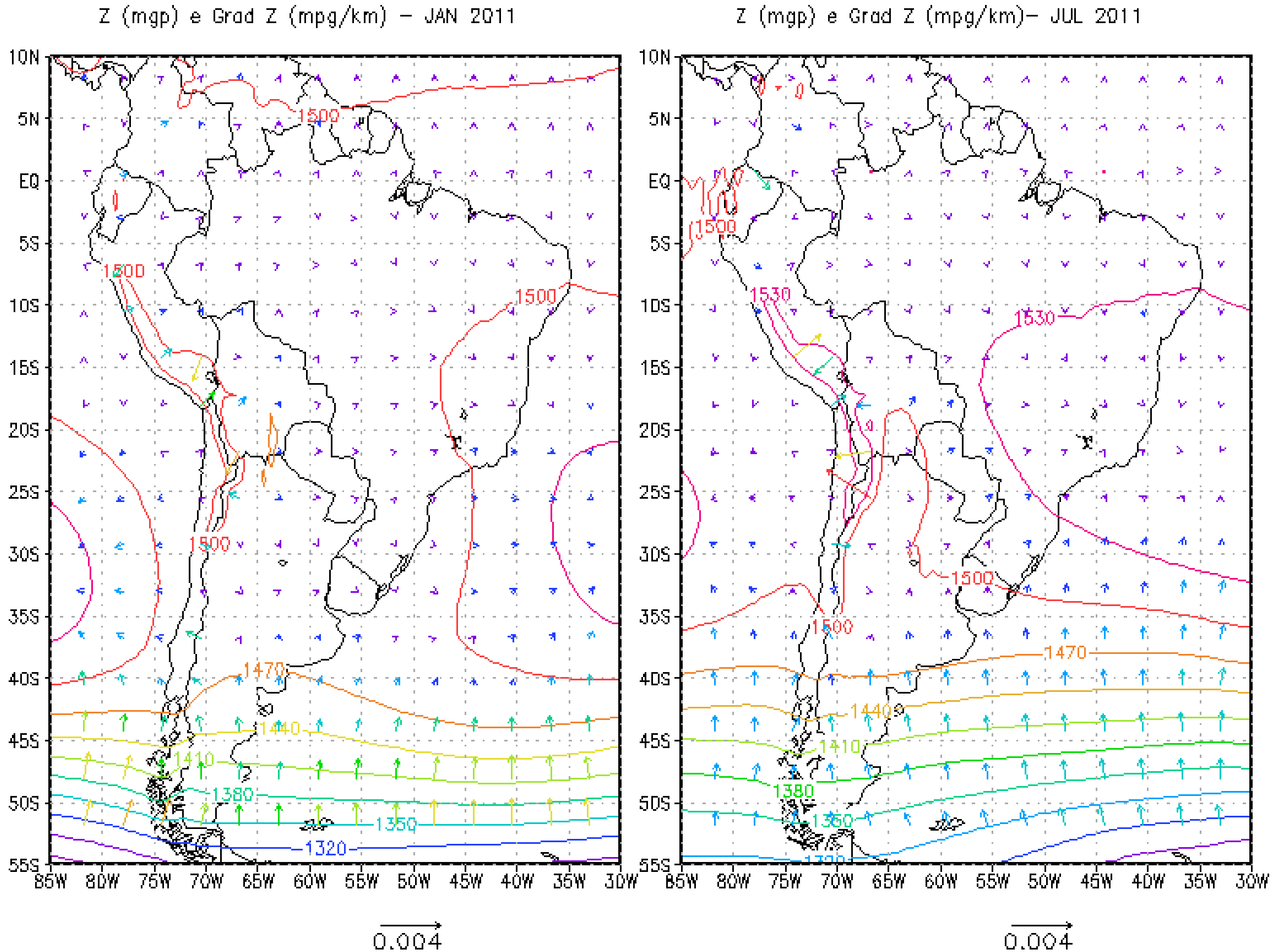
Exemplo: Gradiente de PNMM



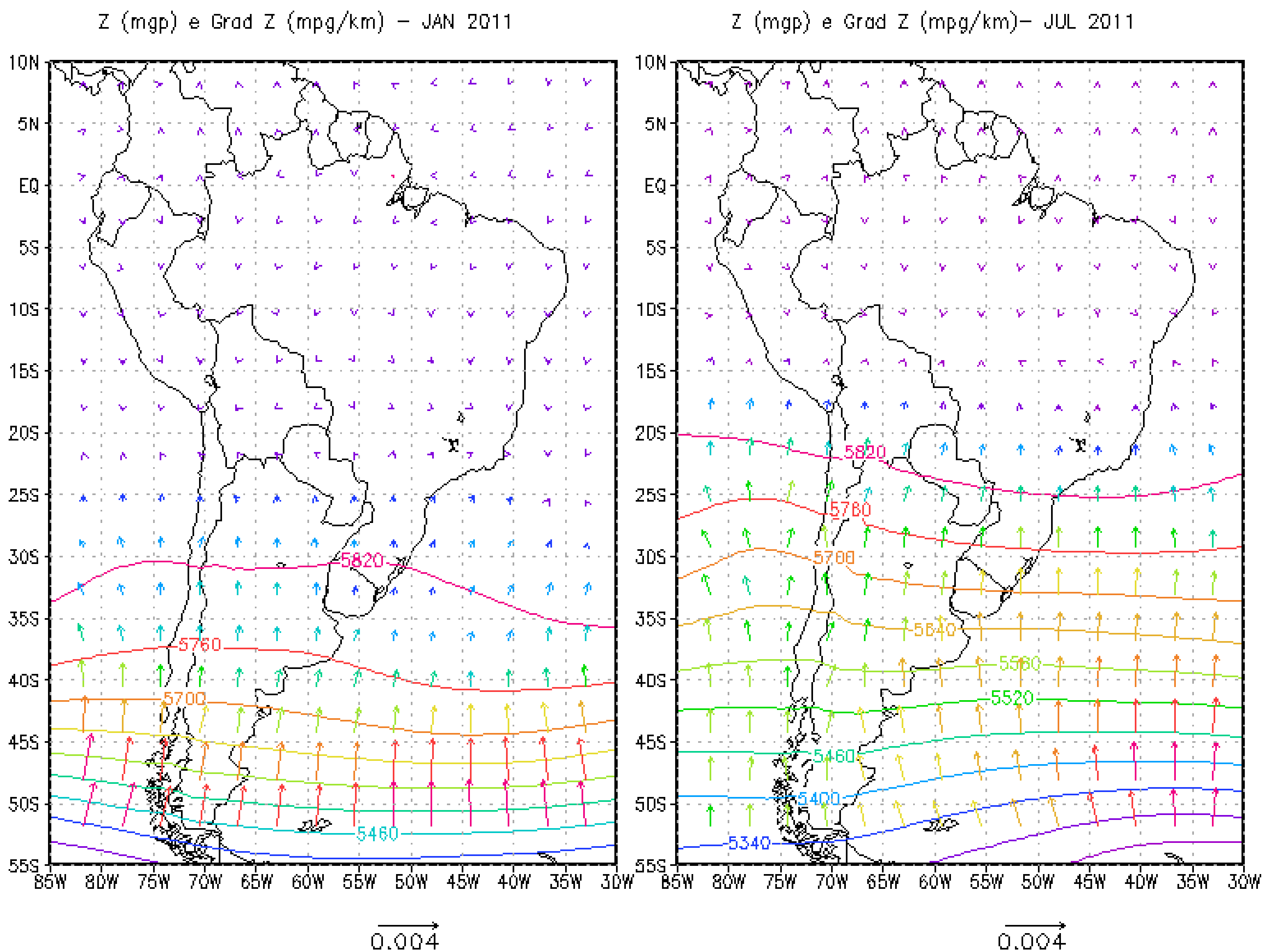

PNMM (hPa) e Grad P (hPa/km) - JAN 2011
1012
1008
1016
1006
1004
1000
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W
80W
75W
70W
65W
60W
55W
50W
45W
40W
35W
30W
0.05


PNMM (hPa) e Grad P (hPa/km)- JUL 2011
1012
1016
1020
1008
1004
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W
80W
75W
70W
65W
60W
55W
50W
45W
40W
35W
30W
0.05

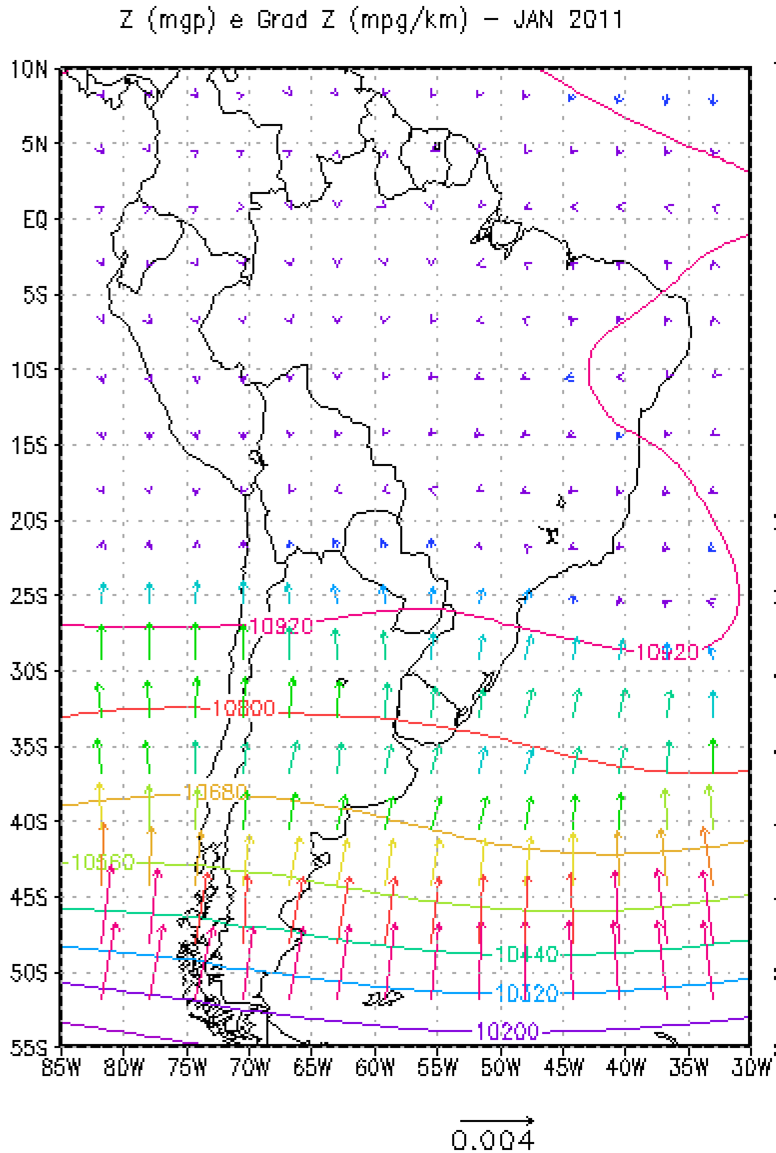
Exemplo: Gradiente de geopotencial (850hPa)

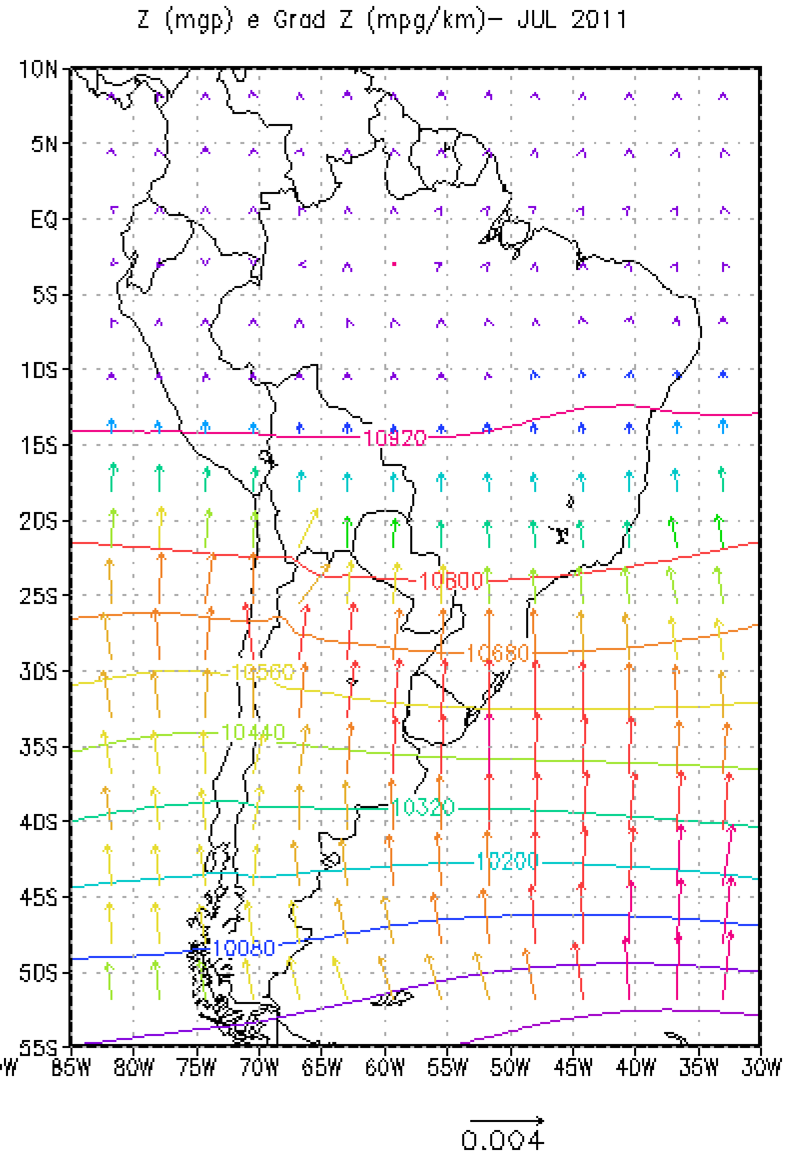


Exemplo: Gradiente de geopotencial (500hPa)



Exemplo: Gradiente de geopotencial (250hPa)





Vento Geostrófico

$$\frac{D\boldsymbol{U}}{Dt} = -2\boldsymbol{\Omega} \times \boldsymbol{U} - \frac{1}{\rho}\nabla p + \boldsymbol{g} + \boldsymbol{F}_r$$

$$\frac{Du}{Dt} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial x} + f \cdot v$$
$$\frac{Dv}{Dt} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial y} - f \cdot u$$
$$0 = -g - \frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial z}$$

$$f \cdot v = \frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial x}$$
$$f \cdot u = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial y}$$

$$f \cdot v = g\frac{\partial P/\partial x}{\partial P/\partial z} = g\frac{\partial Z}{\partial x}$$
$$f \cdot u = -g\frac{\partial P/\partial y}{\partial P/\partial z} = -g\frac{\partial Z}{\partial y}$$

$$u_g = -\frac{g}{f}\frac{\partial Z}{\partial y}$$

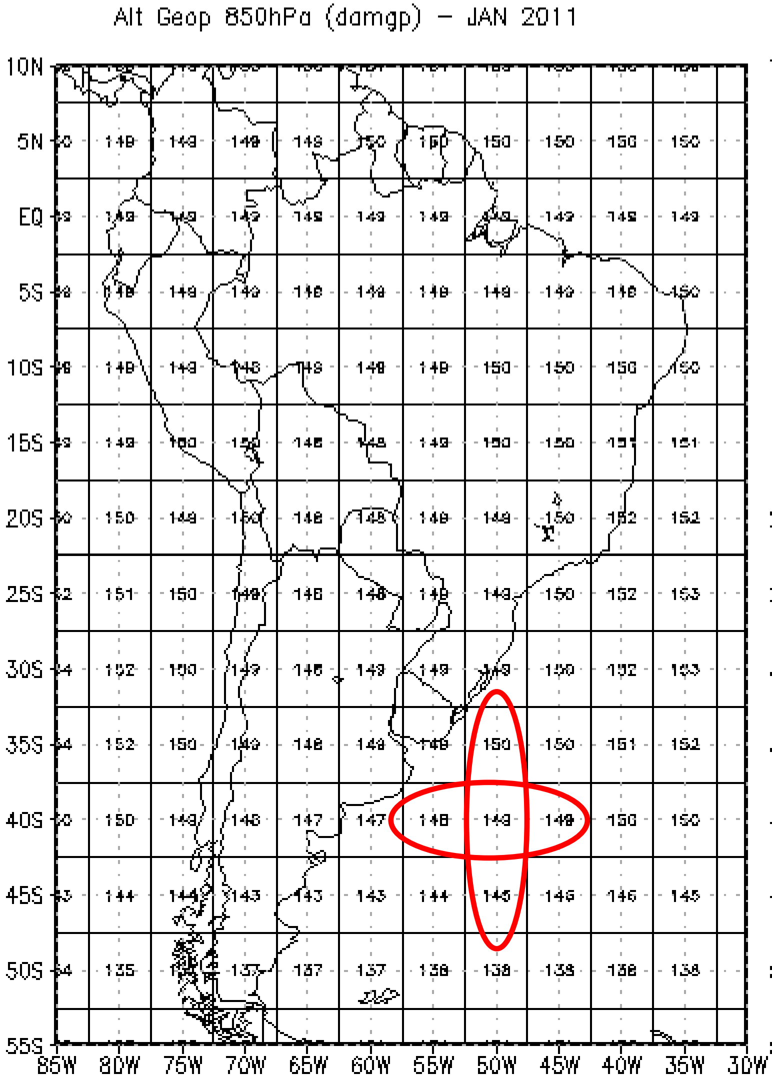
$$v_g = \frac{g}{f}\frac{\partial Z}{\partial x}$$

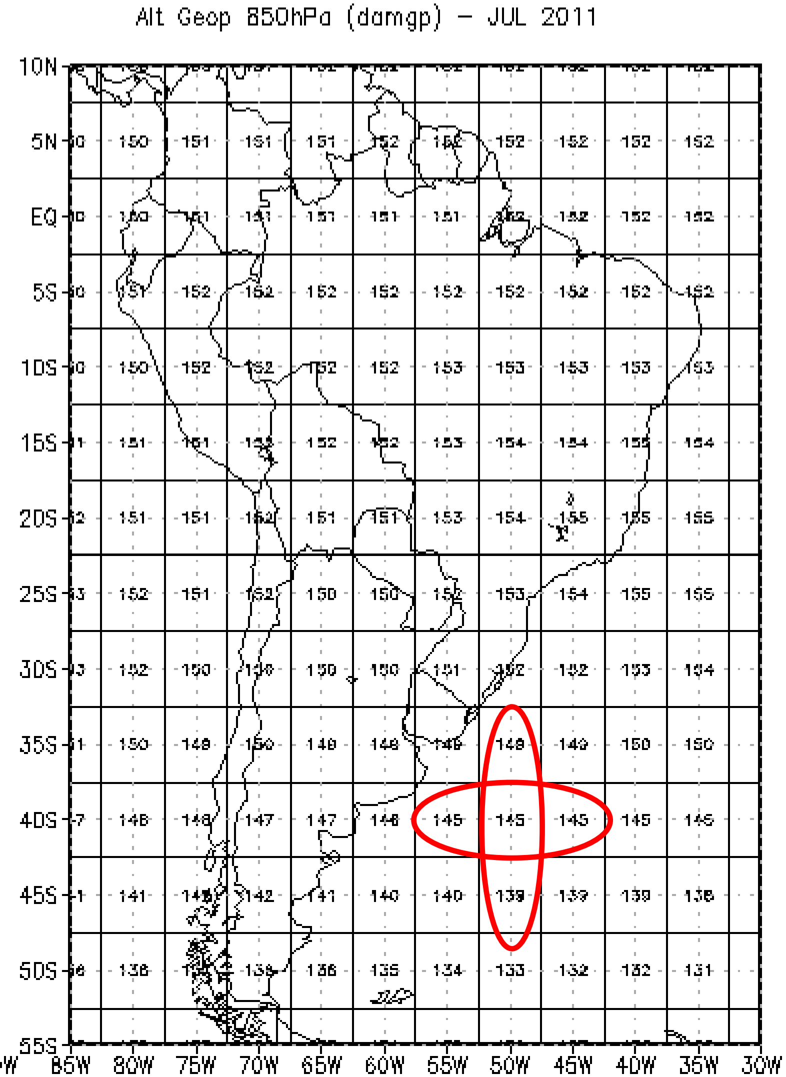
$$\overrightarrow{V_g} = \frac{\hat{k}}{f} \times \nabla_p \Phi$$

$$\mathbf{V}_g \equiv \mathbf{k} \times \frac{1}{\rho f}\boldsymbol{\nabla} p$$

Vento geostrófico

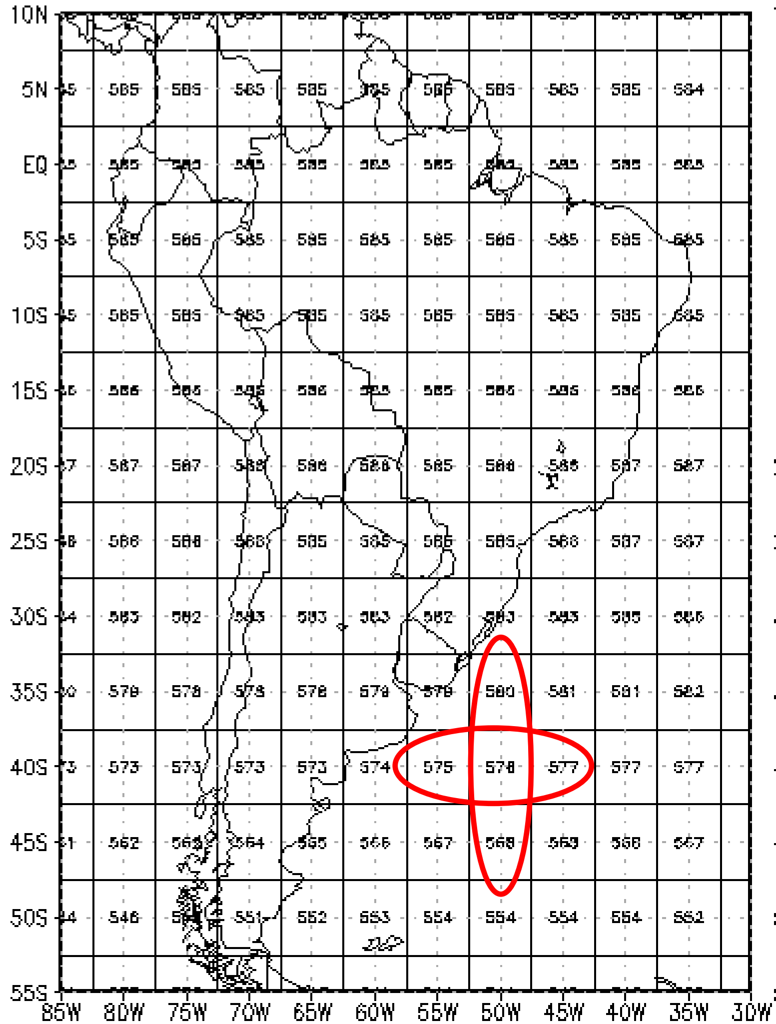
$$\vec{V}_g = \frac{\hat{k}}{f} \times \nabla_p \Phi$$



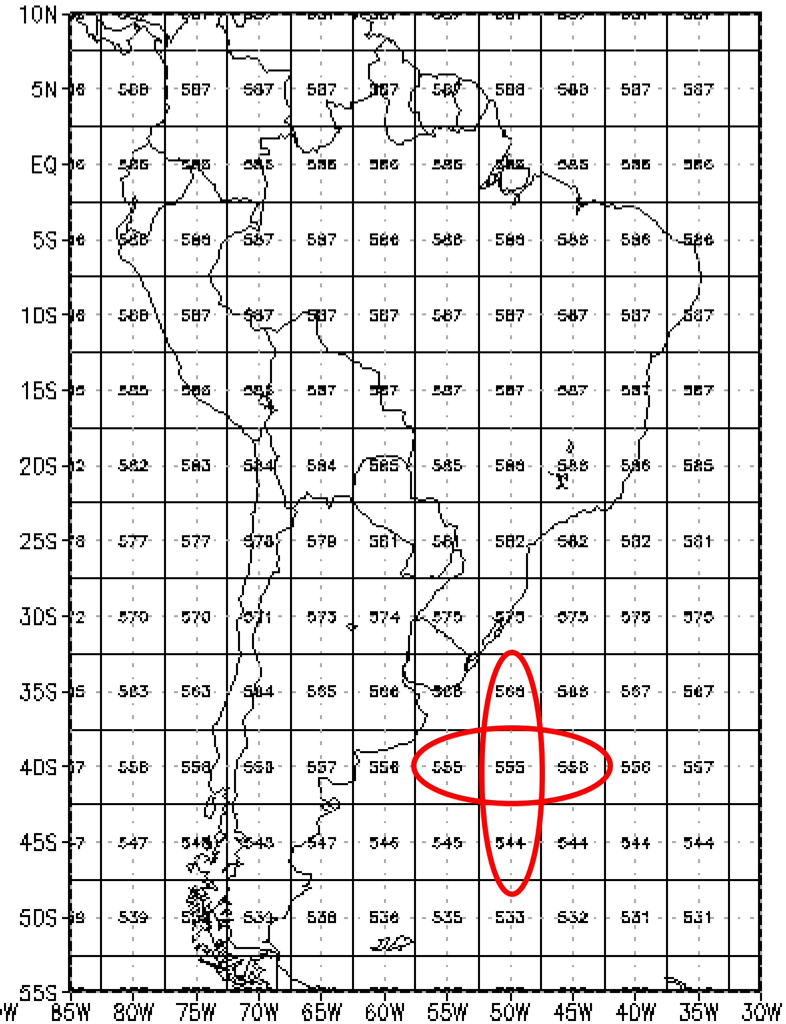


$$\vec{V_g} = \frac{\hat{k}}{f} \times \nabla_p \Phi$$

Alt Geop 500hPa (damgp) – JAN 2011

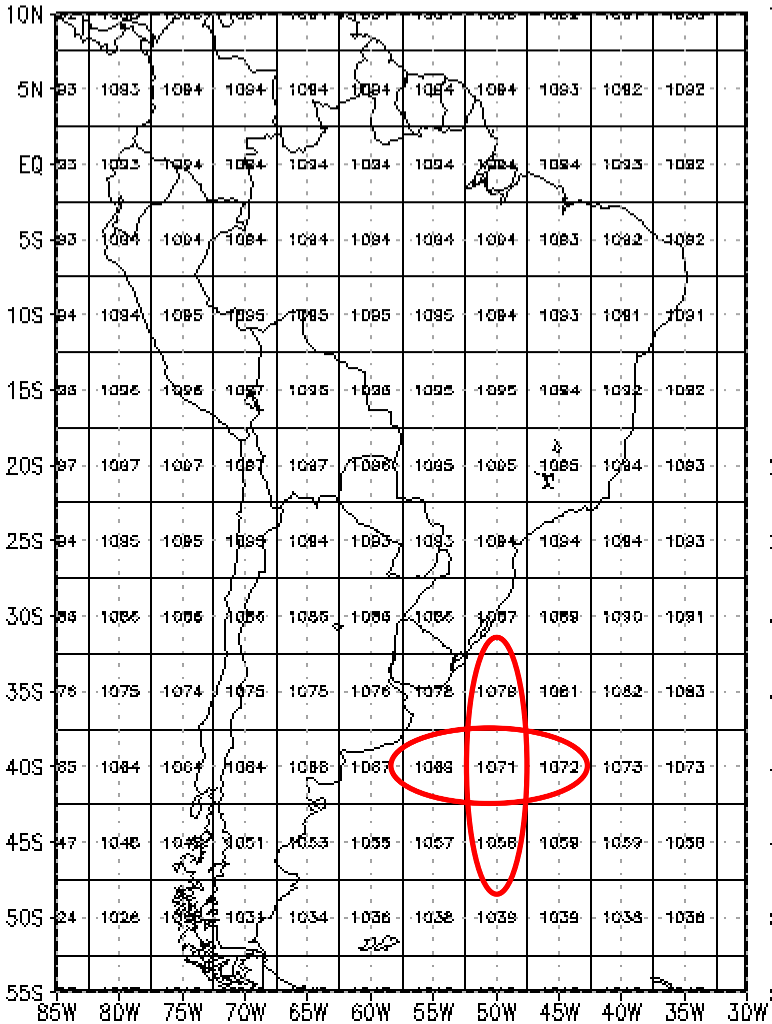


Alt Geop 500hPa (damgp) – JUL 20

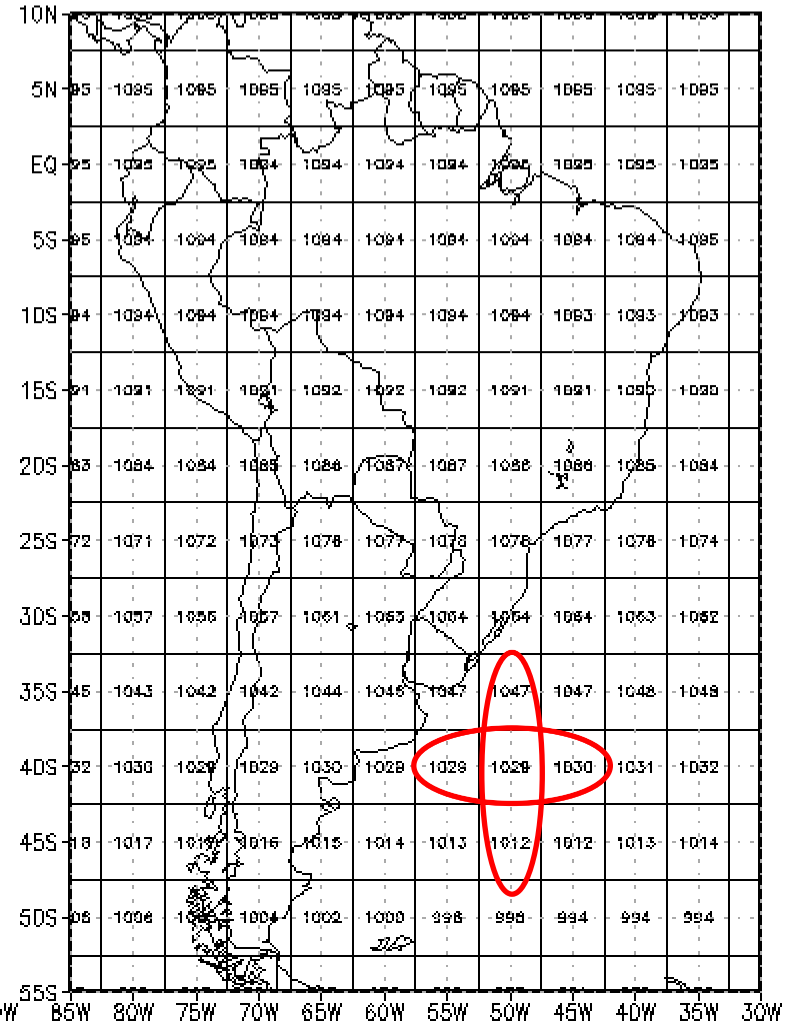


$$\vec{V}_g = \frac{\hat{k}}{f} \times \nabla_p \Phi$$

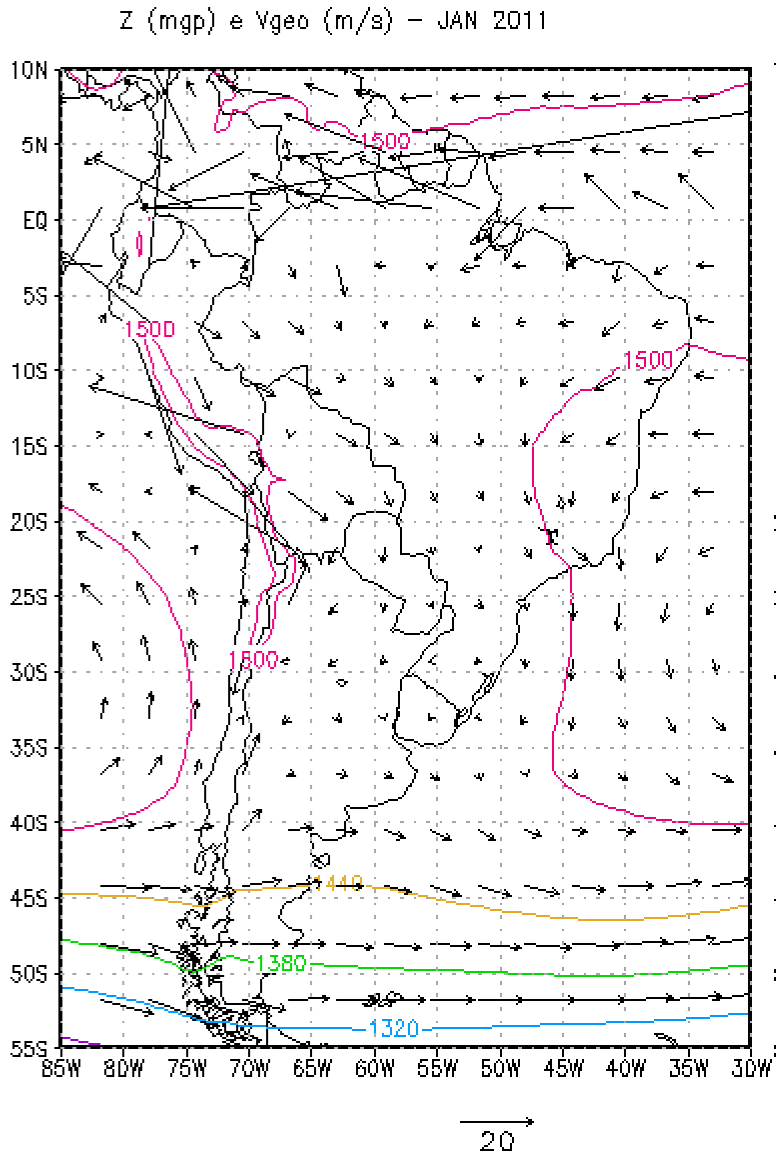
Alt Geop 250hPa (damgp) - JAN 2011

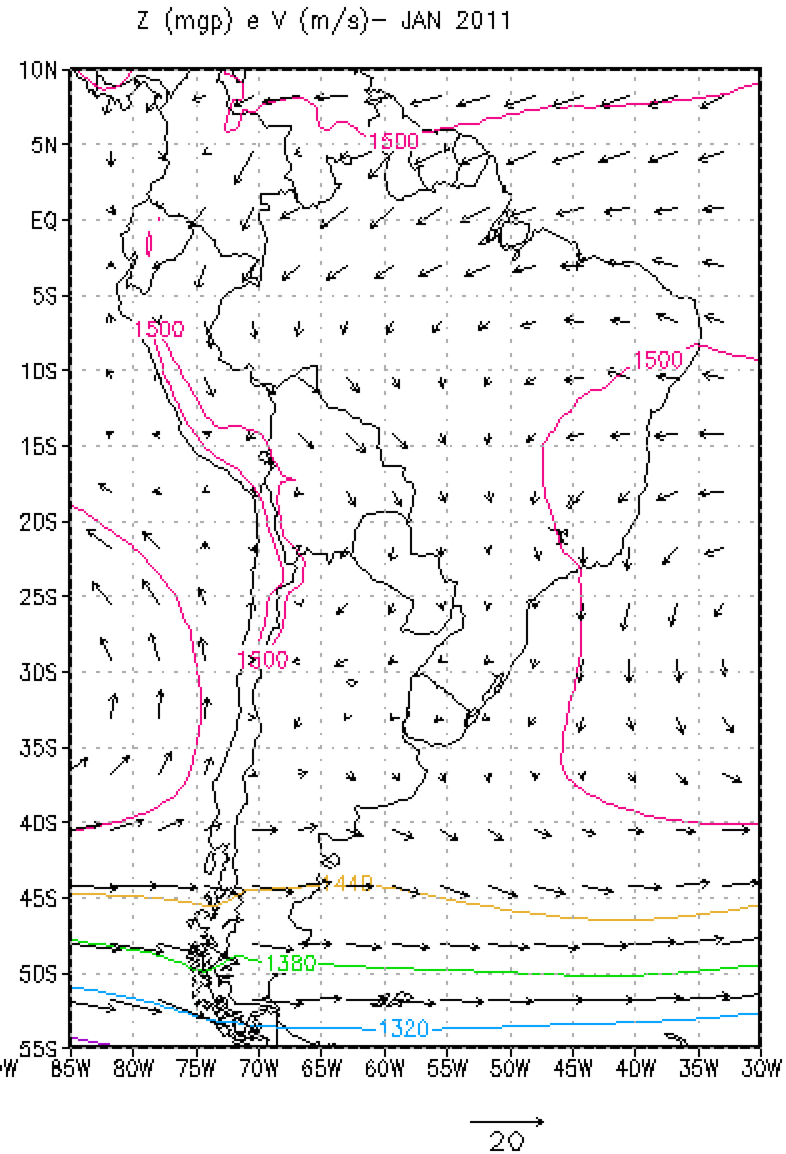


Alt Geop 250hPa (damgp) - JUL 2011

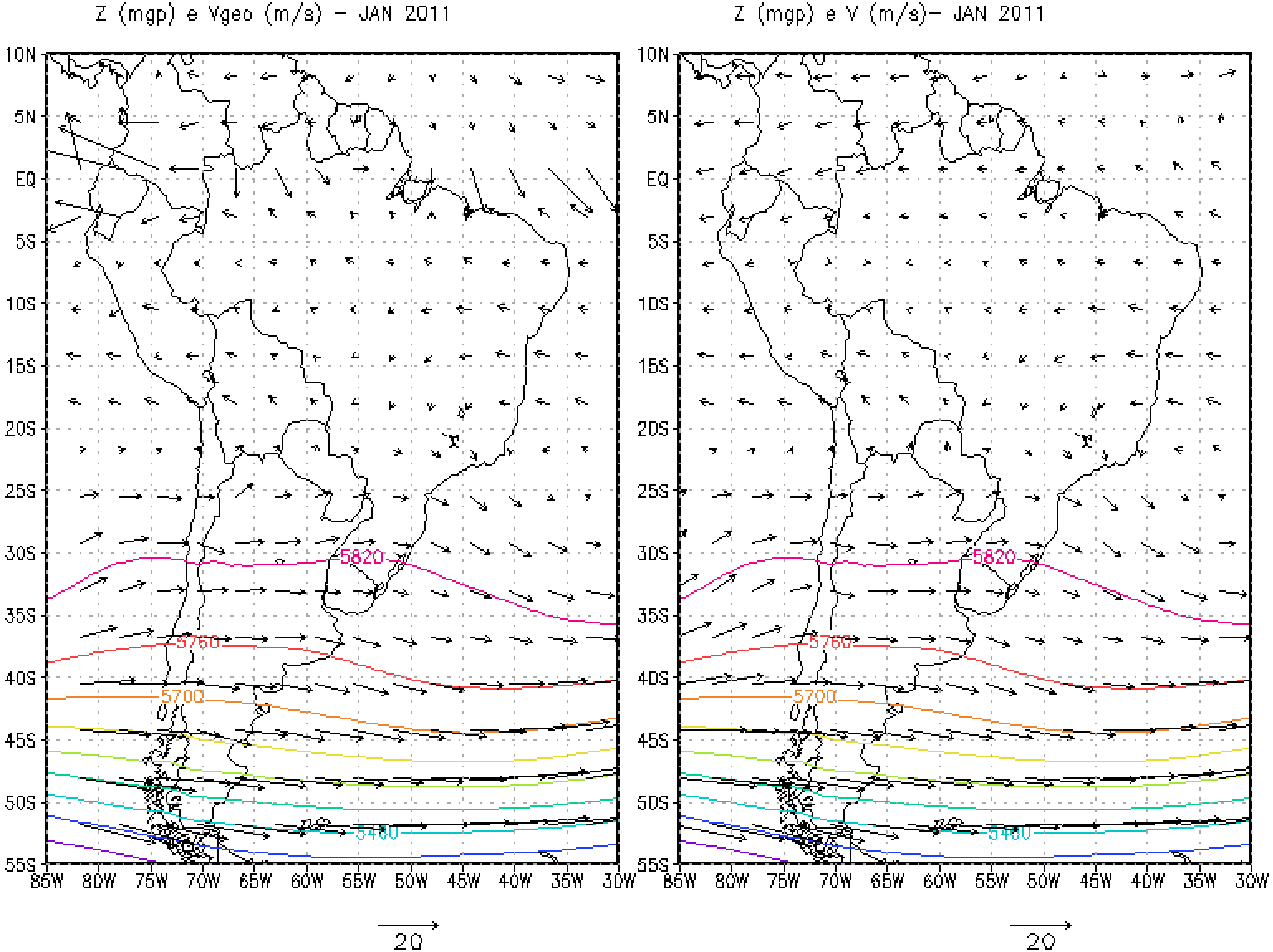


850hPa

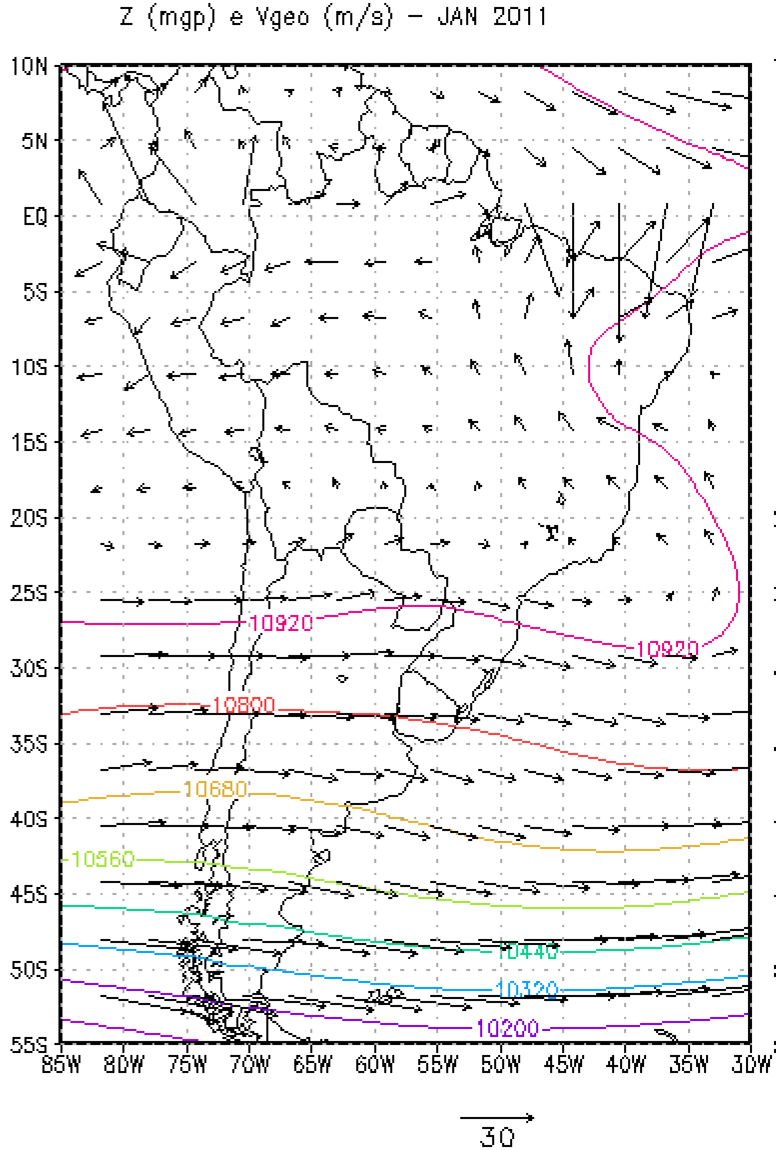

Z (mgp) e Vgeo (m/s) - JAN 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W
1500
1440
1380
1320
20


Z (mgp) e V (m/s)- JAN 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W
1500
1440
1380
1320
20

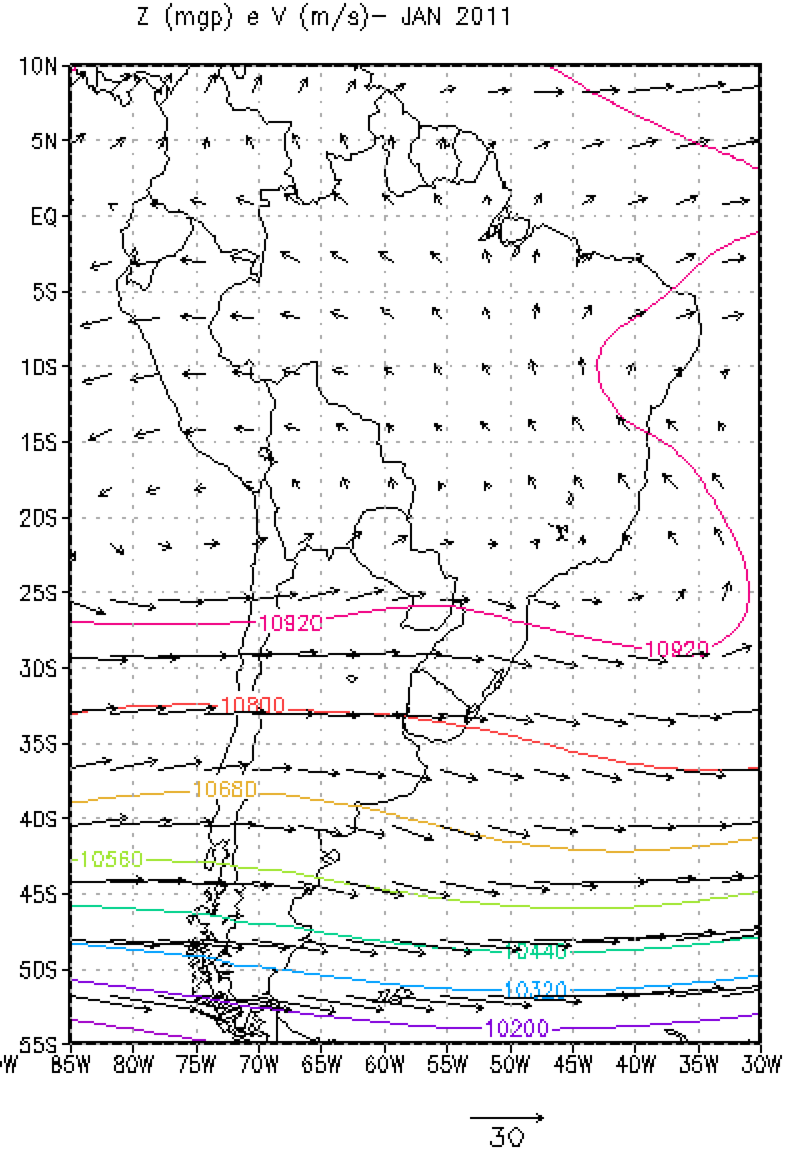
500hPa


Z (mgp) e Vgeo (m/s) - JAN 2011
Z (mgp) e V (m/s)- JAN 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W
5820
5760
5700
5460
20

250hPa



Z (mgp) e Vgeo (m/s) - JAN 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W
10920
10800
10680
10560
10440
10320
10200
30



Z (mgp) e V (m/s)- JAN 2011
10N
5N
EQ
5S
10S
15S
20S
25S
30S
35S
40S
45S
50S
55S
85W 80W 75W 70W 65W 60W 55W 50W 45W 40W 35W 30W
10920
10800
10680
10560
10440
10320
10200
30

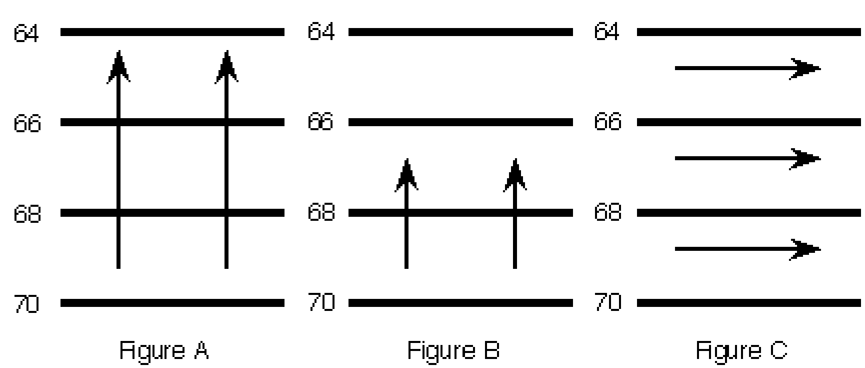
Advecção

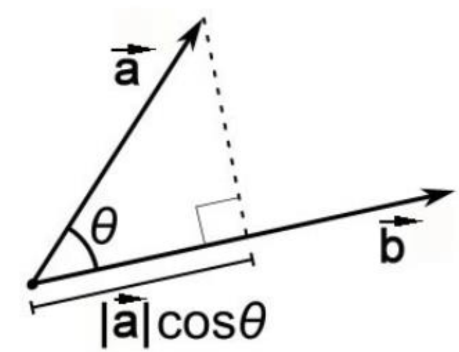
transport of something from one region to another

$$-\vec{V}\cdot\vec{\nabla}\Phi = -\left[u\frac{\partial\Phi}{\partial x} + v\frac{\partial\Phi}{\partial y}\right] \text{ transforms into: } -\vec{V}\cdot\vec{\nabla}\Phi = -\frac{1}{r}\left[u\frac{\partial\Phi}{\cos\phi\cdot\partial\lambda} + v\frac{\partial\Phi}{\partial\phi}\right]$$

Depende de:

- Intensidade do vento
- Ângulo entre direção do vento e isolinhas da variável que está sendo advectada.

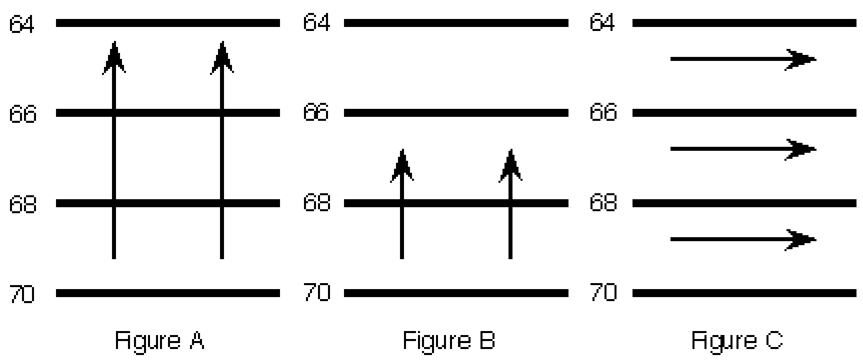


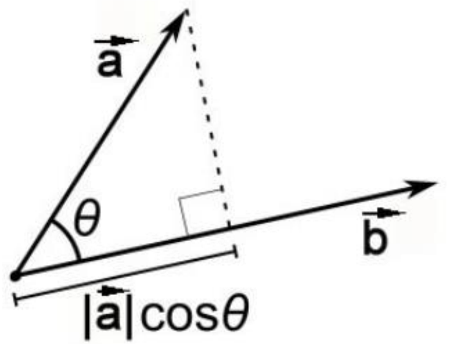


http://ww2010.atmos.uiuc.edu/%28Gl%29/guides/mtr/af/adv/adv.rxml

Advecção

Positiva: valores maiores da variável sendo advectada para valores menores, resultando em aumento da variável na direção para onde o vento está soprando.
Negativa: valores menores da variável sendo advectada para valores maiores, resultando em diminuição da variável na direção para onde o vento está soprando.





Advecção de Temperatura em 850hPa como indicador de variação na superfície

- **Advecção QUENTE** em 850hPa pode ser um indicativo de aumento de temperatura em superfície
- **Advecção FRIA** em 850hPa normalmente precede queda de temperatura em superfície
- **As regiões de maior advecção são aquelas nas quais as isoipsas (linhas de mesma altura geopotencial) e isotermas são quase perpendiculares.**