



Ministério da Ciência e Tecnologia  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

# Mapeamento eólico para o Nordeste

**Sin Chan Chou**  
**Arthur C. Paiva Neto, Diego J. Chagas,**  
**André A. Lyra, Enio B. Pereira**

**chou@cptec.inpe.br**  
**INPE/CPTEC**  
Cachoeira Paulista, SP  
Brasil

# Motivação

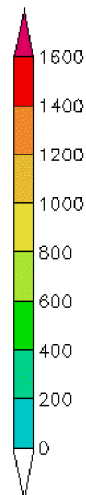
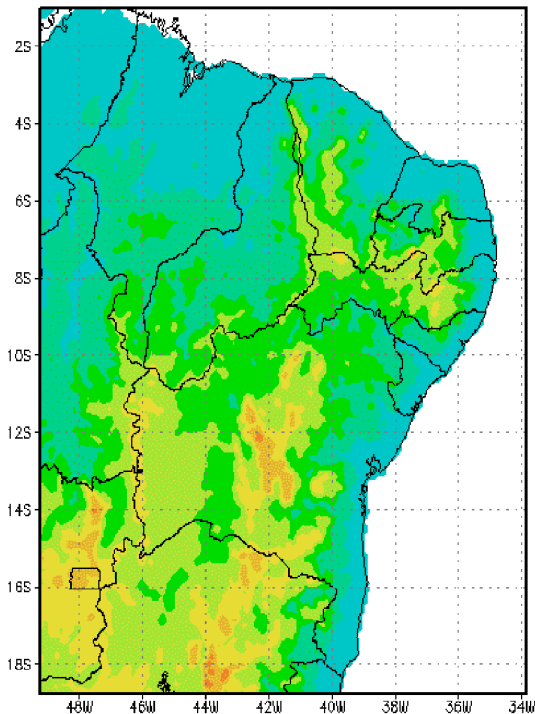
- Energia alternativa
- Energia limpa
- Nordeste fortemente dependente do Rio São Francisco
- Baixa densidade e frequência dos dados de vento

# Objetivos

- Mapeamento do regime de ventos a 50m do Nordeste utilizando o Modelo Eta
- Comparação com Atlas eólico existente
- Adquirir experiência em mapeamento eólico

# Modelo Eta características

## domínio



**Resolução:** 10 km, 38 layers,  $dt = 20s$

- Grade-E (modelo em ponto de grade)
- **Eta** coordenada vertical (Mesinger, 1984)
- **Topo do modelo:** 25 hPa,
- **Variáveis prognósticas:**  $T, q, u, v, p_s, TKE$ , hidrometeoros da nuvem,
- **Convecção:** esquema Betts-Miller-Janjic
- **Microfísica de nuvens:** esquema Ferrier
- **Turbulência:** Mellor Yamada 2.5, Monin-Obukhov, Paulson functions
- **Radiação:** esquema GFDL, tendências atualizadas a cada hora,
- **Esquema de superfície:** Noah scheme, 4 camadas de solo,
- **Condições iniciais e de contorno lateral:** Reanálises do NCEP/NCAR
- **Albedo inicial:** climatologia sazonal
- **Umidade do Solo inicial:** climatologia mensal
- **Período:** janeiro 2004 a dezembro 2005
- **TSM:** diária (média semanal atualizada)

# Esquema de camada limite superficial

## Exchange coefficients

$$C_d = \frac{k^2/R}{\left[ \ln\left(\frac{z}{z_{0m}}\right) - \Psi_m\left(\frac{z}{L}\right) + \Psi_m\left(\frac{z_{0m}}{L}\right) \right]^2}$$

$$C_h = \frac{k^2/R}{\left[ \ln\left(\frac{z}{z_{0m}}\right) - \Psi_m\left(\frac{z}{L}\right) + \Psi_m\left(\frac{z_{0m}}{L}\right) \right] \left[ \ln\left(\frac{z}{z_{0h}}\right) - \Psi_h\left(\frac{z}{L}\right) + \Psi_h\left(\frac{z_{0h}}{L}\right) \right]}$$

## Stability functions

$$\psi_m = \begin{cases} -5\zeta & 0 < \zeta < 1 \\ 2 \ln\left(\frac{1+x}{2}\right) + \ln\left(\frac{1+x^2}{2}\right) - 2 \tan^{-1}(x) + \frac{\pi}{2} & -5 < \zeta < 0 \end{cases}$$

$$\psi_h = \begin{cases} -5\zeta & 0 < \zeta < 1 \\ 2 \ln\left(\frac{1+x^2}{2}\right) & -5 < \zeta < 0 \end{cases}$$

where

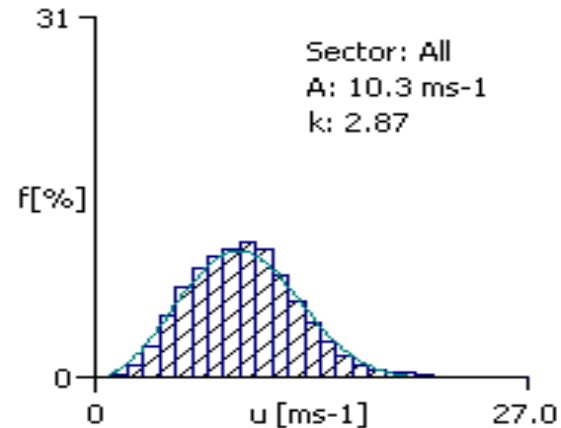
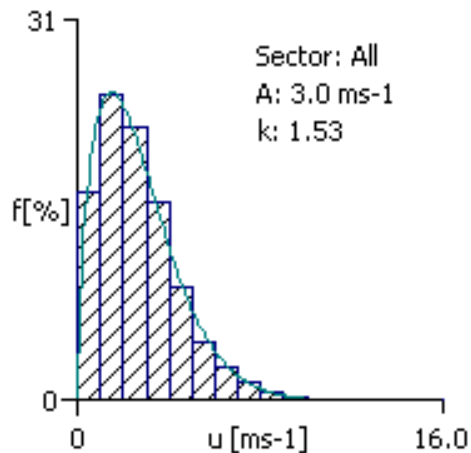
$$\zeta = z/L$$

$$x = (1 - 16\zeta)^{1/4}$$

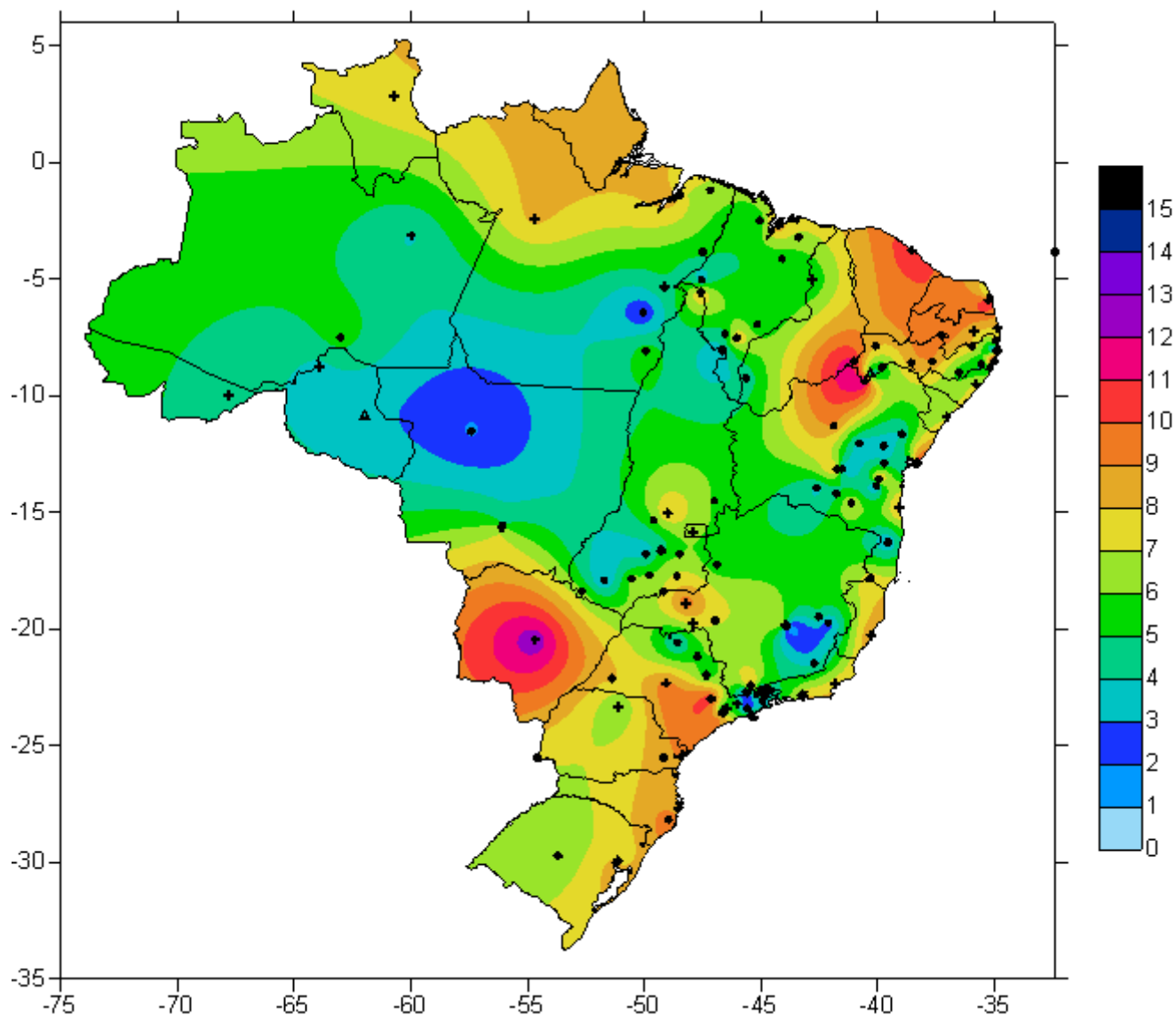
# Distribuição de Weibull

$$f(u) = \frac{k}{A} \left( \frac{u}{A} \right)^{k-1} e^{-\left( \frac{u}{A} \right)^k}$$

Em que **A** e **k** são os parâmetros de escala e de forma, respectivamente, e **u** é a magnitude do vento.



# Mapeamento por PCD, METAR e torres SONDA



Vento médio (m/s)  
a 50-m

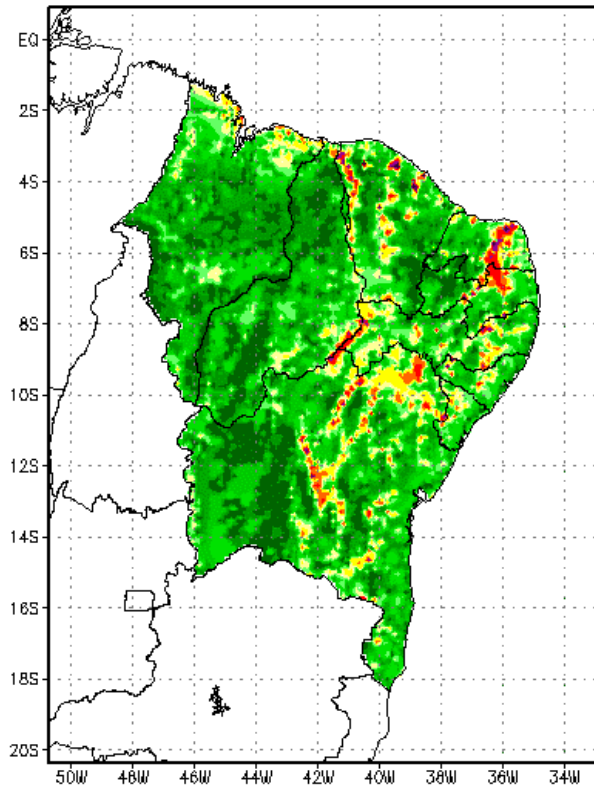
Dados de:

- aeroportos (+)
- PCDs (•)
- torres eólicas (Δ)

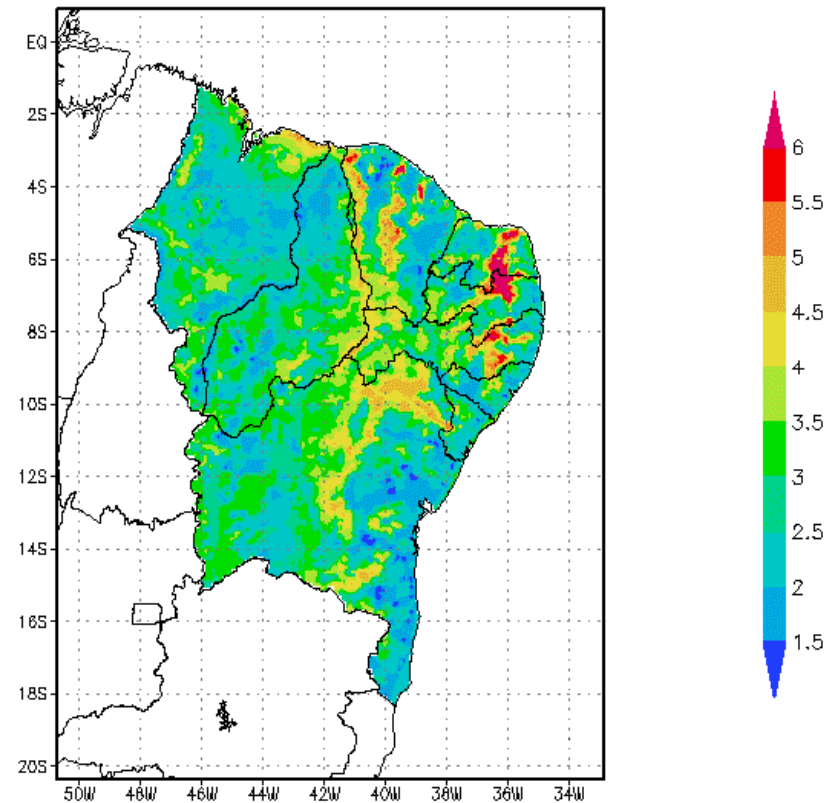
a partir do WASP.

# Mapeamento Anual

V50 anual



k50 anual



1. divisa entre Piauí e Ceará,
2. divisa entre Piauí e Pernambuco,
3. várias áreas na Chapada Diamantina na Bahia,
4. Litoral do NEB
5. Localidades elevadas da Serra da Borborema no Rio Grande do Norte e Pernambuco, e Ceará.

# Mapeamento Sazonal

**DJF**

**MAM**

**JJA**

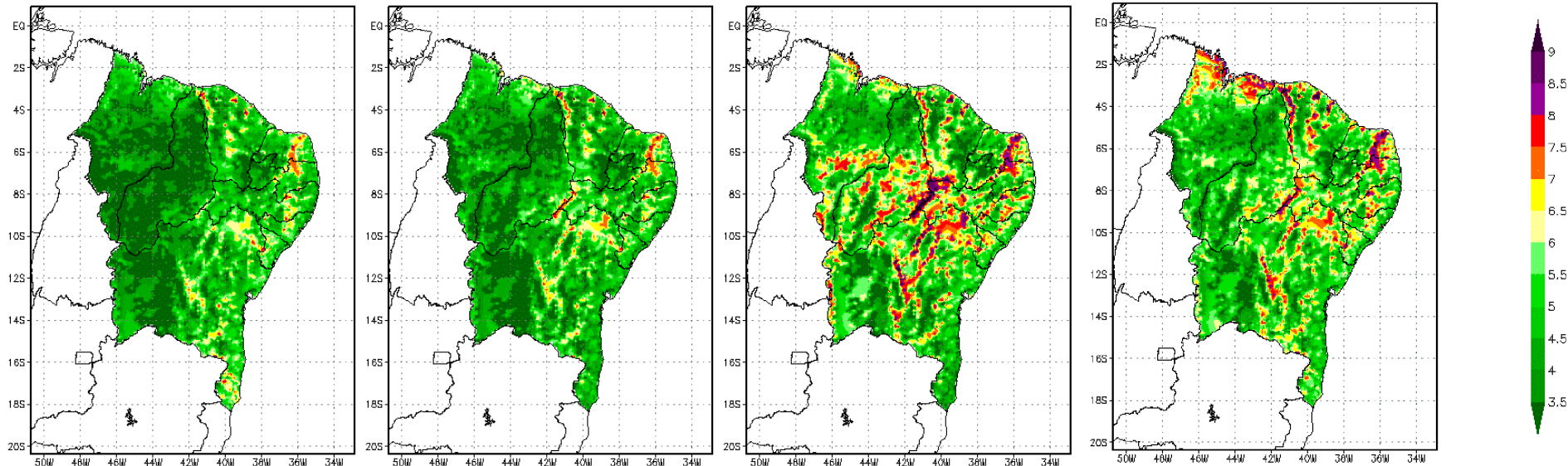
**SON**

V50DJF

V50MAM

V50JJA

V50SON



**Vento a 50m**



# Mapeamento Sazonal

**DJF**

**MAM**

**JJA**

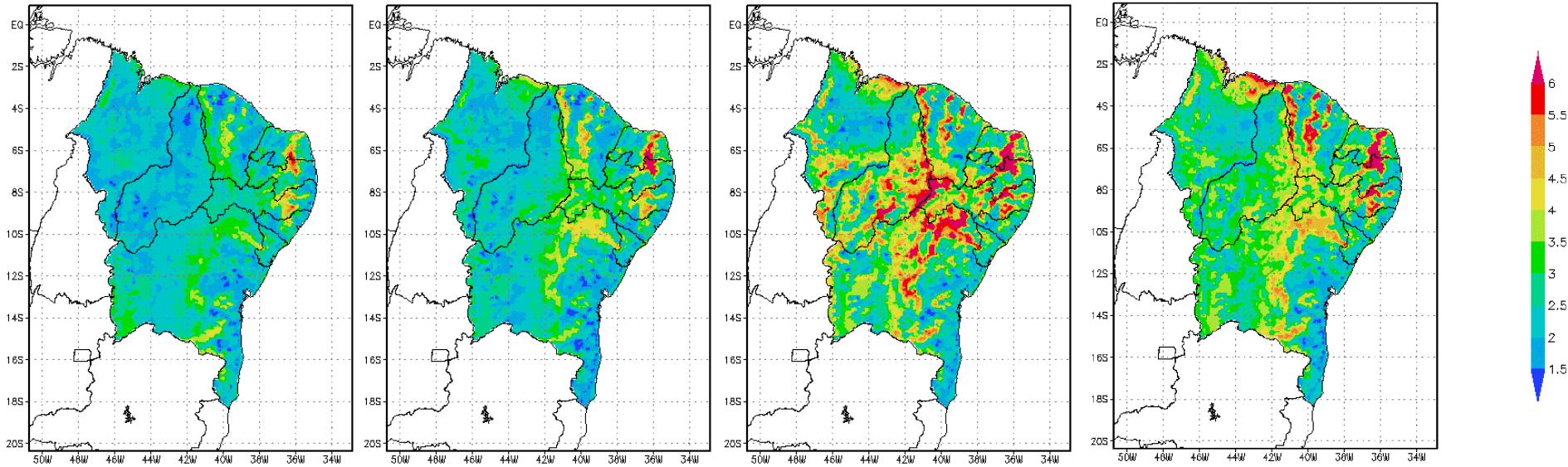
**SON**

k50DJF

k50MAM

k50JJA

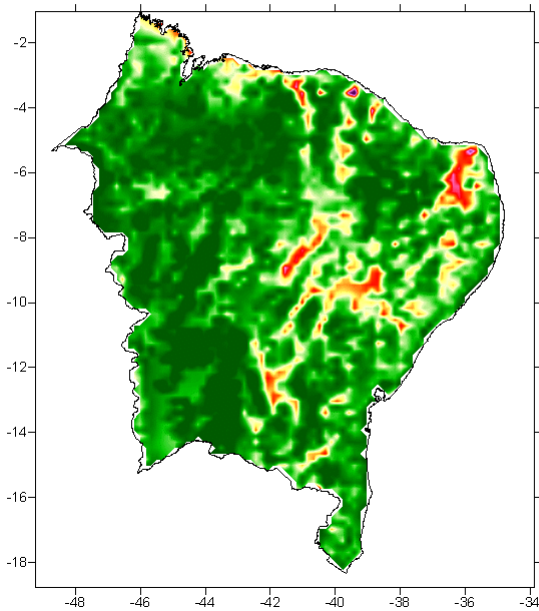
k50SON



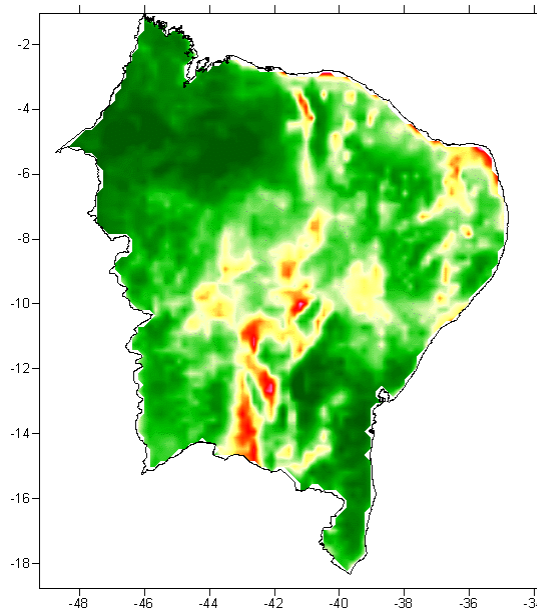
**Fator de forma k a 50m**

# Comparação com Atlas

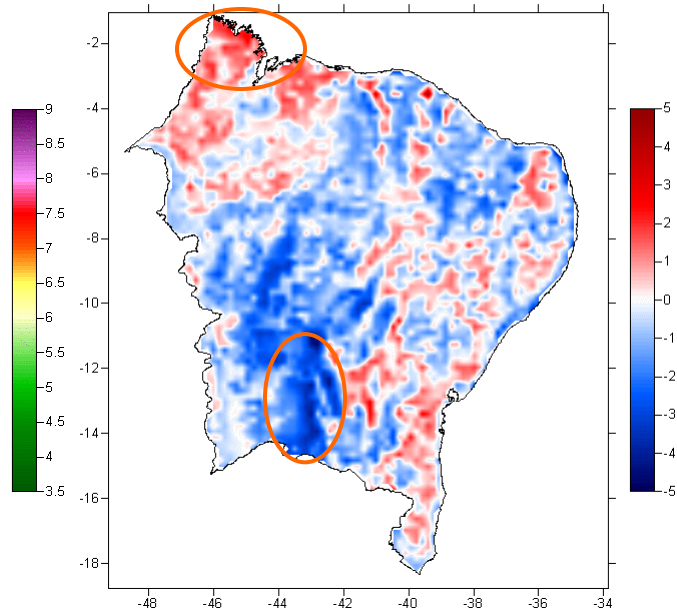
ETA NE



ATLAS NE



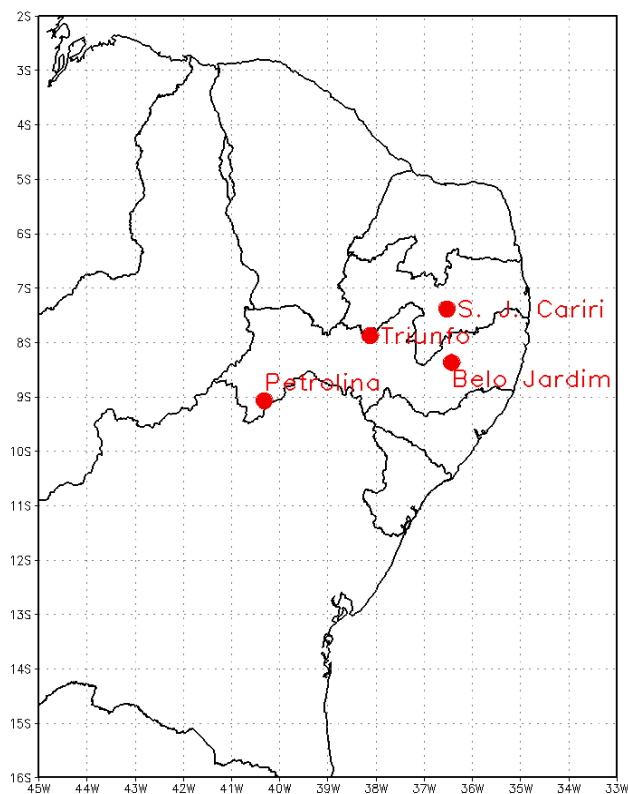
Diferença ETA - ATLAS



(Amarantes et al, 2001)

**Vento a 50m**

# Verificação com Torres eólicas

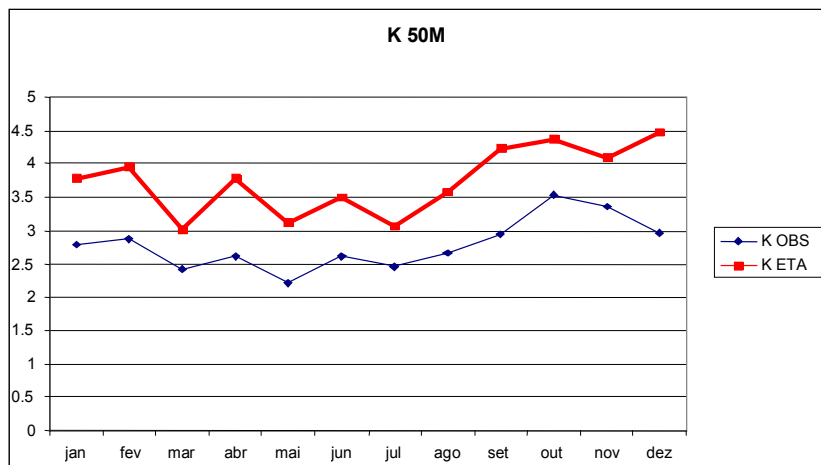


<b>Localidade</b>	<b>altitude</b>	<b>sensor</b>	<b>período</b>
Petrolina	387	25m	200407 a 200509
Belo Jardim	718	50m	200406 a 200509
S. João do Cariri	486	50m	200406 a 200509
Triunfo	1123	50m	200406 a 200506

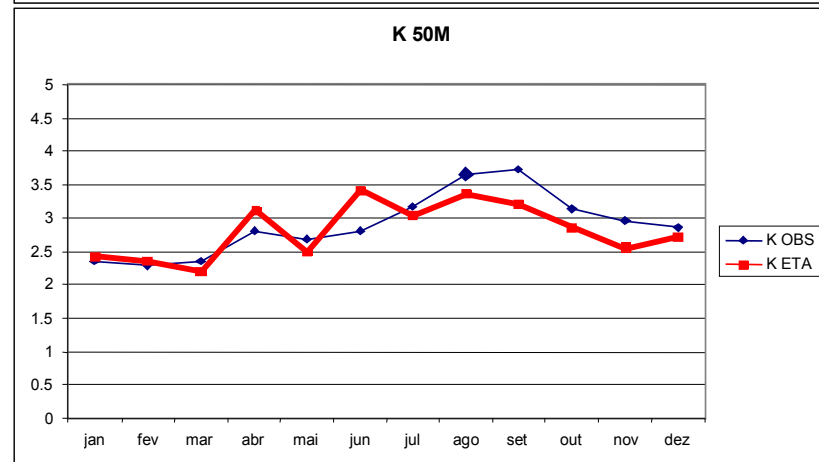
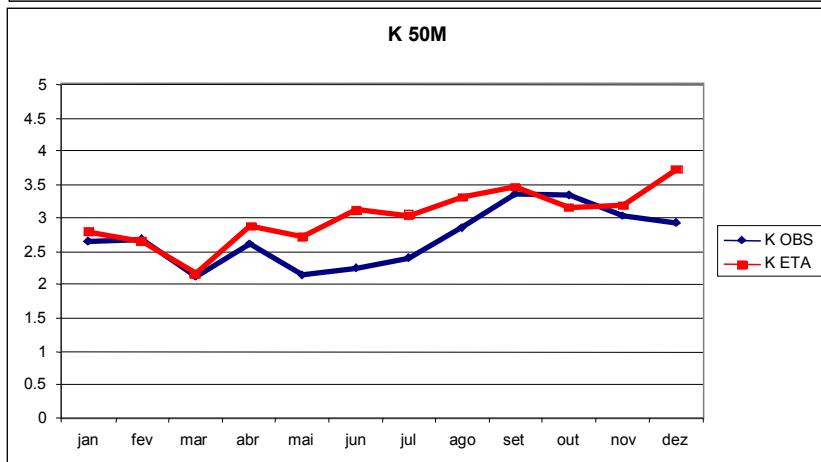
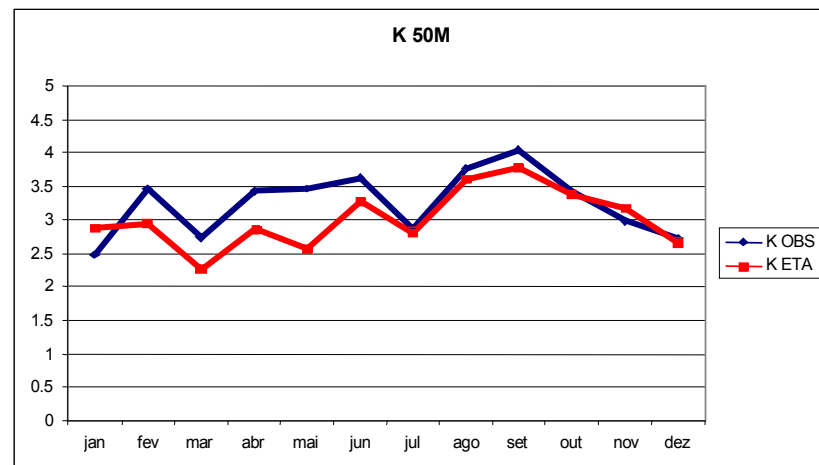
# Verificação com Torres eólicas

## Fator k a 50m

### Belo Jardim



### Triunfo



### São João do Cariri

### Petrolina

# Conclusões

- O mapeamento eólico foi produzido para a região Nordeste do Brasil utilizando o Modelo Eta na resolução horizontal de 10 km.
- As principais regiões de ventos intensos e persistentes concordam com as regiões indicadas pelo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, publicado pelo Ministério de Minas e Energia.
- Destacam-se em ambos trabalhos a divisa entre Piauí e Ceará, a divisa entre Piauí e Pernambuco, em várias áreas na Chapada Diamantina na Bahia, faixa em pontos altos da Serra da Borborema no Rio Grande do Norte e Pernambuco, algumas regiões altas no Ceará, e litoral.

## RECOMENDAÇÕES:

- Instalar torres em locais onde há maior incerteza nos valores do vento.
- Aprimoramento do modelo numérico e os dados de entrada.

**Obrigado !**

