



I WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE MODELAGEM DA ATMOSFERA APLICAÇÕES NA ÁREA DE ENERGIA EÓLICA

CTGAS-ER | NATAL-RN
14 e 15 junho de 2018

Otimização do WRF para uso em eólica no Nordeste Brasileiro.

Nome: Adriano Correia de Marchi

Instituição: Aeroespacial

Função: Meteorologista



Objetivo

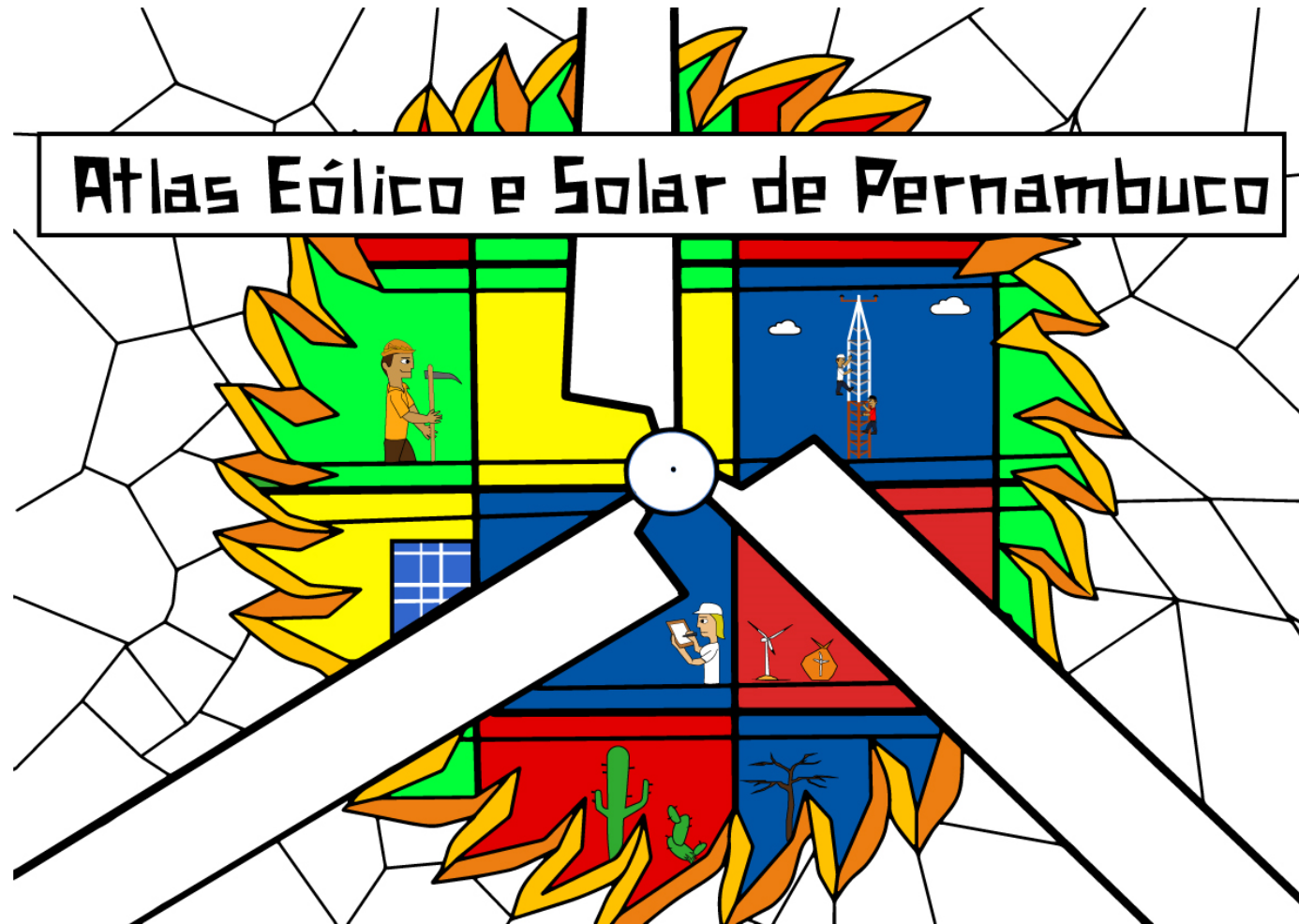
- Aeroespacial;
- O que é o modelo WRF;
- Otimização do WRF para simulações do campo de vento;
- Atlas Eólico de Pernambuco.

Fundada em 2011

Sede em Pernambuco, Brazil

- Cartografia, Análise do Fundiário e Topografia;
- Prospecção e Viabilidade de Projetos Eólicos e Solares;
- Campanha de Medição Anemométrica e Solarimétrica (monitoramento, visitas técnicas, etc.);
- Climatologia e Meteorologia;
- Certificações Campanha Anemométrica e Solarimétrica e Produção Anual de Energia (P50, P90);
- Projeto Básico, Memorial Descritivo, Preenchimento do AEGE;
- *Due Diligence* de Projetos;
- Estudos Elétricos (antecipação de COD, Parecer de Acesso, consultoria em geral, etc.);
- Desenvolvimento de produtos para parques em operação.

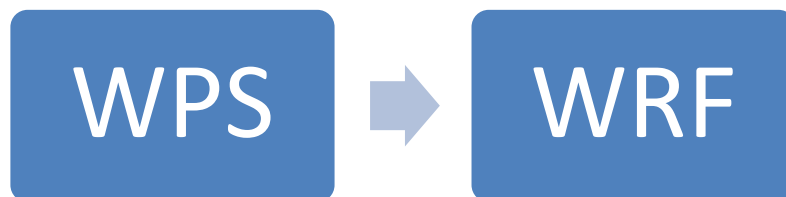
<http://www.atlaseolicosolar.pe.gov.br/>



- A análises do mapeamento eólico.
 - **Prospecção de vento** a partir de dados de mesoescala (MCPs).
- Disponibilidade dos dados.
 - **Modelos de mesoescala:**
 - Computacional
 - Acessível

O que é o WRF - Weather Research and Forecasting Model ?

- Usado tanto para pesquisa e previsão operacional.
- É um “modelo comunitário” ou seja um recurso livre e compartilhado;
- Colaborações com universidades e agências nos EUA e no exterior;
- Melhores e correções de bugs a cada 6 meses;
 - Version 1.0 WRF was released December 2000
 - **2014 – Version WRF 3.6**
 - **2016 – Version WRF 3.8**
 - 2018 – Version WRF 4.0
- Rodados em sistemas semelhantes a UNIX
 - Compiladores Fortran, C e CPP.



WPS



WRF

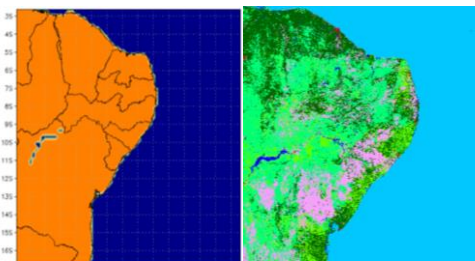
GEOGRID

UNGRIB

METGRID

REAL

GEOGRID



UNGRIB

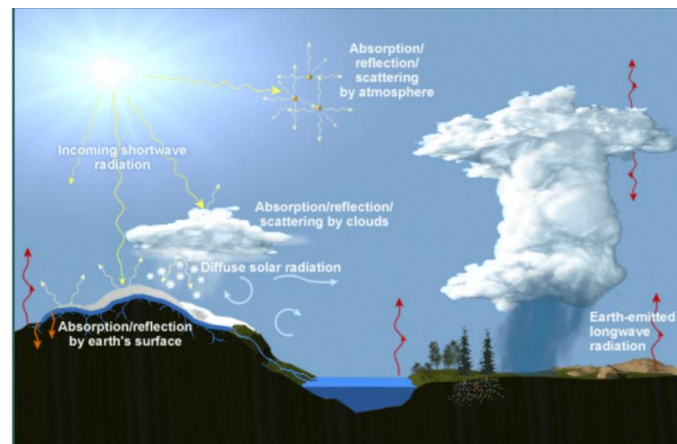


- Topografia
- Albedo
- Rugosidade
- Definição do Domínio

- Dados Meteorológicos

REAL

- Dinâmica
- Física



- Otimização do WRF para o ATLAS :
 - Topografia ~30m; GEOGRID
 - Uso do solo ~30m; GEOGRID
 - Dados meteorológicos (MERRA1 e MERRA2). UNGRIB
 - Tempo de Processamento REAL

GEOGRID

Land use:

- USGS 24-class, 30-arc-second resolution
- USGS 24-class + inland water, 30-arc-second resolution
- **MODIS 20-class, 30- and 15-arc-second resolution 500m**
- MODIS 20-class + inland water, 30-arc-second resolution
- NLCD 2011 40-class, 9-arc-second resolution

Terrain:

- GTOPO30
- **GMTED2010 30s 1km**

```
GEOGRID.TBL
1 # See options.txt for a (somewhat up to date) list of the
2 # options that may be specified here.
3 =====
4 name = HGT_M
5     priority = 1
6     dest_type = continuous
7     smooth_option = smth-desmth_special; smooth_passes=1
8     fill_missing=0.
9     interp_option = gmted2010_30s:average_gcell(4.0)+four_pt+average_4pt
10    interp_option =   gtopo_30s:average_gcell(4.0)+four_pt+average_4pt
11    interp_option =   gtopo_2m:four_pt
12    interp_option =   gtopo_5m:four_pt
13    interp_option =   gtopo_10m:four_pt
14    interp_option =   lowres:average_gcell(4.0)+four_pt
15    interp_option =   default:average_gcell(4.0)+four_pt+average_4pt
16    rel_path = gmted2010_30s:topo_gmted2010_30s/
17    rel_path =   gtopo_30s:topo_30s/
18    rel_path =   gtopo_2m:topo_2m/
19    rel_path =   gtopo_5m:topo_5m/
20    rel_path =   gtopo_10m:topo_10m/
21    rel_path =   lowres:topo_gmted2010_5m/
22    rel_path =   default:topo_gmted2010_30s/
23 =====
```

MODIS 20-class, 30- and 15-arc-second resolution

500m

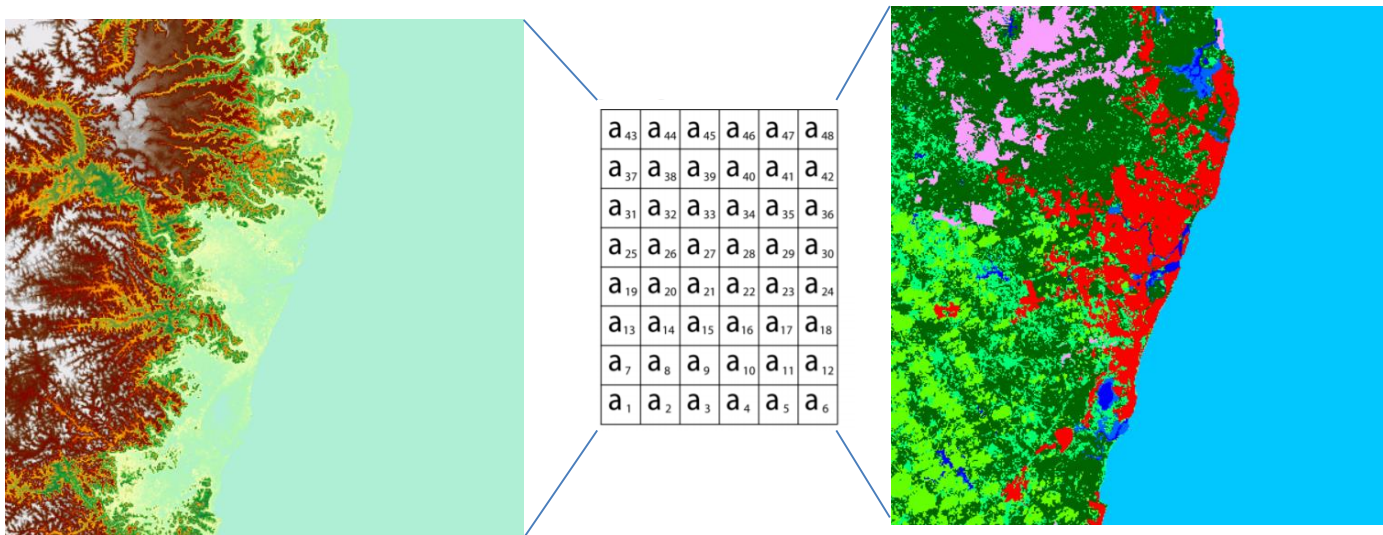
MODIFIED_IGBP	MODIS_NOAH								
33,2,	'ALBD	SLMO	SFEM	SFZ0	THERIN	SCFX	SFHC		
SUMMER									
1,	12.,	.30,	.95,	50.,	4.,	3.33,	29.2e5,	'Evergreen Needleleaf Forest'	
2,	12.,	.50,	.95,	50.,	5.,	1.67,	29.2e5,	'Evergreen Broadleaf Forest'	
3,	14.,	.30,	.94,	50.,	4.,	2.86,	25.0e5,	'Deciduous Needleleaf Forest'	
4,	16.,	.30,	.93,	50.,	4.,	2.63,	25.0e5,	'Deciduous Broadleaf Forest'	
5,	13.,	.30,	.97,	50.,	4.,	2.11,	41.8e5,	'Mixed Forests'	
6,	22.,	.10,	.93,	5.,	3.,	1.56,	20.8e5,	'Closed Shrublands'	
7,	20.,	.15,	.95,	6.,	3.,	2.14,	20.8e5,	'Open Shrublands'	
8,	22.,	.10,	.93,	5.,	3.,	1.56,	20.8e5,	'Woody Savannas'	
9,	20.,	.15,	.92,	15.,	3.,	2.00,	25.0e5,	'Savannas'	
10,	19.,	.15,	.96,	12.,	3.,	2.37,	20.8e5,	'Grasslands'	
11,	14.,	.42,	.95,	30.,	5.5,	1.32,	35.5e5,	'Permanent wetlands'	
12,	17.,	.30,	.985,	15.,	4.,	2.71,	25.0e5,	'Croplands'	
13,	15.,	.10,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Urban and Built-Up'	
14,	18.,	.25,	.98,	14.,	4.,	2.56,	25.0e5,	'cropland/natural vegetation mosaic'	
15,	55.,	.95,	.95,	0.1,	5.,	0.,	9.0e25,	'Snow and Ice'	
16,	25.,	.02,	.90,	1.,	2.,	0.81,	12.0e5,	'Barren or Sparsely Vegetated'	
17,	8.,	1.0,	.98,	0.01,	6.,	0.,	9.0e25,	'Water'	
18,	15.,	.50,	.93,	30.,	5.,	2.67,	9.0e25,	'Wooded Tundra'	
19,	15.,	.50,	.92,	15.,	5.,	2.67,	9.0e25,	'Mixed Tundra'	
20,	25.,	.02,	.90,	10.,	2.,	1.60,	12.0e5,	'Barren Tundra'	
21,	15.,	.02,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Unassigned'	
22,	15.,	.02,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Unassigned'	
23,	15.,	.02,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Unassigned'	
24,	15.,	.02,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Unassigned'	
25,	15.,	.02,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Unassigned'	
26,	15.,	.02,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Unassigned'	
27,	15.,	.02,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Unassigned'	
28,	15.,	.02,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Unassigned'	
29,	15.,	.02,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Unassigned'	
30,	15.,	.02,	.88,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Unassigned'	
31,	10.,	.10,	.97,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Low Intensity Residential'	
32,	10.,	.10,	.97,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'High Intensity Residential'	
33,	10.,	.10,	.97,	80.,	3.,	1.67,	18.9e5,	'Industrial or Commercial'	
WINTER									
1,	12.,	.60,	.95,	50.,	5.,	3.00,	29.2e5,	'Evergreen Needleleaf Forest'	
2,	12.,	.50,	.95,	50.,	5.,	1.67,	29.2e5,	'Evergreen Broadleaf Forest'	

GEOGRID

O formato de GEOGRID é um simples binário em formato de quadricula.

Topografia SRTM resolução 30m

Rugosidade GL30 resolução 30m



UNGRIB

Dados meteorológicos (MERRA1 e MERRA2).

Processamento

REAL

Tempo Processamento

1º Alternativa:



2º Alternativa :

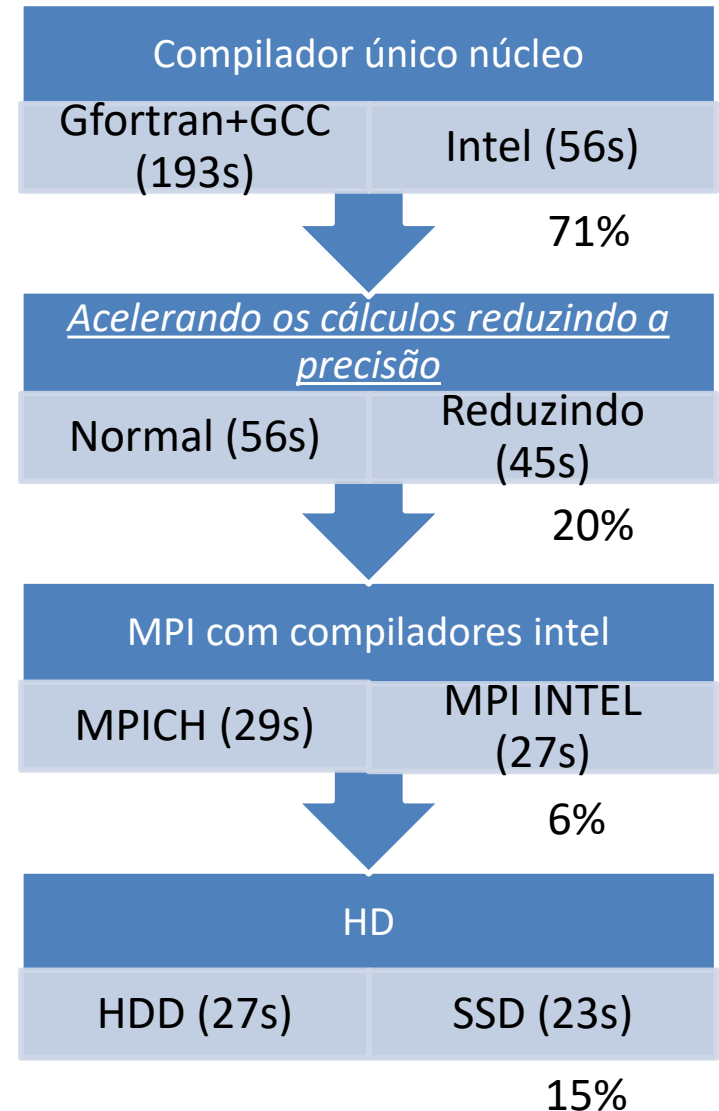
Servidor interno:

- Intel Xeon 40 core
- Memória 256GB

3º Alternativa:

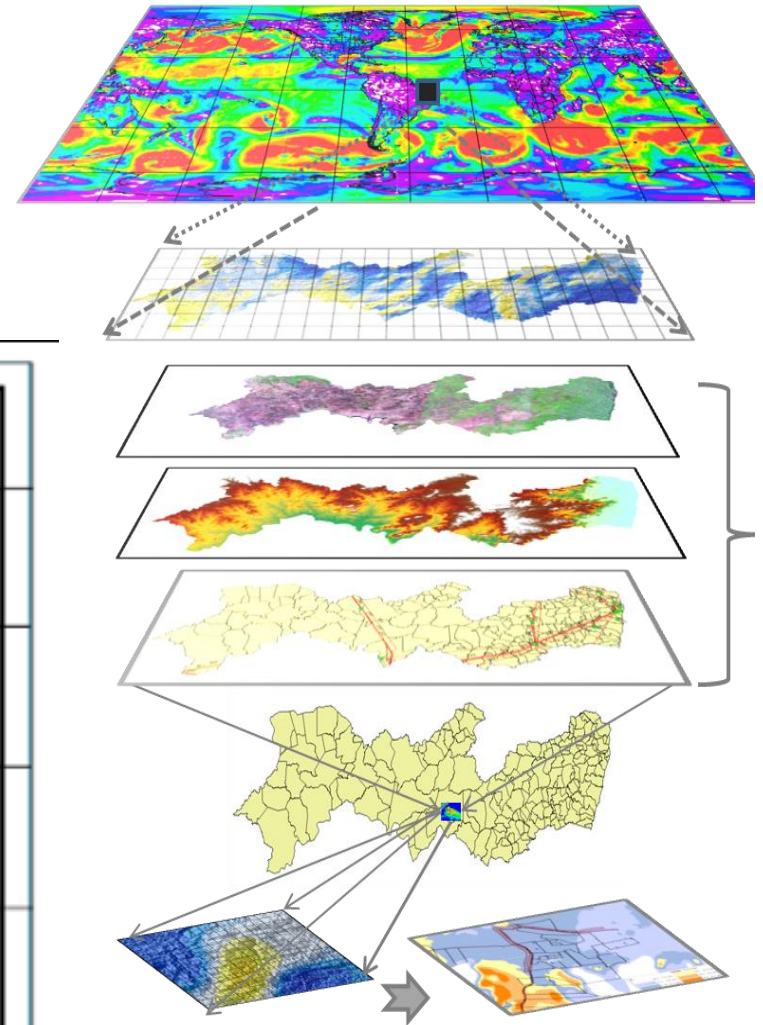
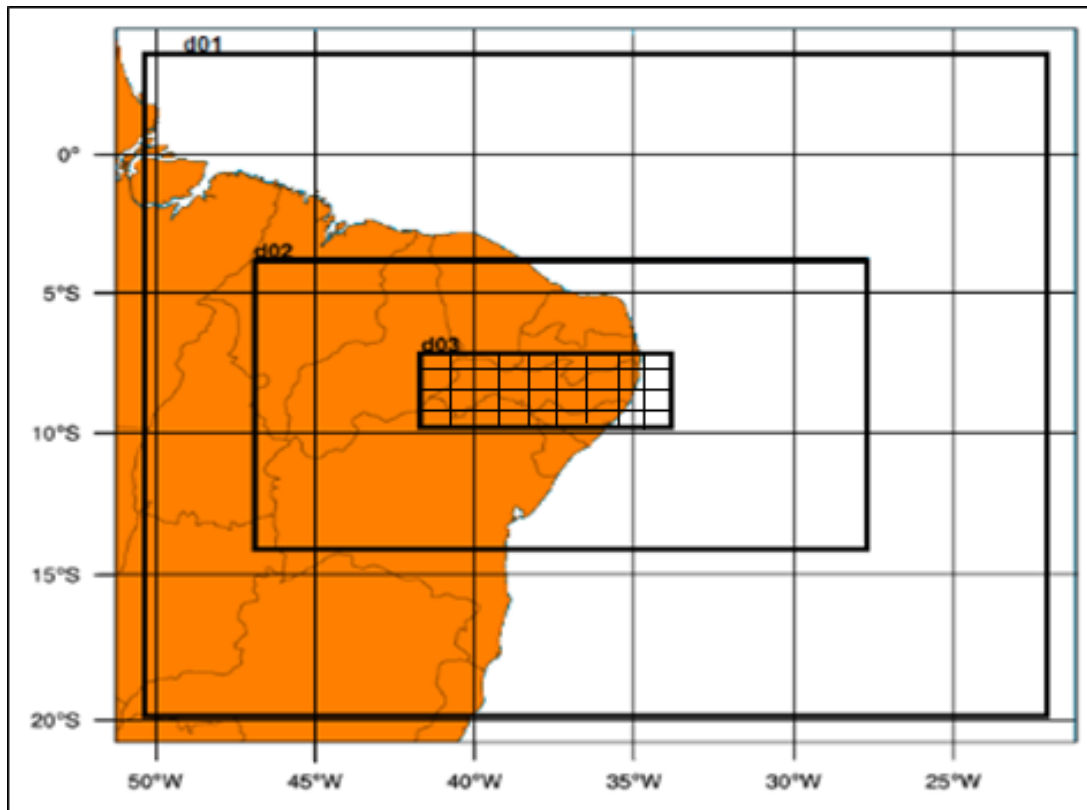
Maquinas de pequeno porte:

- Intel i7
- Memória 8GB



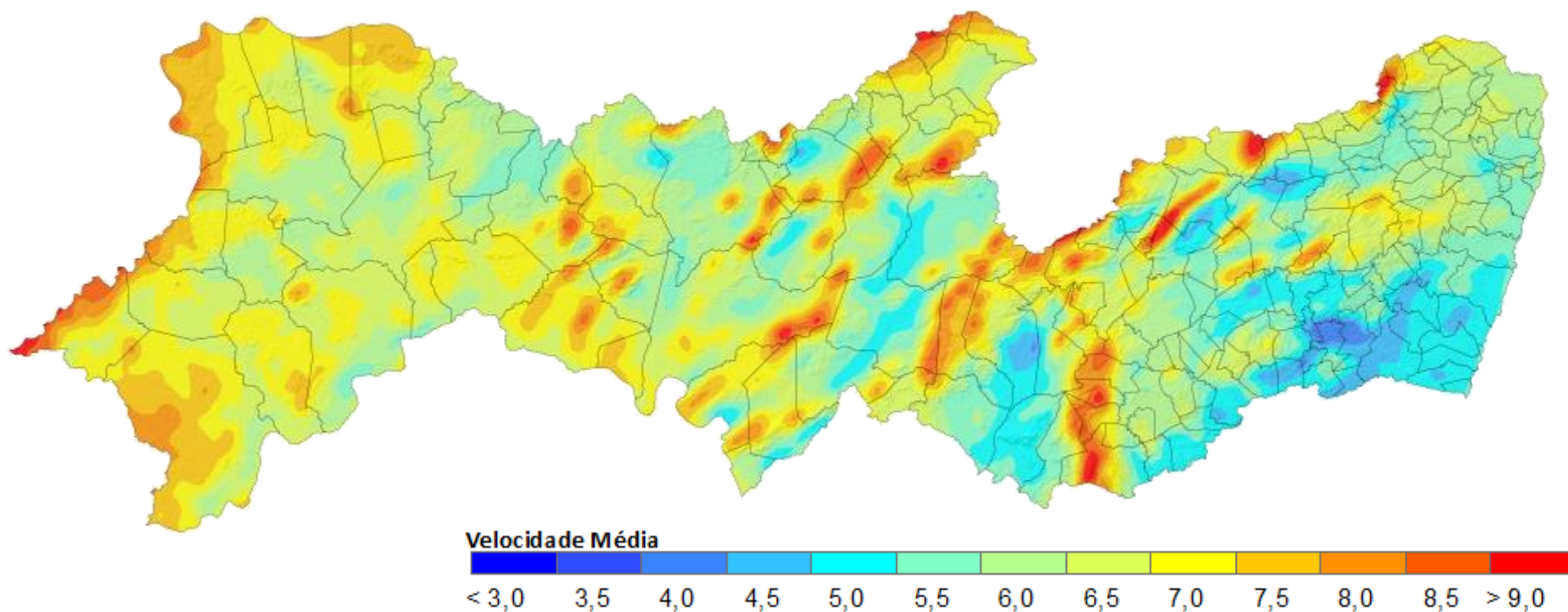
Nesting

D01 – A grade de aproximadamente 50 x 50 km MERRA;
D02 – Segunda com 12,5 x 12,5 km;
D03 – A terceira 2,5 x 2,5 km.

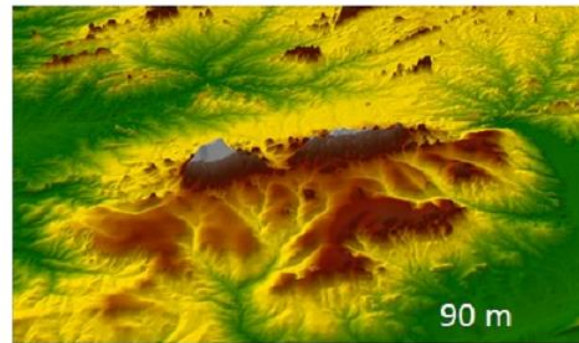
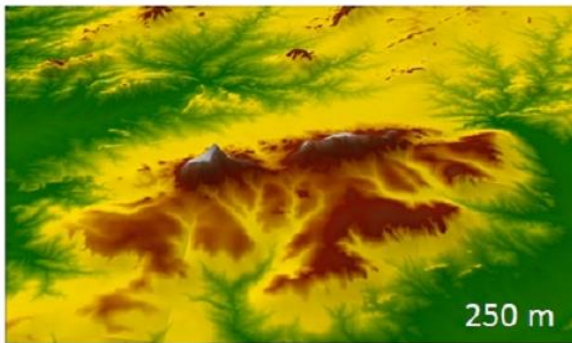
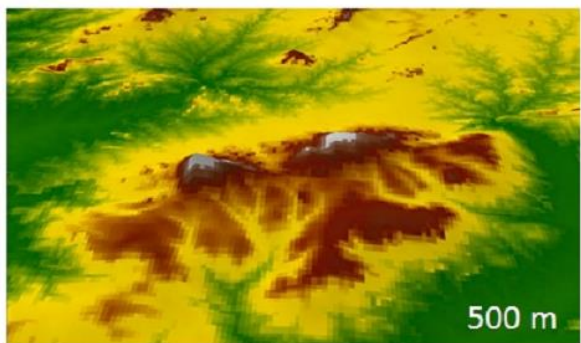
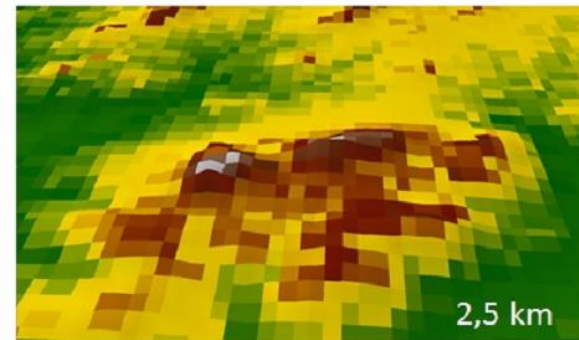
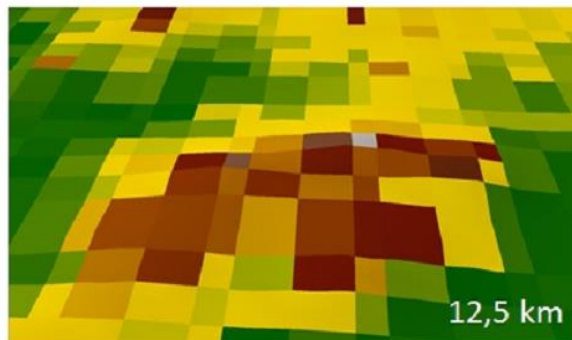
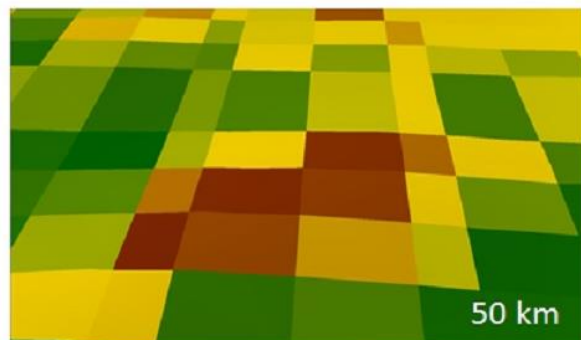


Primeiros Resultantos

Velocidade do Vento Média Anual (m/s) em 100 metros de altura,
resultado do D3 2,5km

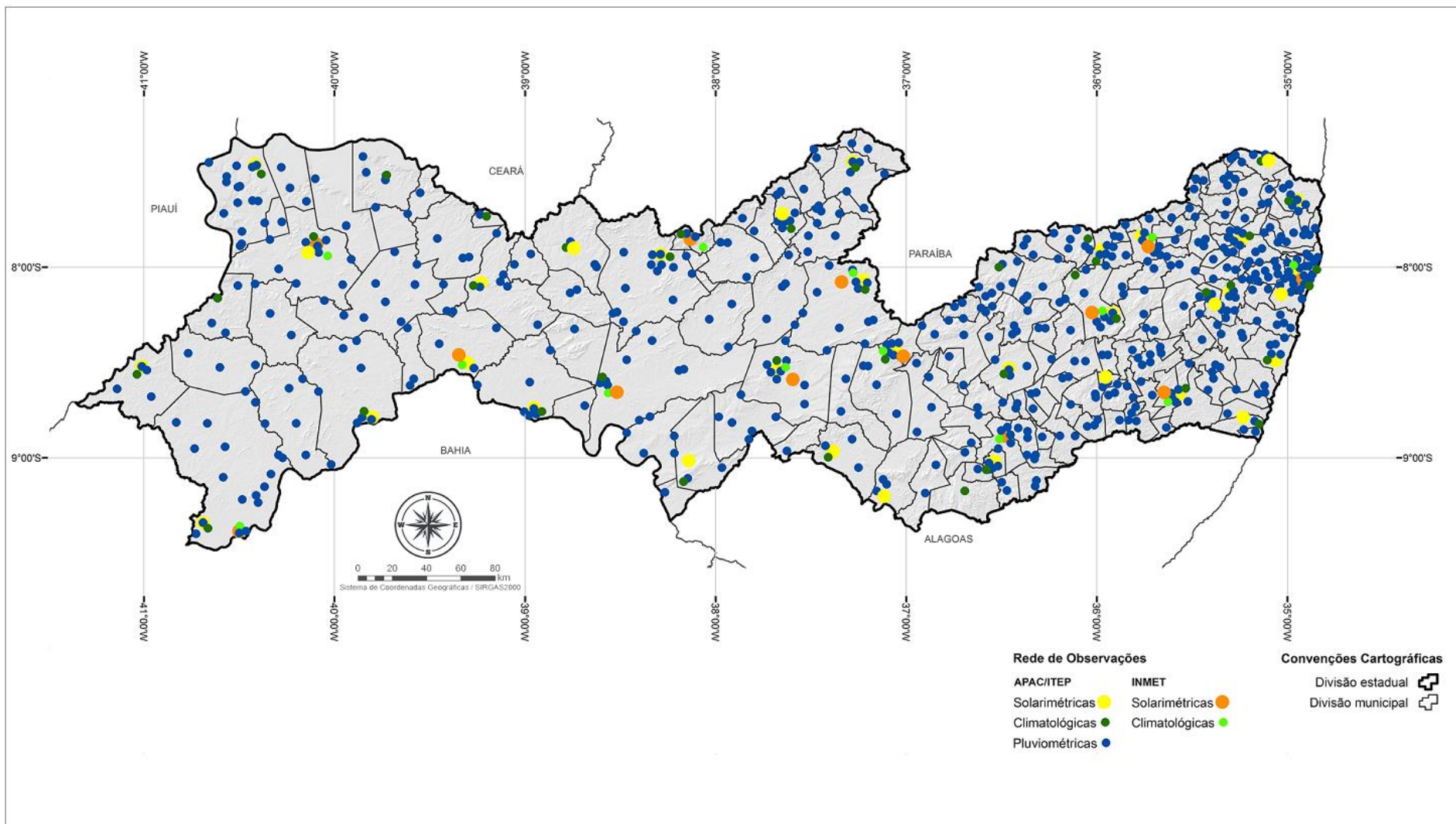


Nesting do Atlas Eólico de PE

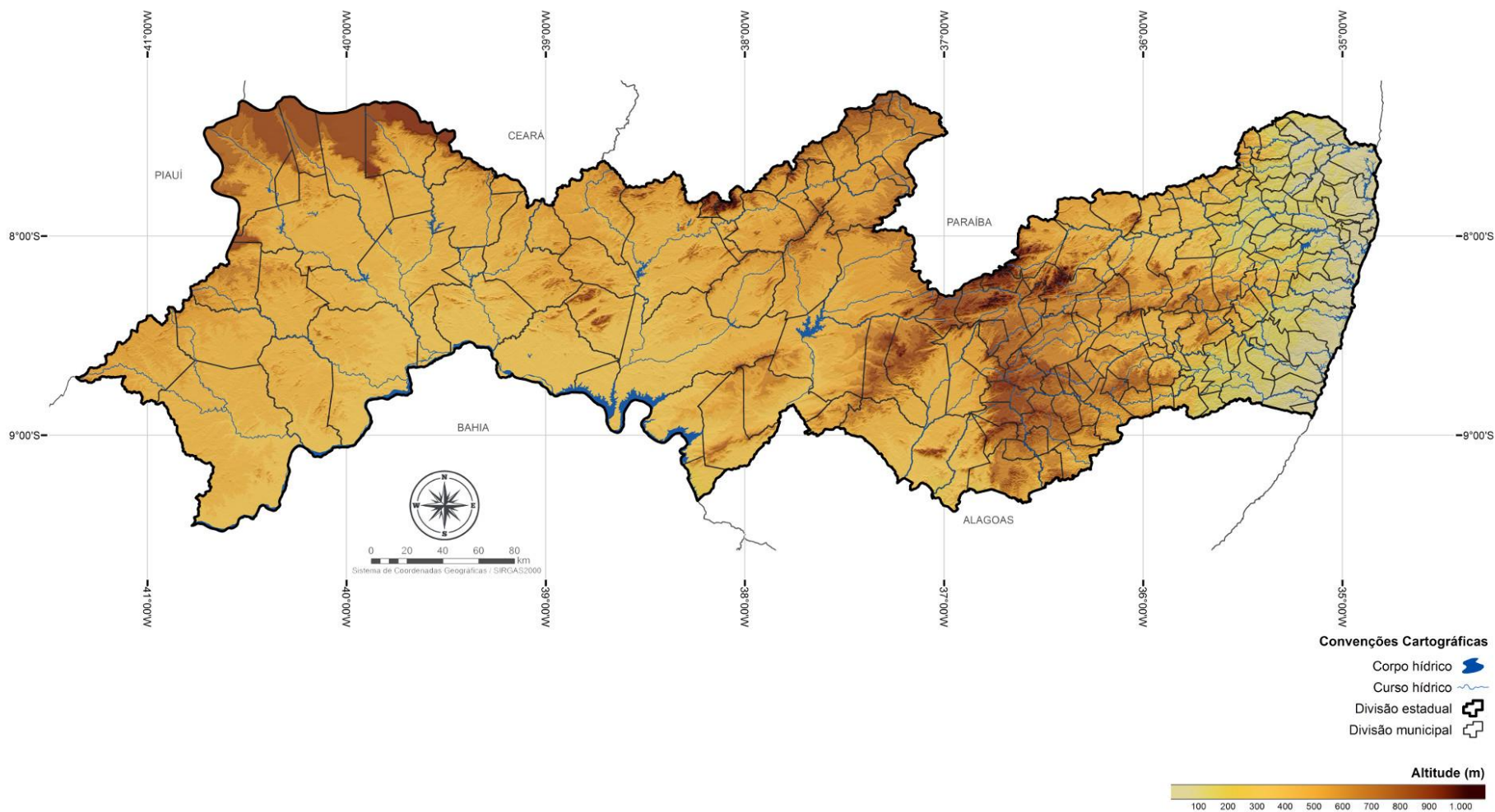


11

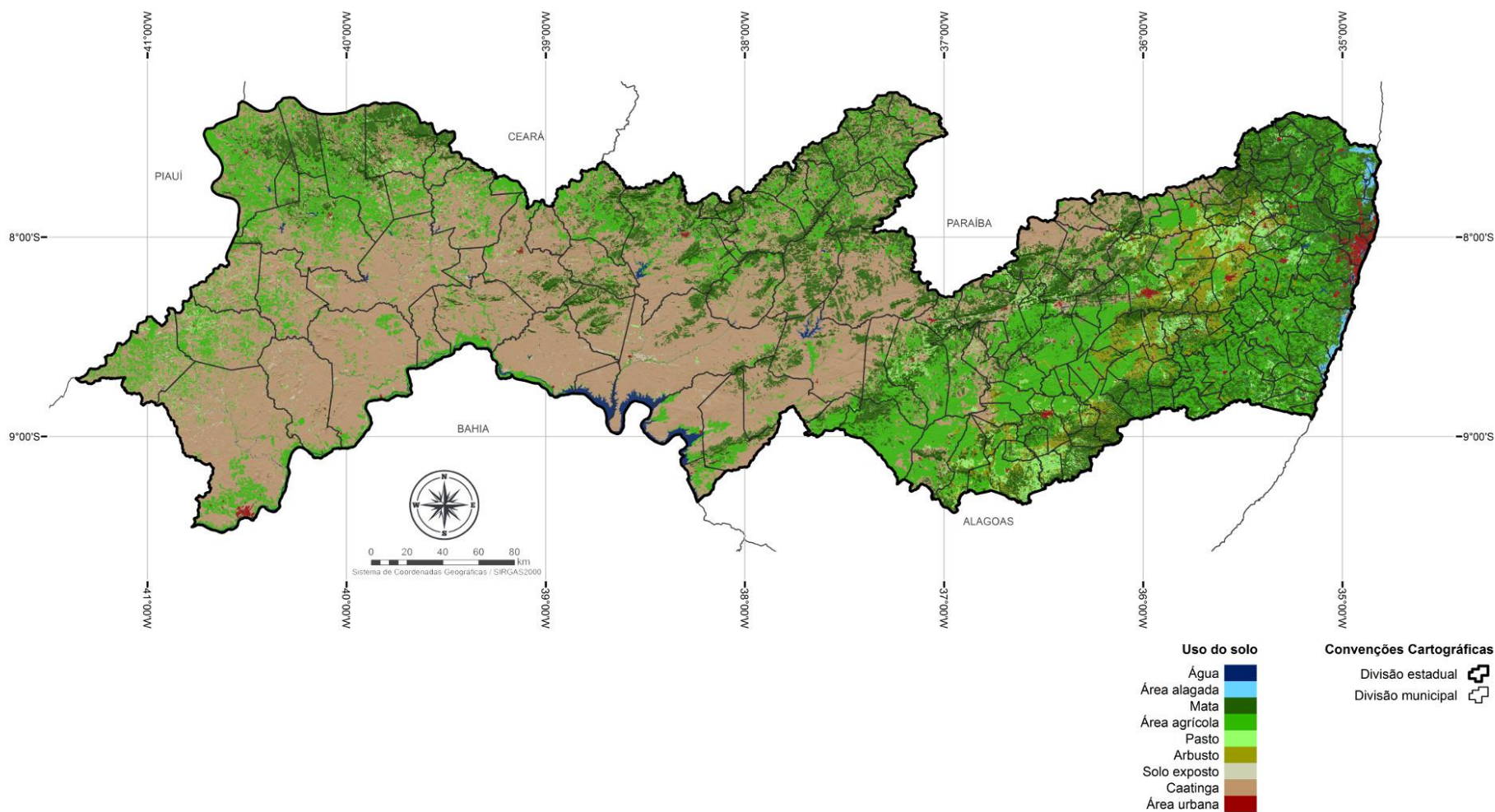
Base de Dados para Atlas



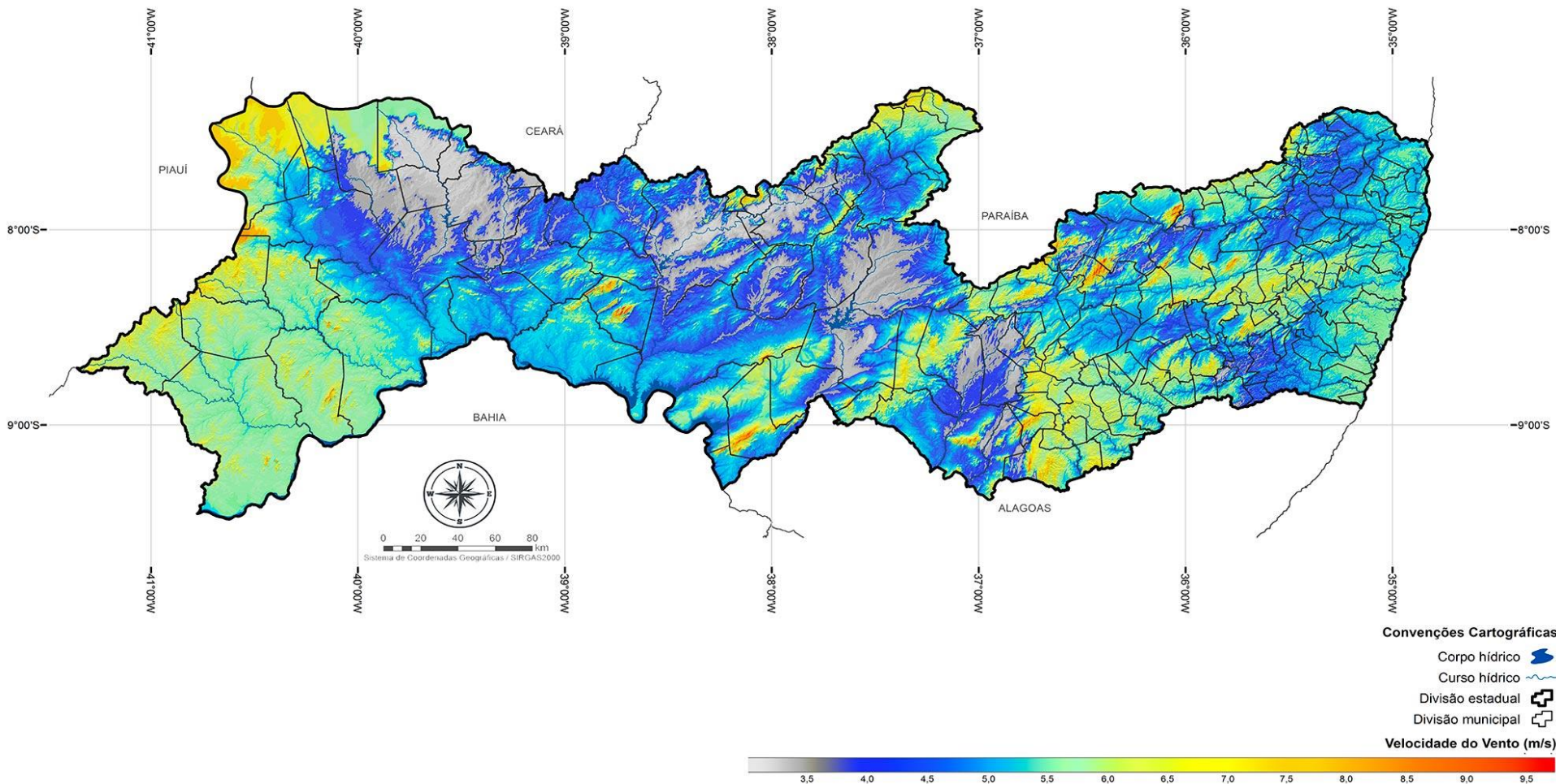
Topografia SRTM 30m



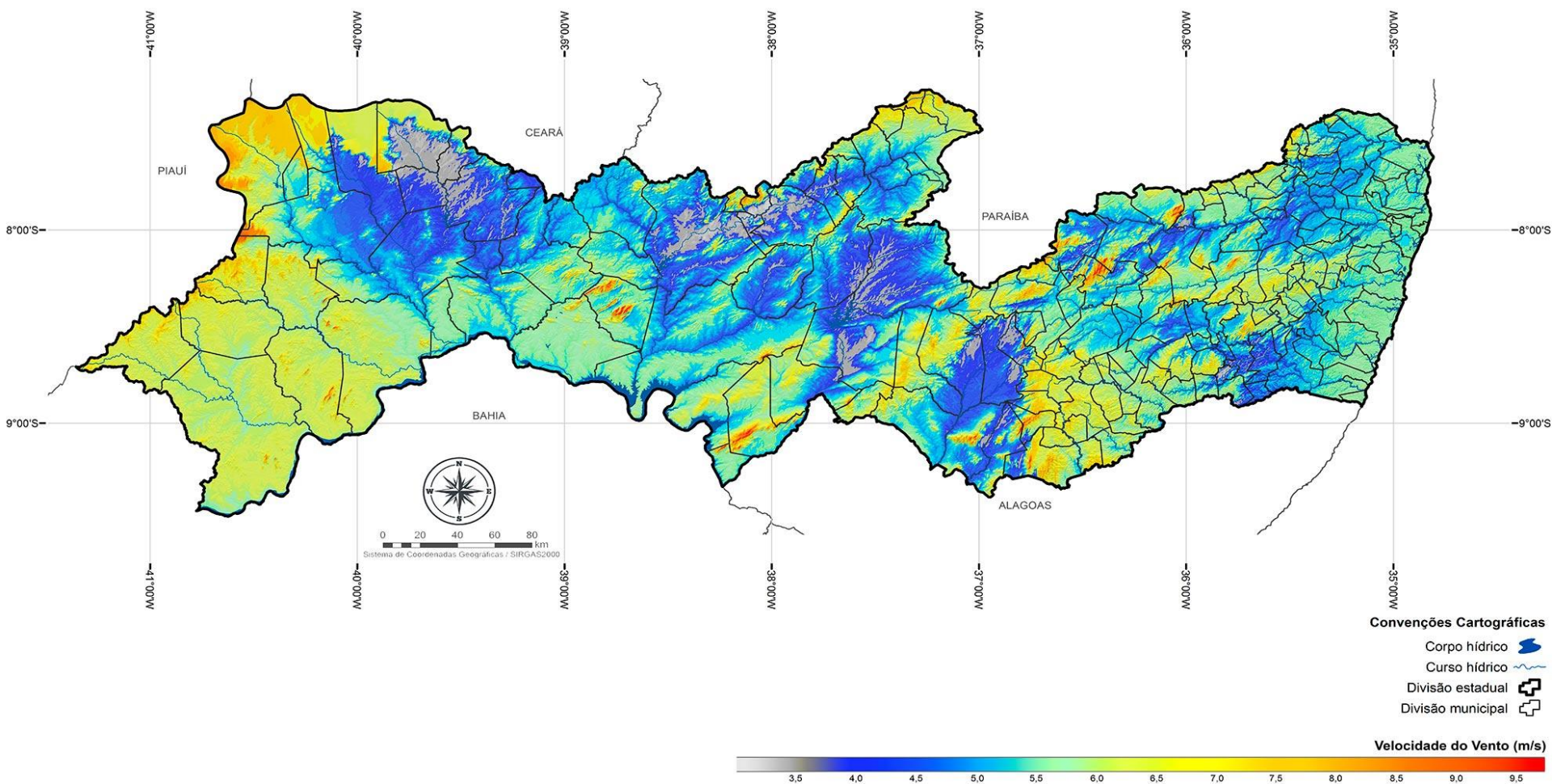
Uso do Solo Resolução 30m



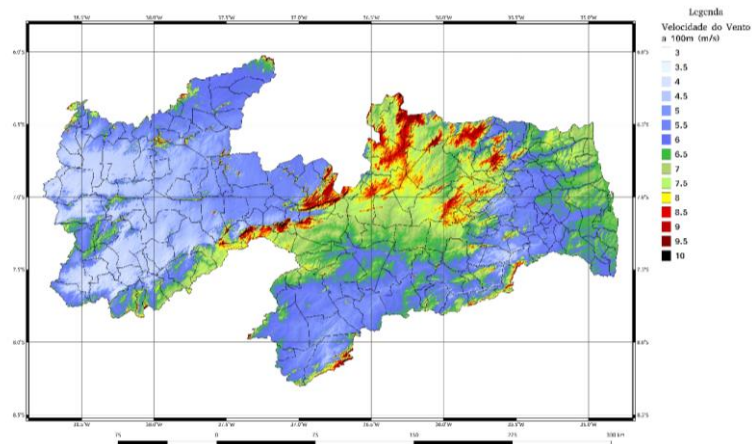
Velocidade do Vento Anual a 100 m de Altura



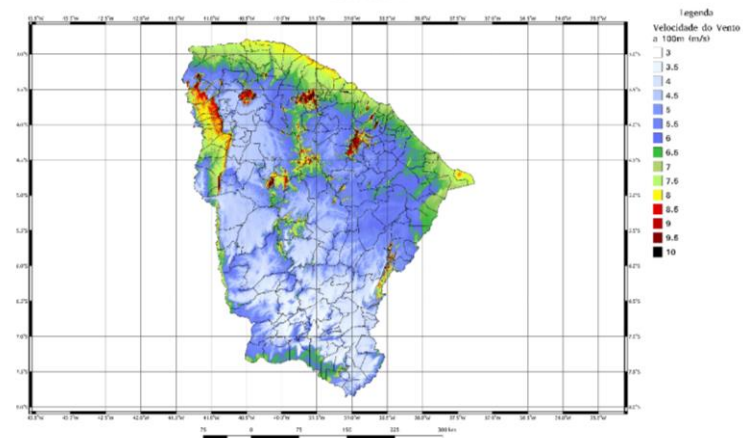
Velocidade do Vento Anual a 140 m de Altura



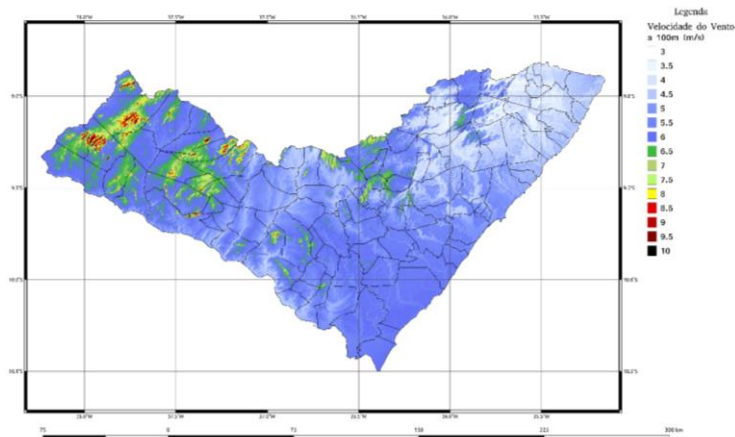
RECURSO EÓLICO PARAÍBA



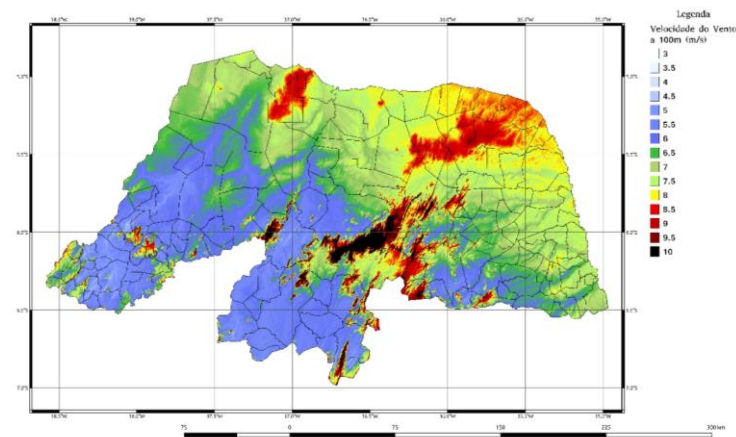
RECURSO EÓLICO CEARÁ



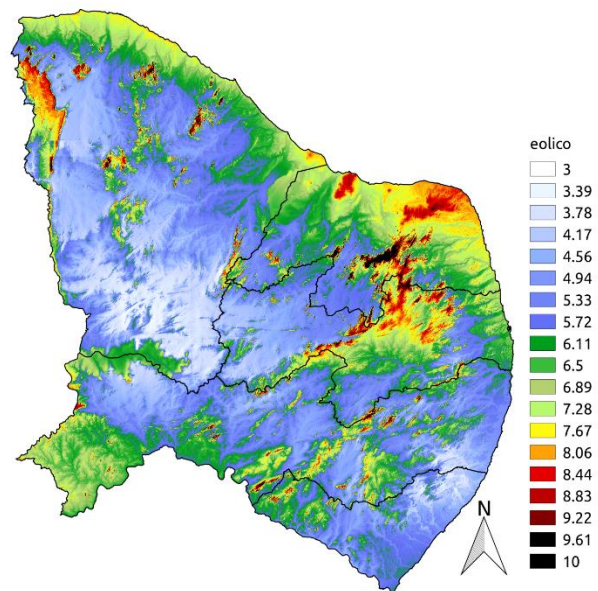
RECURSO EÓLICO ALAGOAS



RECURSO EÓLICO RIO GRANDE DO NORTE

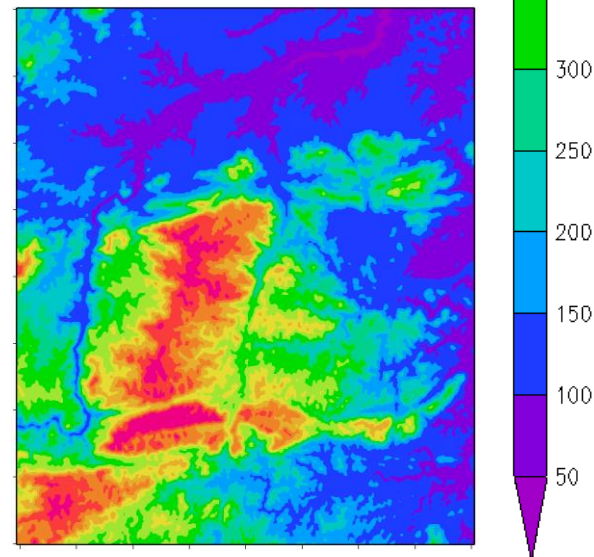


Atlas Eólico 100m

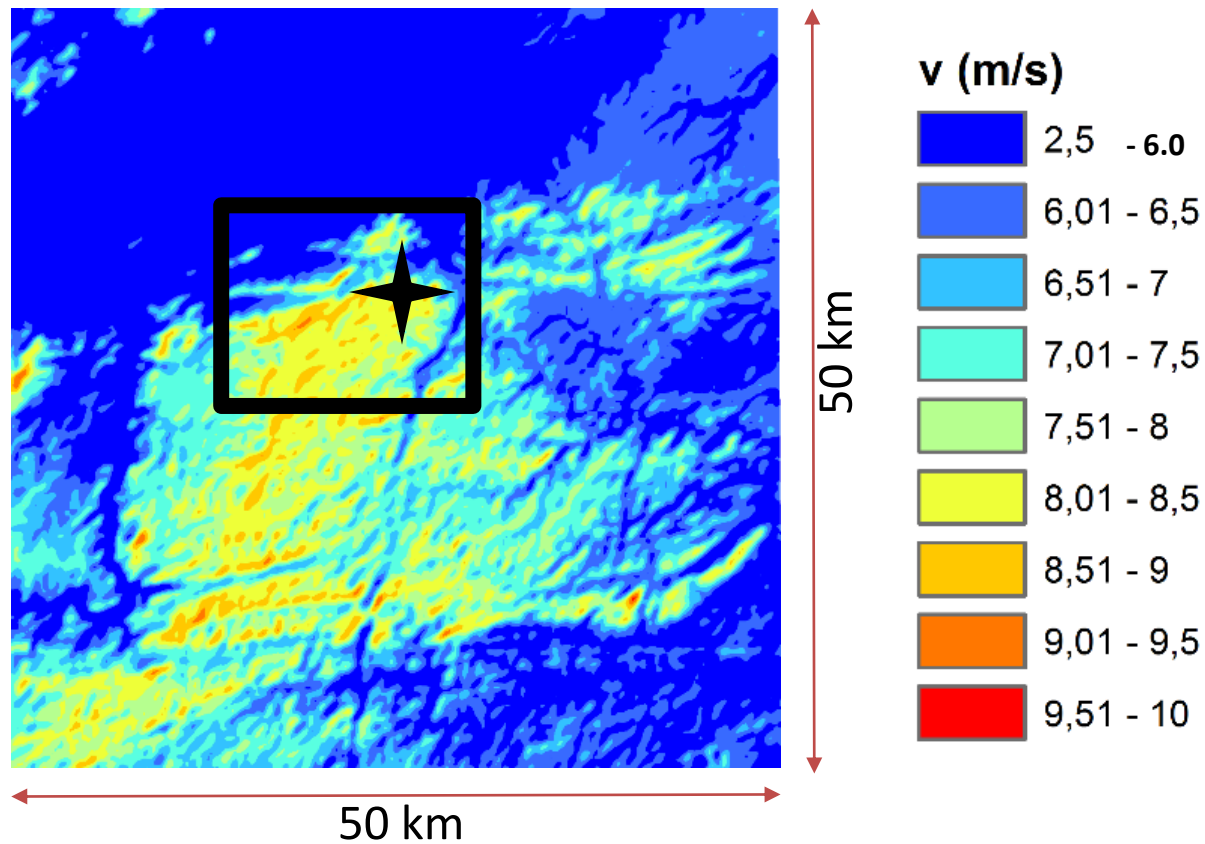


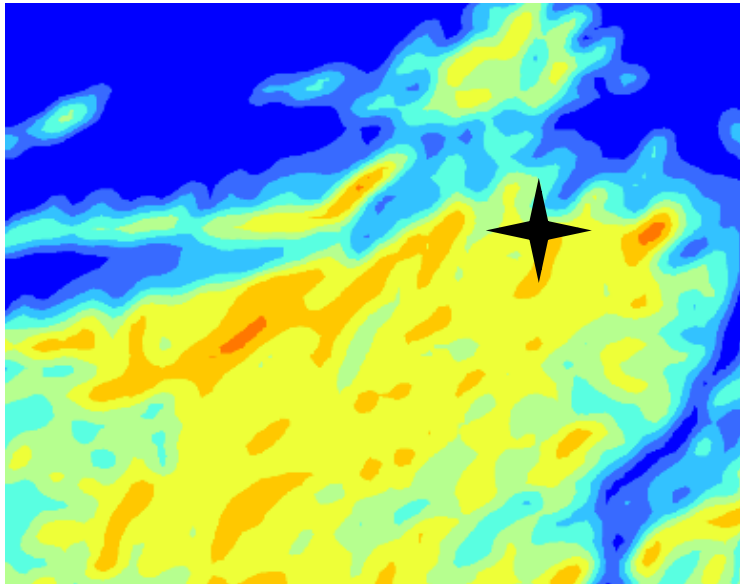
Validação do modelo

- Topografia complexa (Mata Norte de PE)
- Alturas de 100m, 80m e 50m
- 50km x 50km (Resolução ~250m)
- Dados Meteorologicos Merra1

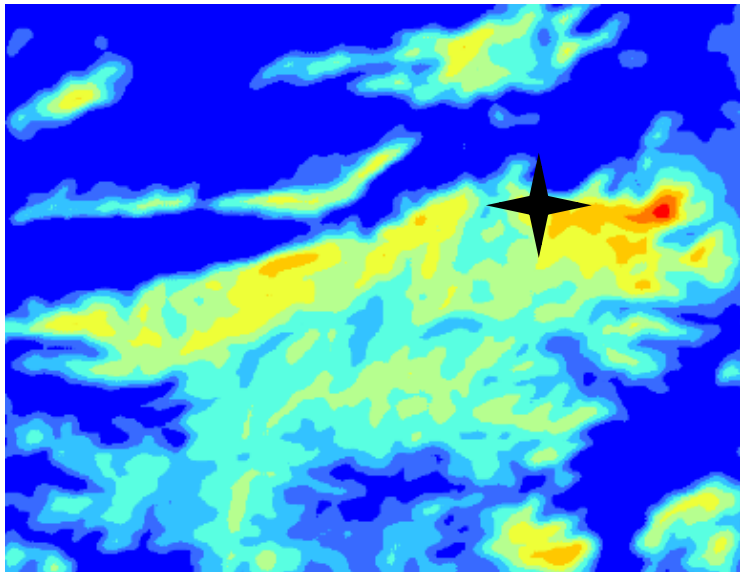


Prospecção de vento - Resolução 250m



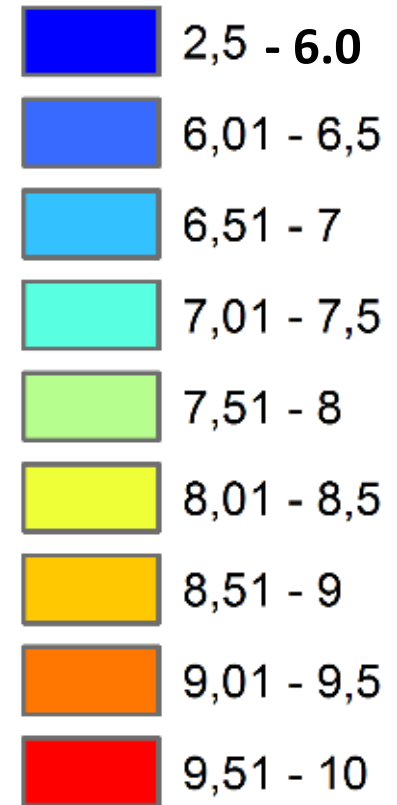


**WRF
250m**



**Wind Sim CFD
30m**

v (m/s)



Validação do modelo wrf

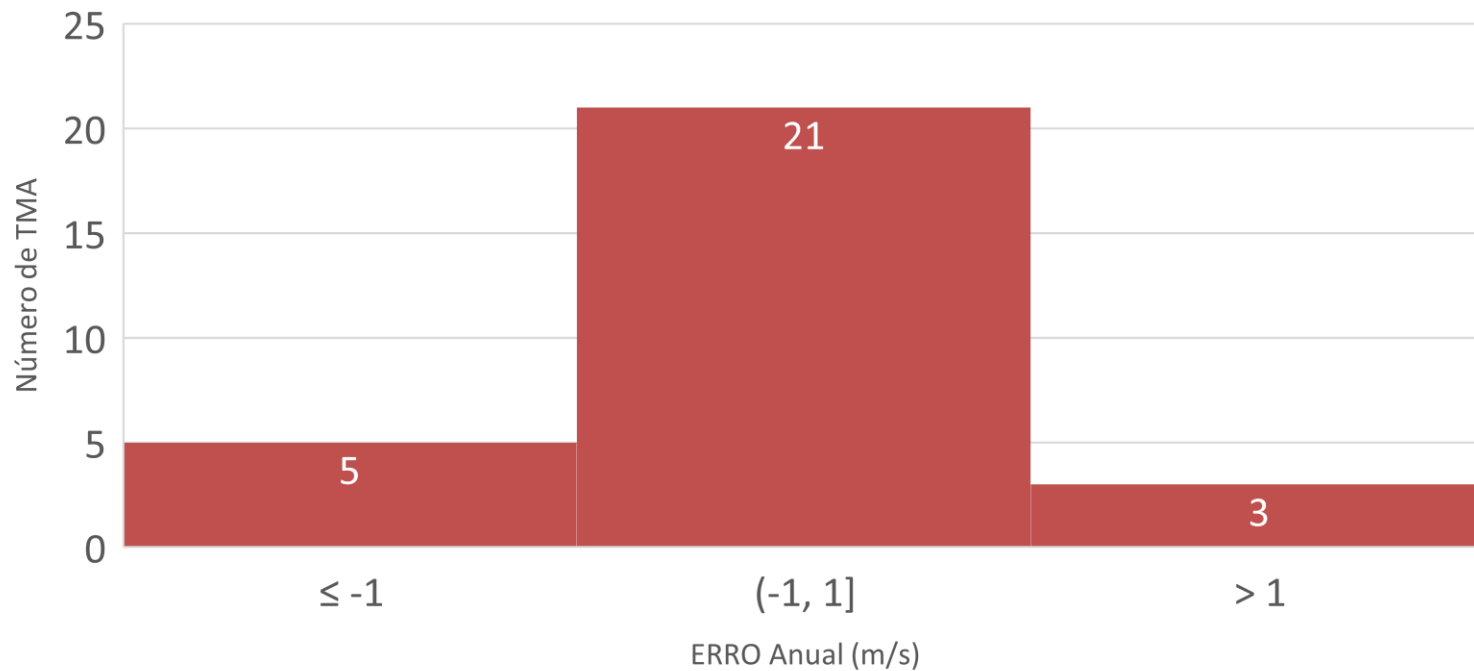
WRF x Obs(TMA)

Altura	WRF	Obs	Bias
100m	8.00	8.06	-0.06
80m	7.86	7.81	0.05
50m	7.56	7.35	0.21

Dados Válidos 12 meses*

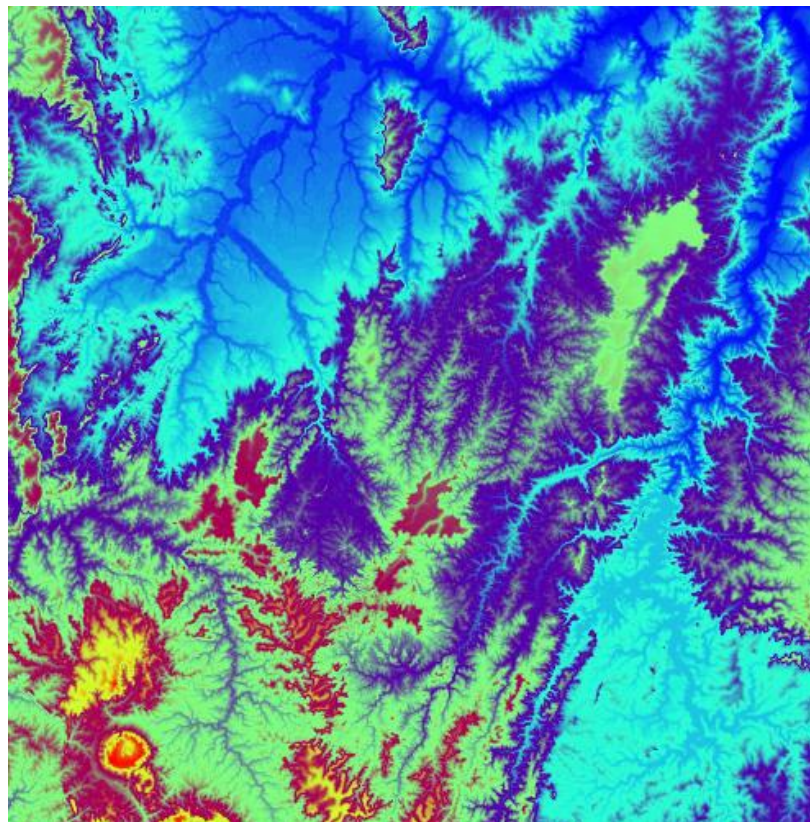
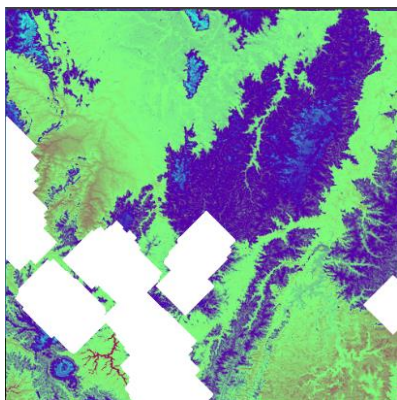
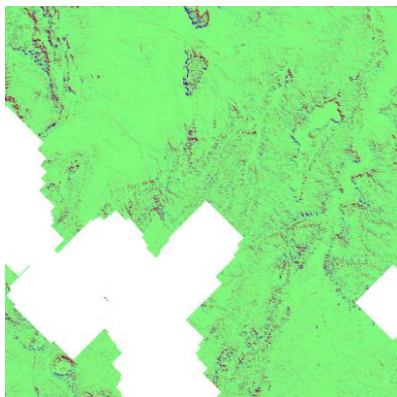
Validação do modelo wrf

Em todo o Nordeste para um total de 29 torres,



Problemas encontrados

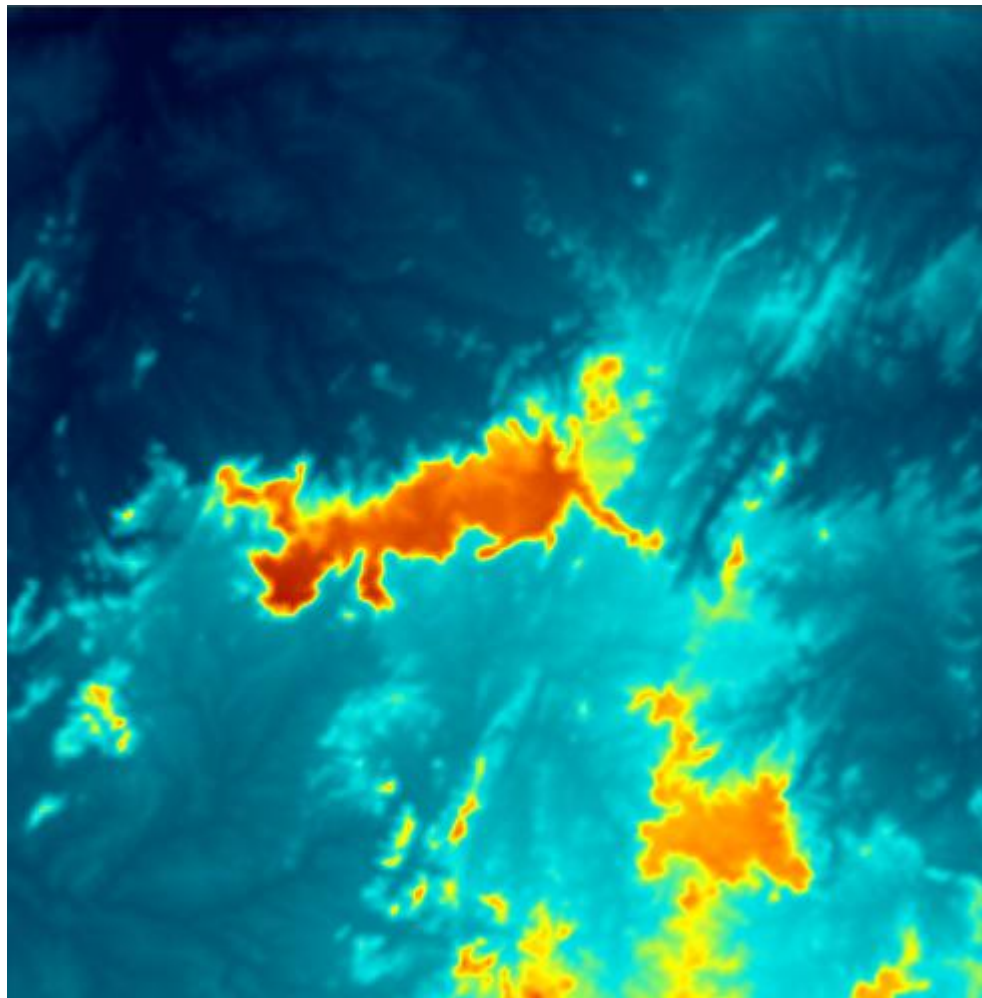
Os erros de **CFL** são geralmente causados por ventos verticais que são muito rápidos para serem resolvidos pelo WRF.



Simulações com o modelo wrf



CERRO CORA



Topografia



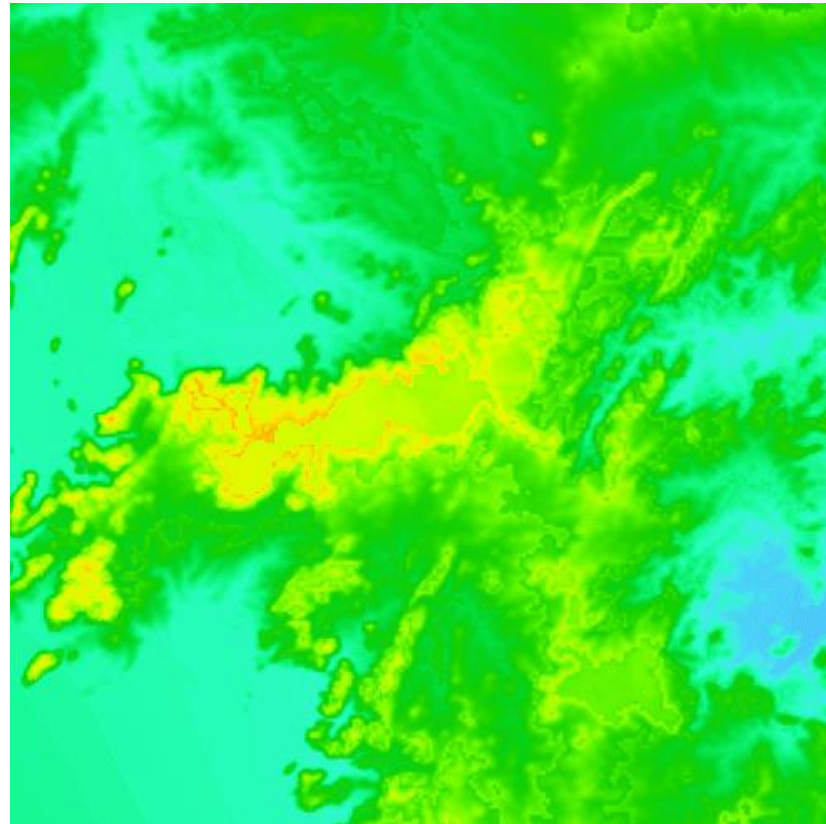
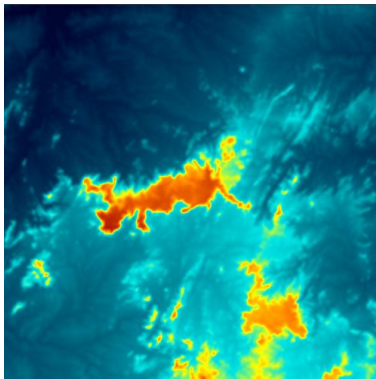
CERRO CORA

Inicial 2012-01-01_00:00:00

Final 2012-01-01_06:00:00

Timestep = 1 minuto

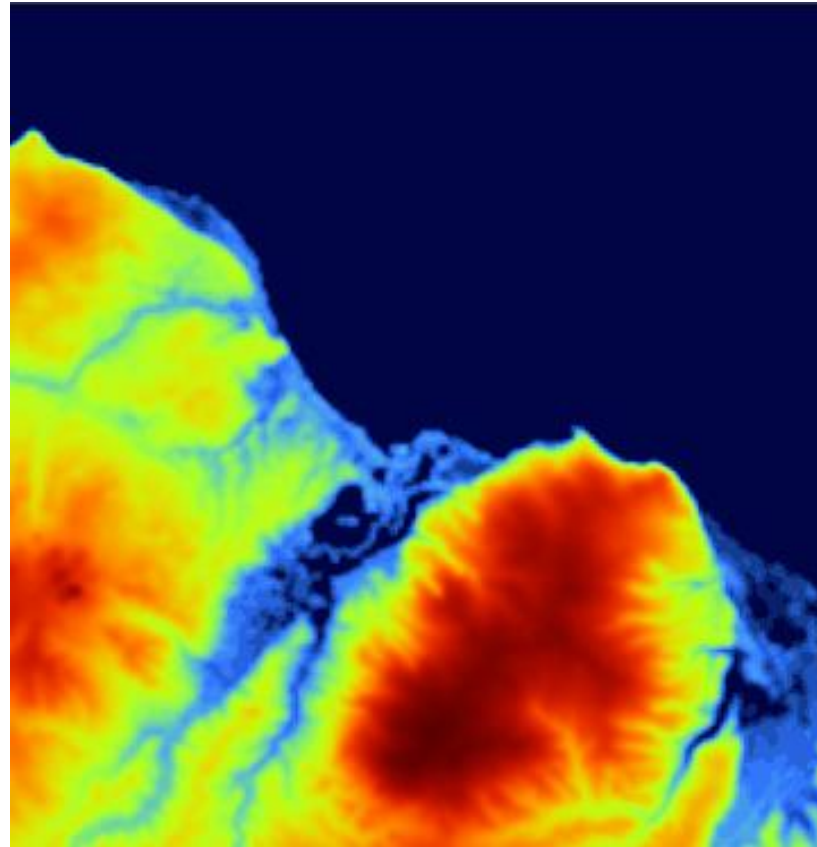
Topografia



Velocidade do vento 180m



SERRA DO MEL



Topografia



SERRA DO MEL

Inicial 2012-01-01_00:00:00

Final 2012-01-01_06:00:00

Timestep = 1 minuto

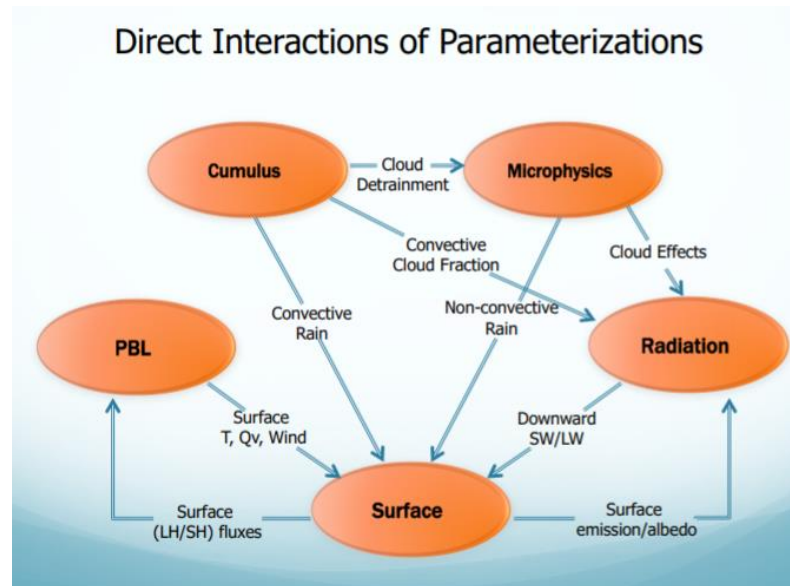
Componente V 10m

Componente U 10m



Conclusão

- Otimização e melhorias para cada tipo de “modelo”:
 - Desenvolvimento de Atlas;
 - Estudos Climáticos;
 - Previsão do tempo;
 - Pesquisas de inúmeras variáveis e aplicação.





Aeroespacial Tecnologias em Energia e Sistemas Renováveis Ltda.

Endereço:

Rua comendador Didier, 285

Piedade – Jaboatão dos Guararapes – 54400-160

Telefone:

+55 (81) 3037-5098

adriano@aeroespacial.eng.br

www.aeroespacial.eng.br

