

# Simulações do Perfil Vertical do Vento na Camada Limite Planetária com o Modelo WRF - ARW Utilizando Diferentes Esquemas de Parametrizações

**Everton de Almeida**

Unipampa

**Marcelo Romero**

Unipampa

**Alejandro Gutiérrez**

FING-UdelaR

**Davidson Moreira**

CENAI/CIMATEC

# Conteúdo

- 1 Introdução
- 2 Área de Estudo
- 3 Cluster Yemoja
- 4 Configurações WRF-ARW
- 5 Análise Dados Colonia Eulacio
- 6 WRF-ARW Vs Colonia Eulacio
- 7 Conclusões

# Introdução

- ⇒ Modelo WRF-ARW (Weather Research and Forecasting - Advanced Research WRF), [1] Skamarock et. al (2008).
- ⇒ Modelo numérico de circulação atmosférica.
- ⇒ Utilizado para pesquisas na área de meteorologia e previsão numérica do tempo.
- ⇒ Free Download - Open Source.
- ⇒ Permite realizar distintas configurações (resoluções 3D, parametrizações físicas, assimilação de dados).

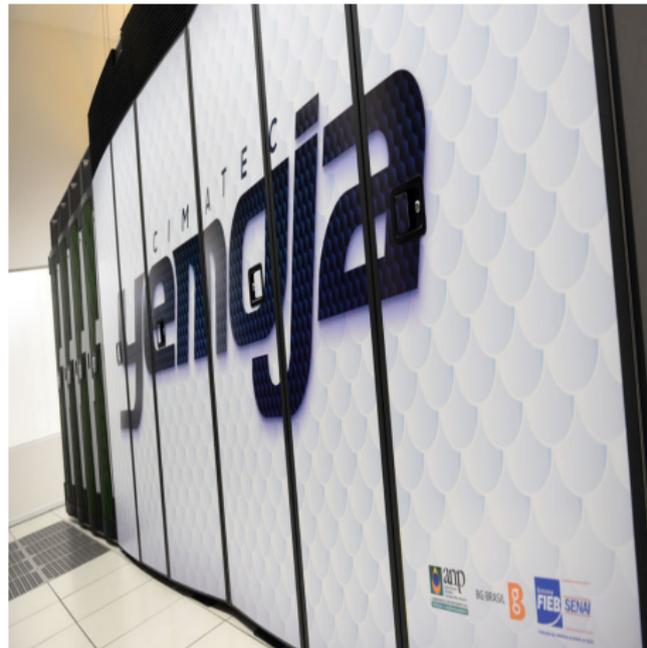
## Área de Estudo

- ⇒ Torre de medição Colonia Eulacio, Soriano, Uruguay.
- ⇒ Seção Triangular, 100.8 metros de altura, 0.45 metros de largura.
- ⇒  $33^{\circ}16'S$ ,  $57^{\circ}31' O$  (Datum WGS84).
- ⇒ Aproximadamente 100 metros de altitude.
- ⇒ Período analisado: 08/08/2014 até 07/08/2015 (10.1 metros e 101.8 metros).
- ⇒ Área de terreno não-complexo.



# Cluster Yemoja

- ⇒ Centro de Supercomputação SENAI/CIMATEC, Salvador - Bahia.
- ⇒ 860 nós computacionais.
- ⇒ Total de 17.680 núcleos = 17.200 CPU cores + 480 Xeon Phi cores.
- ⇒ Capacidade de disco = 1.7 PB.
- ⇒ Memória RAM de 132 TB.
- ⇒ Sistema Operacional - Linux Red Hat Enterprise. (TOP 500, posição 323, Junho 2016).



# Configurações WRF-ARW

- ⇒ 2 domínios de resoluções horizontais de 18 km (d01) e 6km (d02).
- ⇒ Número pontos de malha: d01= 101x101 e d02= 106x112 [Wei Wang, Best Pratics, 2016], (Projeção cartográfica Lambert).
- ⇒ 41 níveis verticais de pressão (eta levels).
- ⇒ Alturas aproximadas (eta levels) = **12**, 37, 58, 75, 92, **104**, 113, 121, 130, 138, 146, 155, 163 metros.
- ⇒ Modelo de uso do solo: MODIS 2010 (FING-UdelaR), 20 classes e resolução espacial de 15s (aproximadamente 500 metros).
- ⇒ Condição de contorno: GFS 0.5 graus (aproximadamente 56 km).

Introdução

Área de Estudo

Cluster Yemoja

Configurações WRF-ARW

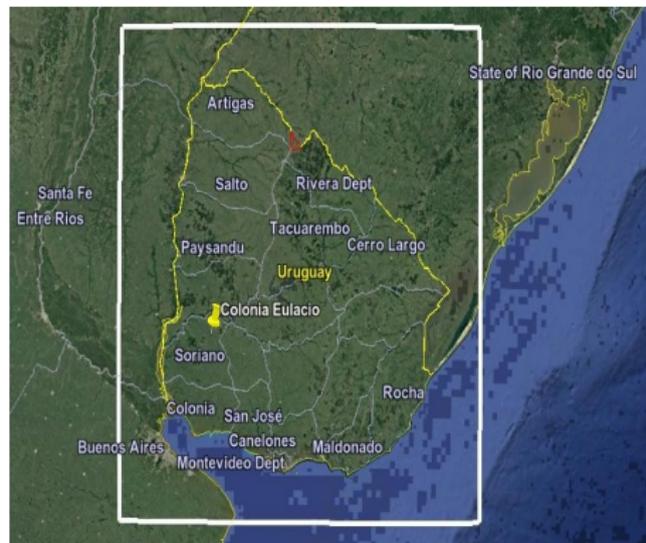
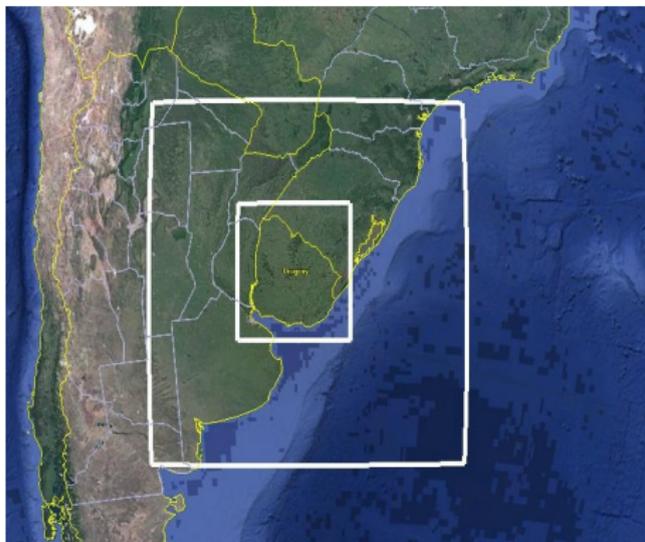
Análise Dados Colonia Eulacio

WRF-ARW Vs Colonia Eulacio

Conclusões

Configurações WRF-ARW

# Configurações WRF-ARW



# Configurações WRF-ARW

## ⇒ Seção “physics” (fixas)

→ Microfísica: Lin (Purdue)

→ Radiação onda longa: RRTM

→ Radiação onda curta: Dudhia

→ Superfície do solo: difusão termal

→ Cumulus (nuvens): Kain-Fritsch

→ iz0tIInd: ativado

→ num\_soil\_layers: 4 (Noah Land Surface Model)

→ sf\_surface\_mosaic: ativado (Noah LSM)

→ isfflx: ativado

→ icloud: ativado

# Configurações WRF-ARW

## ⇒ Seção “physics” (variáveis)

⇒ bl\_pbl\_physics (4 parametrizações)

→ Yonsei University (YSU)

→ Mellor-Yamada-Janjic (MYJ)

→ Bougeault-Lacarrère (Boulac)

→ Grenier-Bretherton-McCaa (GBM)

## ⇒ Seção “physics” (variáveis)

⇒ sf\_sfclay\_physics (2 parametrizações)

→ Revised MM5 Monin-Obukhov (Jimenez, V3.6)

→ Monin-Obukhov (Janjic Eta)

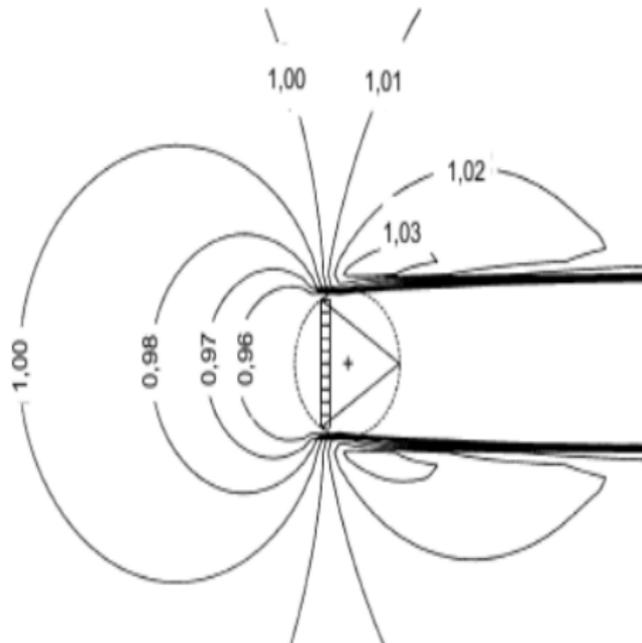
# Configurações WRF-ARW

| Parametrização de CLP | Parametrização de CLS |
|-----------------------|-----------------------|
| YSU                   | Rev. MM5              |
| MYJ                   | Janjic Eta            |
| Boulac                | Rev. MM5              |
| Boulac                | Janjic Eta            |
| GBM                   | Rev. MM5              |

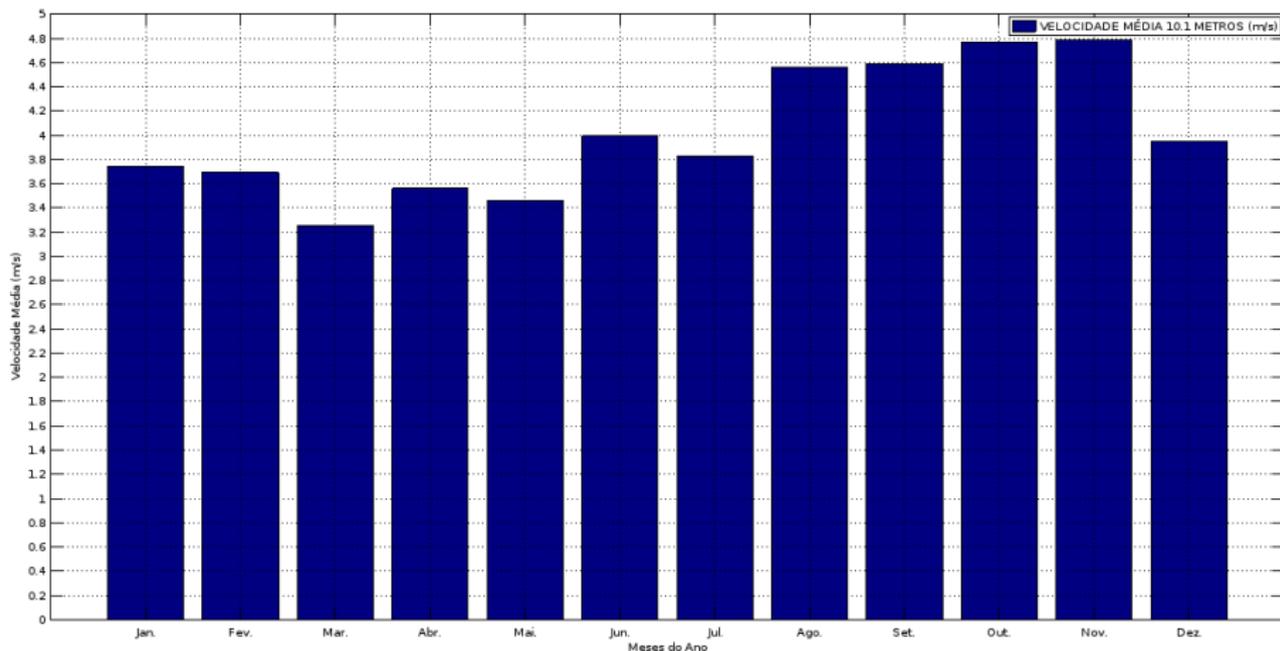
## Análise Dados Colonia Eulacio

- ⇒ Variável de interesse: velocidade média do vento (m/s)
- ⇒ Alturas : 10.1 e 101.8 metros
- ⇒ Período de análise: 08/08/2014 as 00:00 hrs até 07/08/2014 23:00 hrs
- ⇒ Processamento: dados faltantes, valores medidos, efeito esteira\*, dados 10 minutos - 1 hora.

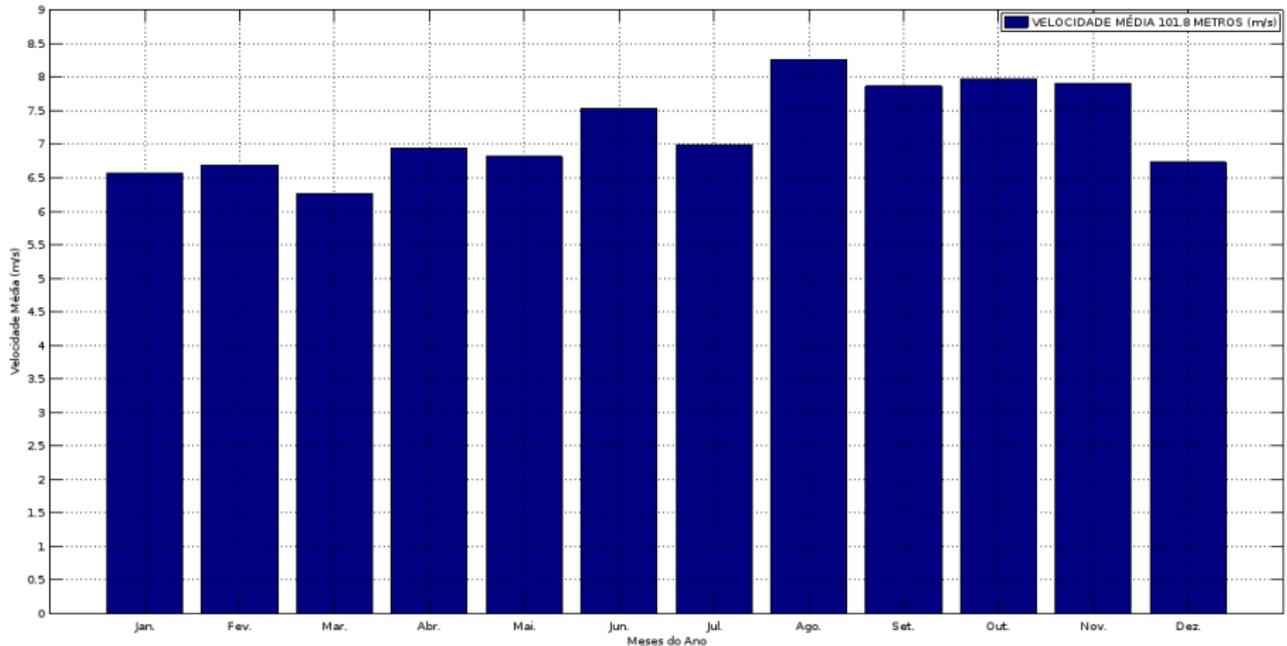
\* Torre seção triangular, IEC 61400-12-1 (2005).



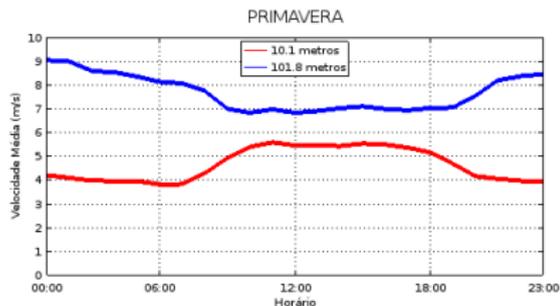
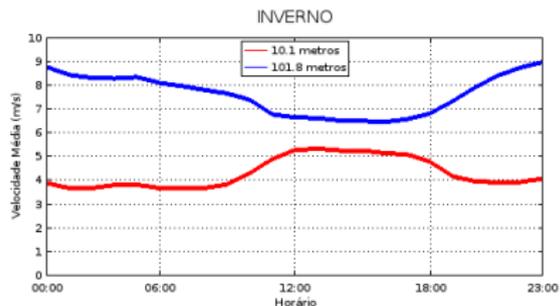
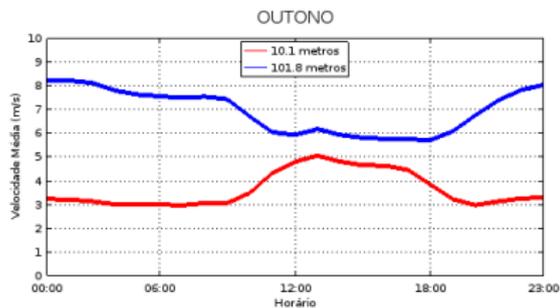
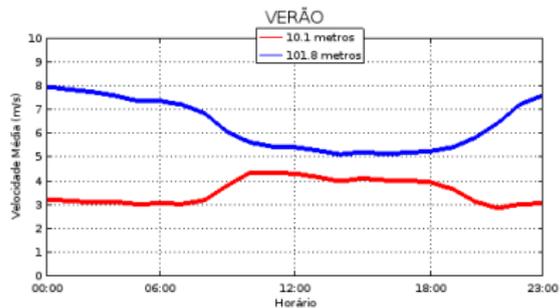
## 10.1 metros, vel. média mensal (m/s)



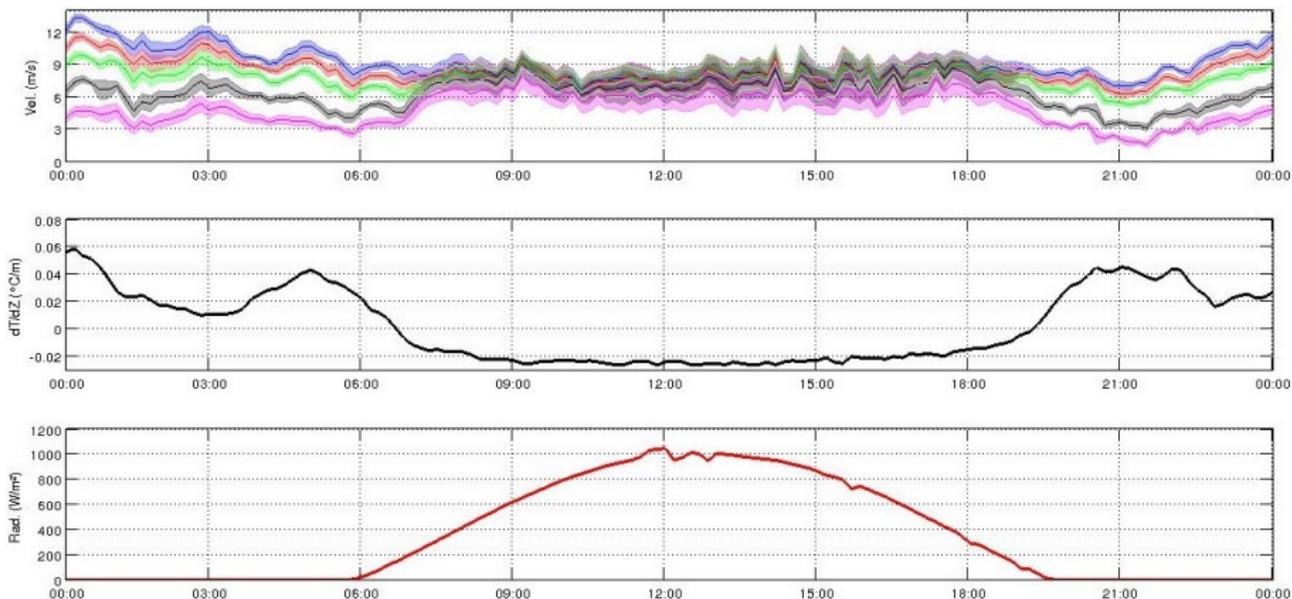
# 101.8 metros, vel. média mensal (m/s)



# Vel. média estacional (m/s) em período de 24 horas



# Ciclo Diário do Vento na CLP (Colonia Eulacio), Ciência e Natura, Santa Maria v.38 Edição Especial



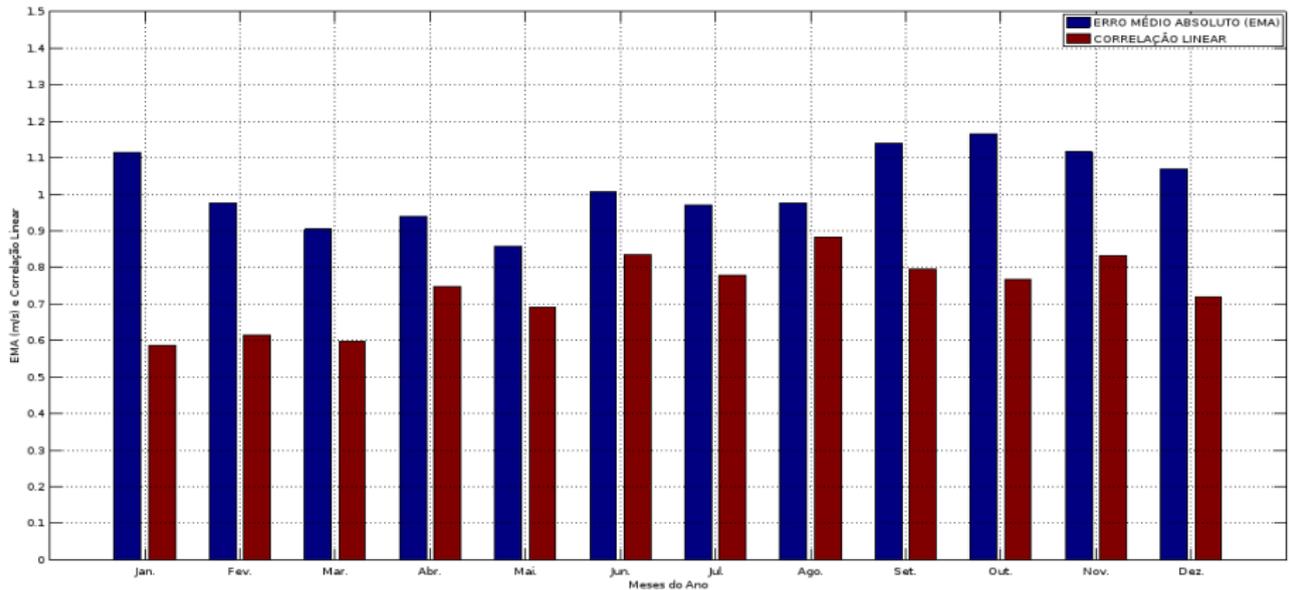
# WRF-ARW Vs Colonia Eulacio

- ⇒ Erro médio absoluto (EMA)
- ⇒ Correlação Linear
- ⇒ Comportamento dos parâmetros estatísticos de forma estacional
- ⇒ Comportamento dos parâmetros estatísticos de forma estacional e horária
- ⇒ Comportamento das 5 distintas simulações realizadas
- ⇒ **Qual comportamento das distintas simulações do WRF-ARW em diferentes períodos do ano e diário ???**

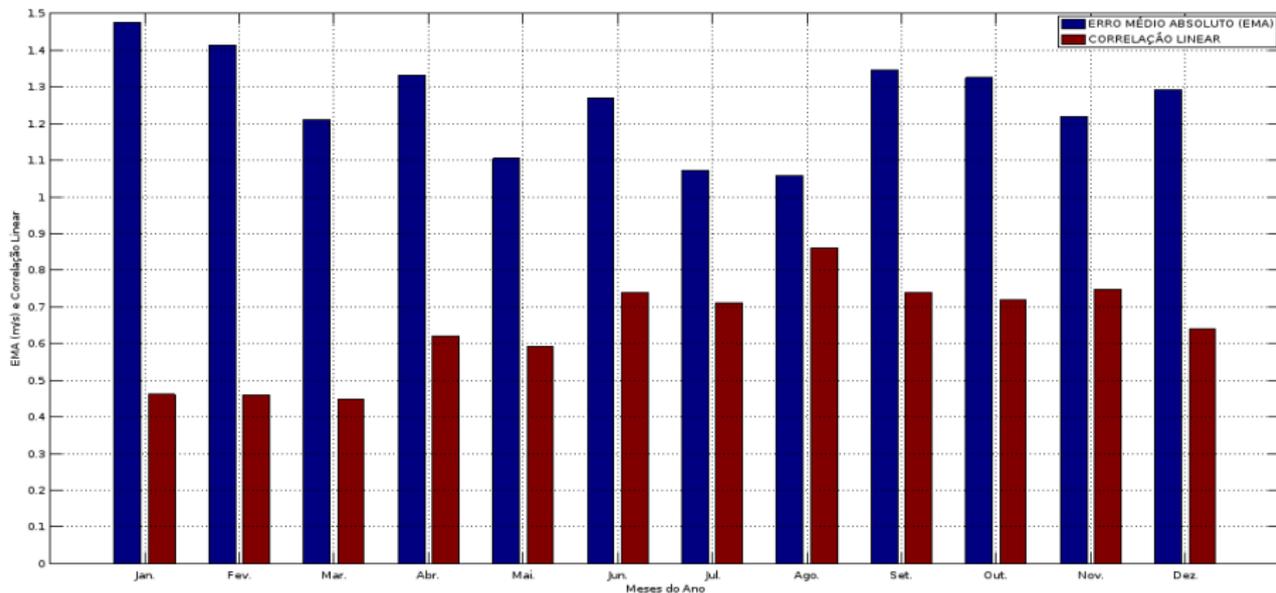
## EMA e Correlação (10.1 metros)

| Par. de CLP   | Par. de CLS       | EMA (m/s)   | Correlação  |
|---------------|-------------------|-------------|-------------|
| YSU           | Rev. MM5          | 1.08        | 0.73        |
| <b>MYJ</b>    | <b>Janjic Eta</b> | <b>1.02</b> | <b>0.76</b> |
| <b>Boulac</b> | <b>Rev. MM5</b>   | <b>1.26</b> | <b>0.69</b> |
| Boulac        | Janjic Eta        | 1.14        | 0.74        |
| GBM           | Rev. MM5          | 1.11        | 0.72        |

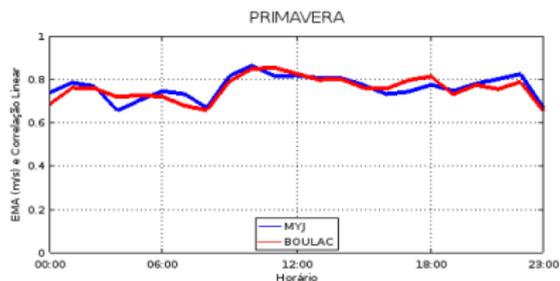
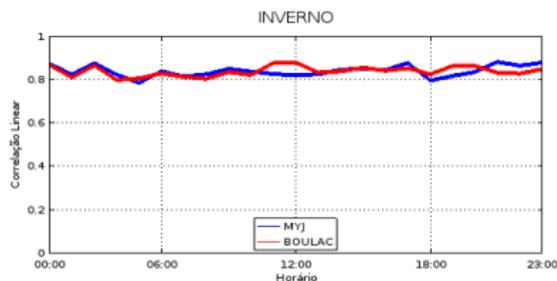
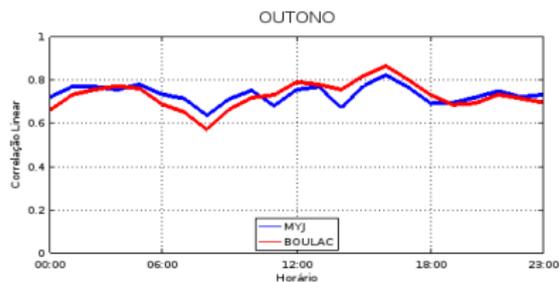
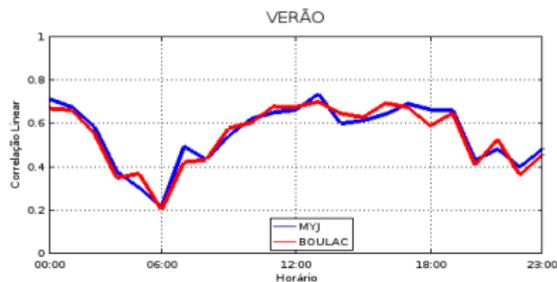
# MYJ, 10.1 metros



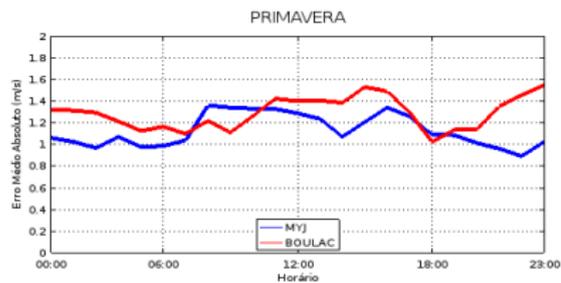
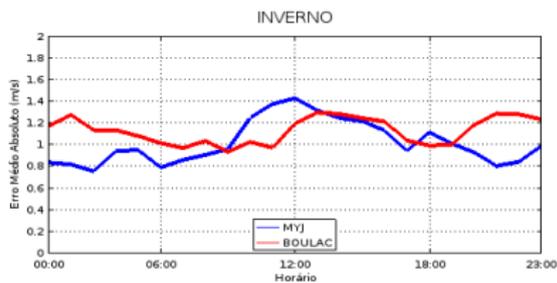
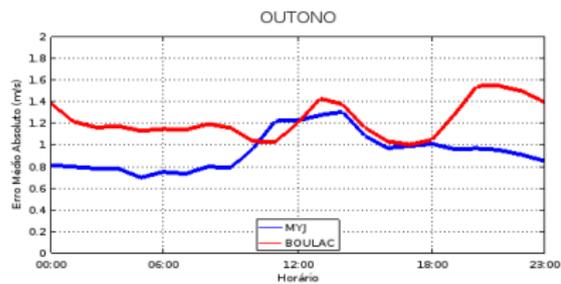
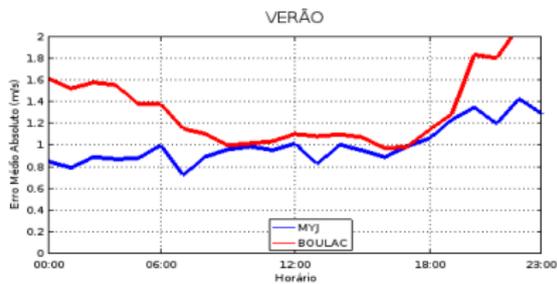
# Boulac e Revised MM5, 10.1 metros



# Correlação, MYJ x Boulac, 10.1 metros



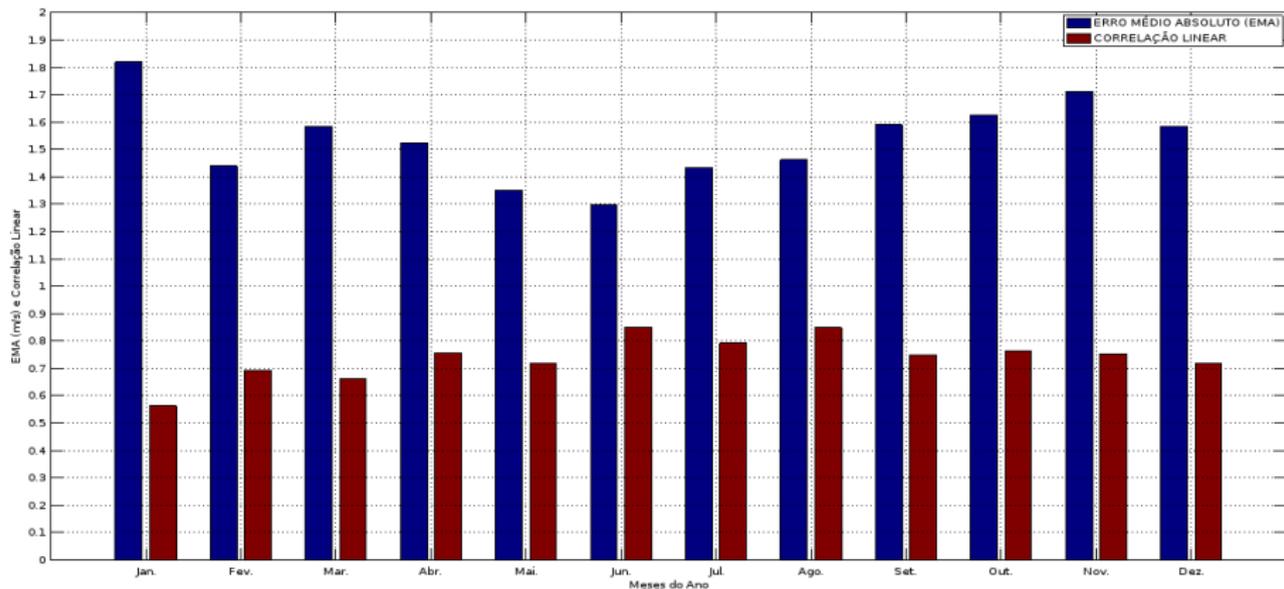
# EMA, MYJ x Boulac, 10.1 metros



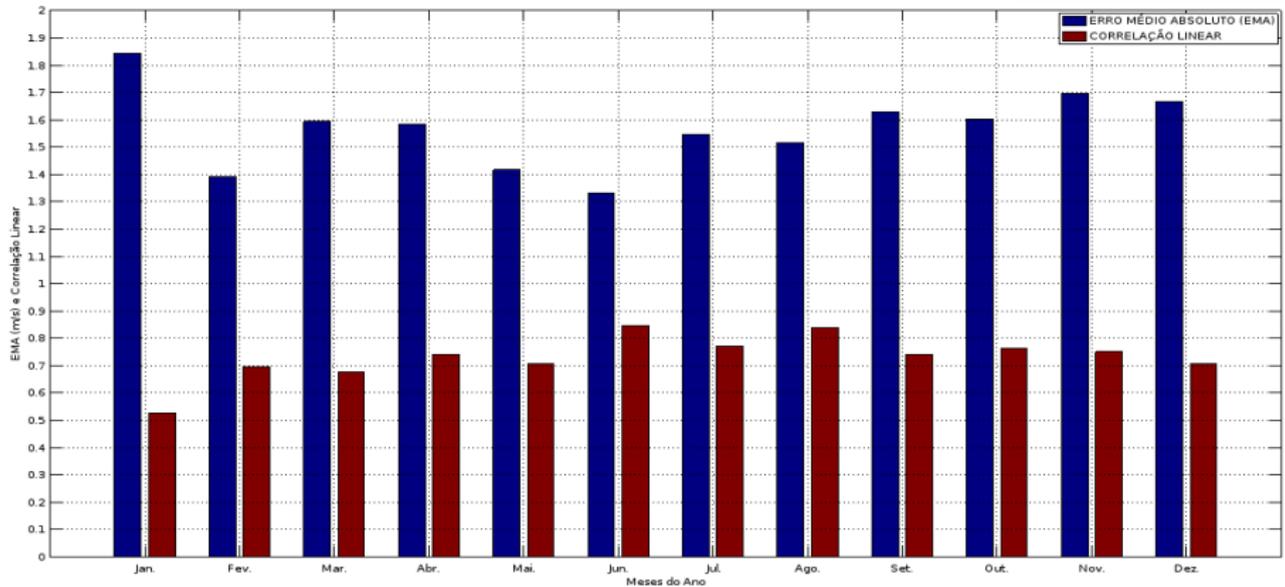
## EMA e Correlação (101.8 metros)

| Par. de CLP | Par. de CLS | EMA (m/s) | Correlação  |
|-------------|-------------|-----------|-------------|
| YSU         | Rev. MM5    | 1.57      | <b>0.74</b> |
| MYJ         | Janjic Eta  | 1.58      | <b>0.75</b> |
| Boulac      | Rev. MM5    | 1.76      | <b>0.75</b> |
| Boulac      | Janjic Eta  | 1.74      | <b>0.75</b> |
| GBM         | Rev. MM5    | 1.53      | <b>0.75</b> |

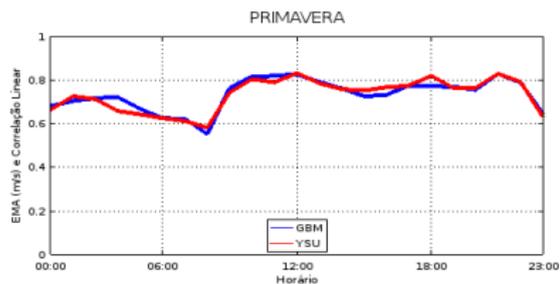
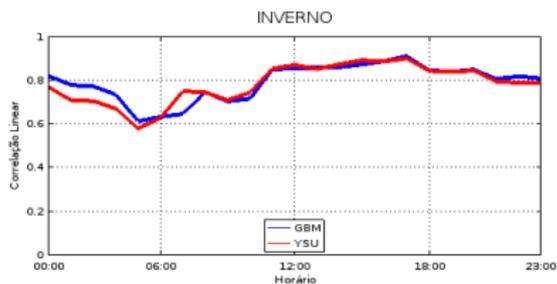
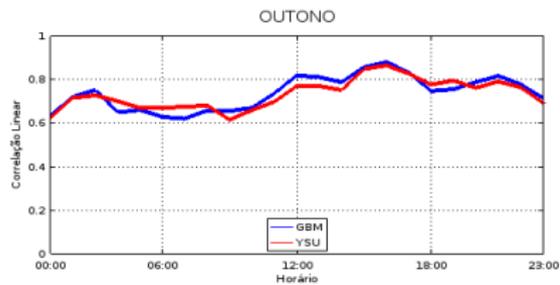
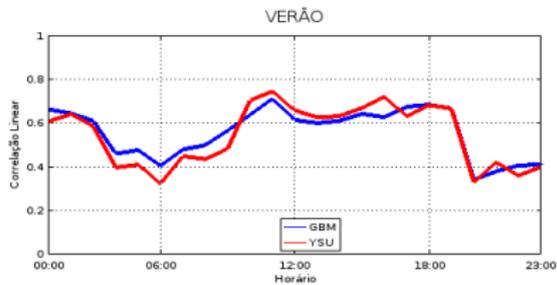
# GBM, 101.8 metros



# Yonsei, 101.8 metros

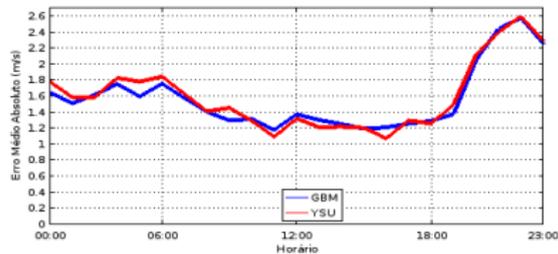


# Correlação, GBM x YSU, 101.8 metros

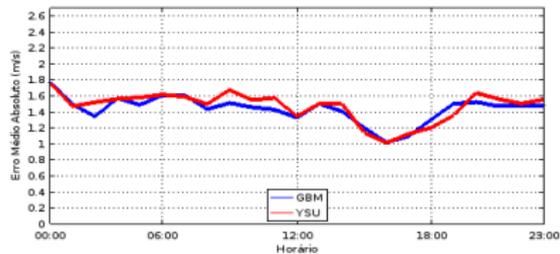


# EMA, GBM x YSU, 101.8 metros

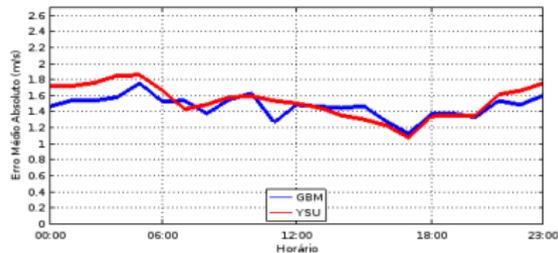
VERÃO



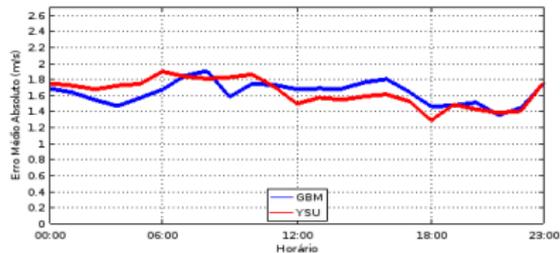
OUTONO



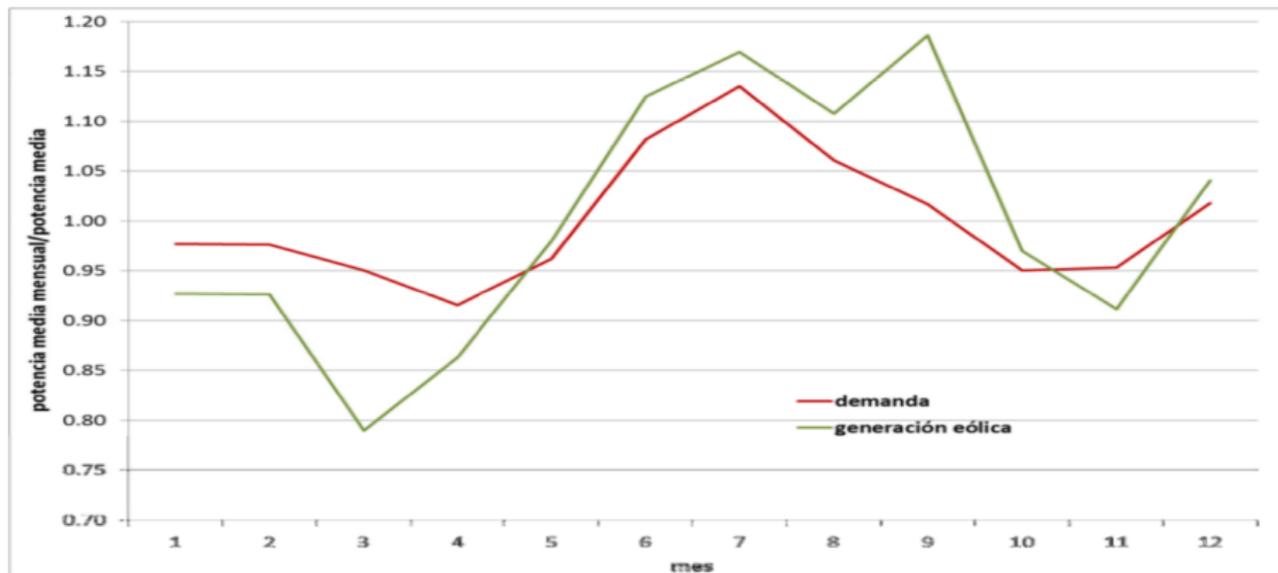
INVERNO



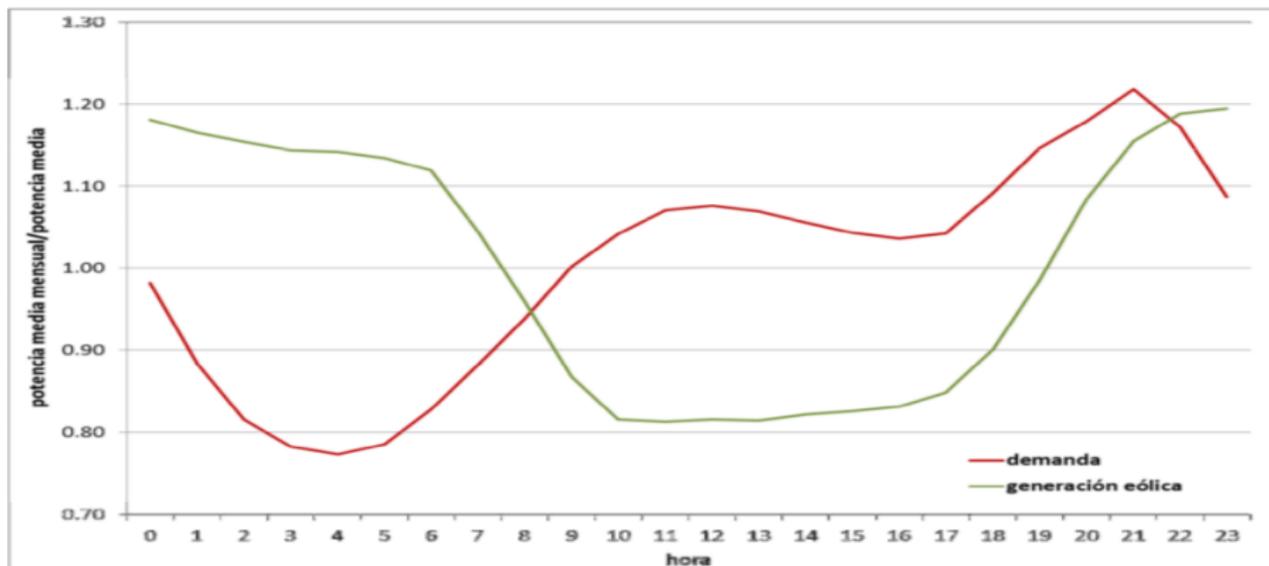
PRIMAVERA



# Descripción del Comportamiento del Recurso Eólico Nacional para su Modelado dentro del SIN, E. Cornalino (2015)



# Descripción del Comportamiento del Recurso Eólico Nacional para su Modelado dentro del SIN, E. Cornalino (2015)



## Conclusões

- ⇒ Os melhores valores de correlações estão identificadas nos meses de maior velocidade média do vento (m/s).
- ⇒ Os menores EMA's são identificados na altura de 10.1 metros.
- ⇒ Em termos gerais, a combinação de parametrizações MYJ (CLP) e Janjic Eta (CLS) obteve melhores resultados.
- ⇒ As maiores diferenças entre as distintas simulações realizadas foram verificadas para a altura de 10.1 metros. Para 101.8 metros não houve diferenças significativas.

# Conclusões

- ⇒ Relação demanda x geração eólica (o modelo WRF - ARW possui maiores erros e menores correlações na estação do ano que possui menor produção de energia eólica).
- ⇒ Analisando-se o ciclo diário, o modelo WRF - ARW obtém um comportamento melhor para períodos diurnos em condições de atmosfera instáveis.
- ⇒ Este tipo de análise permitiu avaliar de maneira mais detalhada o comportamento do modelo em períodos anual, estacional, mensal e diário e assim identificar as principais limitações.
- ⇒ Modelos Híbridos: MOS, assimilação de potência, redes neurais artificiais (parques eólico, energia eólica)

# Agradecimentos

**Gracias por su Atención !**