

Webinar Fontes Renováveis Variáveis

Contribuições para modelagem das fontes renováveis variáveis
no planejamento e operação do SIN



A pesquisa que constrói o futuro

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

GT METODOLOGIA
28/10/2020

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

Departamento de Otimização Energética e Meio Ambiente - DEA

Coordenação: CCEE

Assessoria Técnica:



Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

Premissas para o 1º Estágio de Implementação

- 1- Incorporação apenas da fonte eólica;
- 2- O objetivo é modelar a incerteza da produção eólica mensal no problema de despacho de operação, resolvido pelo algoritmo de PDDE do modelo NEWAVE, através da modelagem da incerteza do processo estocástico ventos ou diretamente pela modelagem da incerteza da produção eólica;
- 3- A estrutura de correlação temporal, porventura verificada no processo estocástico ventos médios mensais (m/s) em algum parque eólico, não será representada de forma explícita no modelo de geração de séries sintéticas;
- 4- Será representada a correlação espacial verificada entre os processos estocásticos ventos em Parques Eólicos Equivalentes (PEEs) e afluências aos REEs;
- 5- O modelo GEVAZP produzirá:
 - a. para o NEWAVE, séries sintéticas de ventos mensais, que neste caso passará por uma função de transferência para se obter a produção eólica mensal; ou diretamente a produção eólica mensal. Neste caso, as séries sintéticas serão geradas no GEVAZP internalizado no próprio modelo NEWAVE;
 - b. para o DECOMP, a partir do segundo mês, séries sintéticas de produção eólica.
- 6- Em referência ao modelo NEWAVE, como o modelo estatístico não representará as correlações temporais explicitamente, nenhuma variável de estado será adicionada ao algoritmo de PDDE.

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

1ª Etapa – Análise Exploratória dos Dados de Ventos e Produções Eólicas – Medidos e Oriundos de Reanálises

- Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica*
- Agrupamento Estatístico dos Regimes de Ventos*

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

3ª Etapa – Obtenção da Produção Eólica Mensal no algoritmo de PDDE (no modelo NEWAVE)

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

1ª Etapa – Análise Exploratória dos Dados de Ventos e Produções Eólicas – Medidos e Oriundos de Reanálises

- Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica*
- Agrupamento Estatístico dos Regimes de Ventos*

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

3ª Etapa – Obtenção da Produção Eólica Mensal no algoritmo de PDDE (no modelo NEWAVE)

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

Modelo de Geração de Séries Sintéticas de Energias e Vazões Afluentes aos Reservatórios de Usinas Hidroelétricas

$$\left(\frac{Z_t - \mu_m}{\sigma_m} \right) = \phi_1^m \left(\frac{Z_{t-1} - \mu_{m-1}}{\sigma_{m-1}} \right) + \phi_2^m \left(\frac{Z_{t-2} - \mu_{m-2}}{\sigma_{m-2}} \right) + \dots + \phi_{p_m}^m \left(\frac{Z_{t-p_m} - \mu_{m-p_m}}{\sigma_{m-p_m}} \right) + a_t$$

Afluências aos REEs/UHEs

*Coefficientes do modelo PAR(p)
(ou PAR(p)-A)*

*Ruídos Aleatórios
média zero e
variância constante
para cada mês*


Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

Modelo de Geração de Séries Sintéticas de Ventos aos Parques Eólicos

$$\left(\frac{V_t - \mu_m^v}{\sigma_m^v} \right) = \text{componente explicativa} + a_t$$



Ruídos Aleatórios
média zero e
variância constante
para cada mês

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

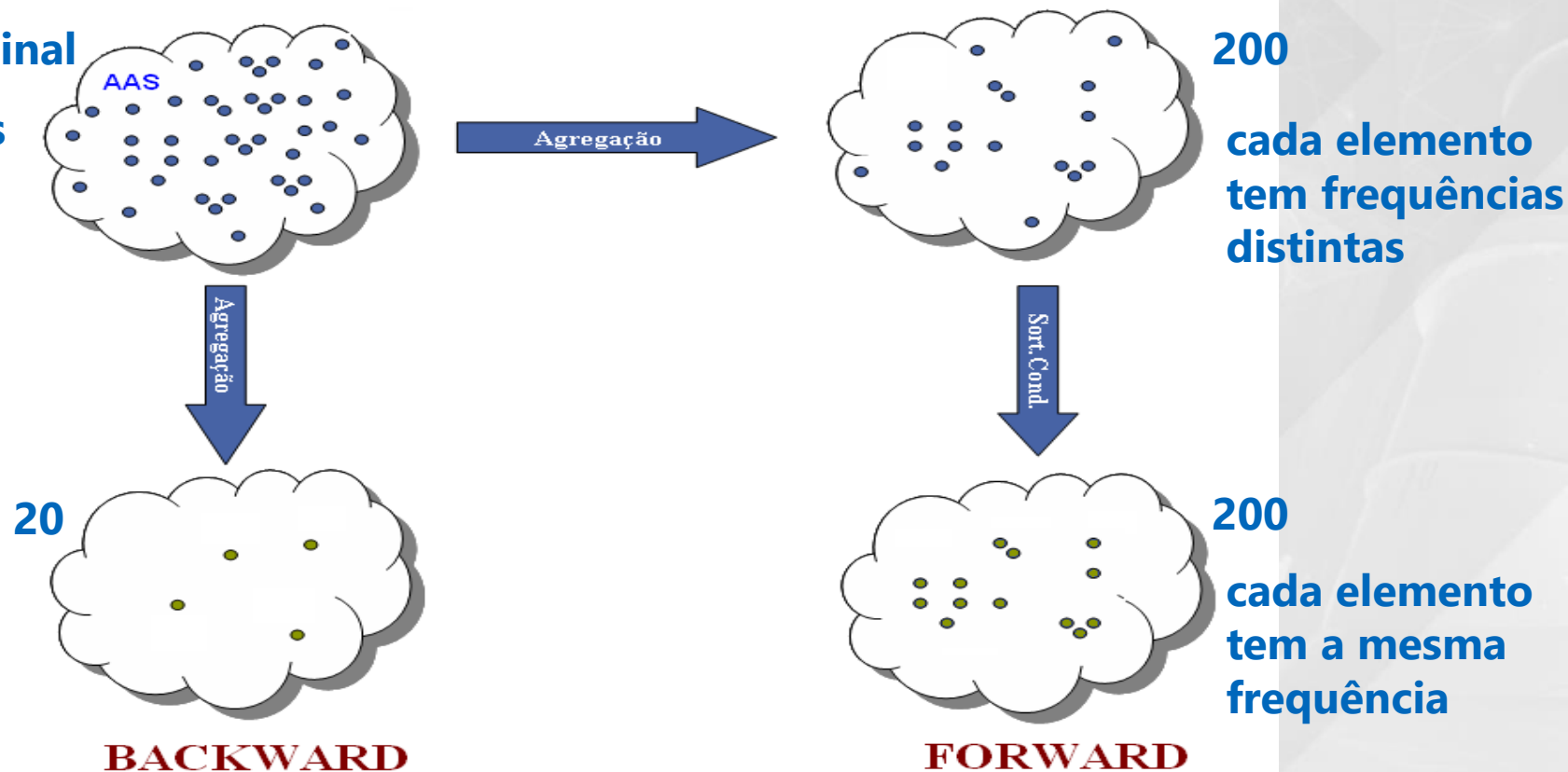
2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

Processo de amostragem dos ruídos aleatórios

Amostra Original

100mil ruídos

100 mil “vetores de ruídos”. Cada vetor com *nree* elementos



Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

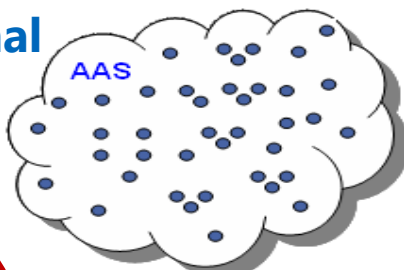
2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

Processo de amostragem dos ruídos aleatórios

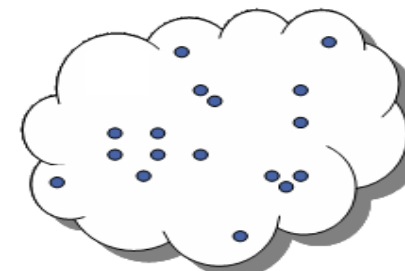
Amostra Original

100mil ruídos

100 mil “vetores de ruídos”. Cada vetor com n_{ree} + n_{pee} elementos



Agregação



200

cada elemento tem frequências distintas

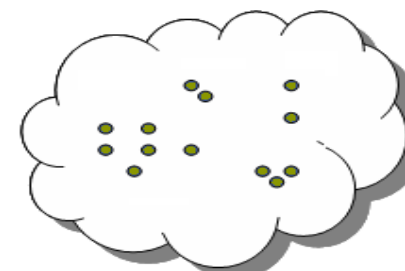
Agregação

20



BACKWARD

Sort Cond.



200

cada elemento tem a mesma frequência

FORWARD

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

Correlação Espacial

Os ruídos aleatórios para os *nree*, até então espacialmente não correlacionados, são espacialmente correlacionados através da matriz de carga com as correlações cruzadas mensais entre os REEs

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

Correlação Espacial

Os ruídos aleatórios para os $nree$, até então espacialmente não correlacionados, são espacialmente correlacionados através da matriz de carga com as correlações cruzadas mensais entre os REEs



Os ruídos aleatórios para os $(nree + npee)$ são espacialmente correlacionados através da matriz de carga com as correlações cruzadas mensais entre os $(REEs + PEEs)$

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

Correlação Espacial

Os ruídos aleatórios para os *nree*, até então espacialmente não correlacionados, são espacialmente correlacionados através da matriz de carga com as correlações cruzadas mensais entre os REEs

Os ruídos aleatórios para os (*nree* + *npee*) são espacialmente correlacionados através da matriz de carga com as correlações cruzadas mensais entre os (REEs + PEEs)

Os ruídos aleatórios para os (*nree*) são espacialmente correlacionados através da matriz de carga com as correlações cruzadas mensais entre os (REEs)

Os ruídos aleatórios para os (*npee*) são espacialmente correlacionados através da matriz de carga condicionada com as correlações cruzadas mensais entre os (PEEs e REEs)

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

Distribuição Log-Normal

1o Objetivo – fornecer às séries sintéticas geradas a assimetria observadas nas séries históricas de afluências

Afluências

2o Objetivo – evitar a ocorrência de valores negativos (a modelagem PAR(p) faz com que ela dependa dos valores passados)

Ventos

1o Objetivo – idem

2o Objetivo – evitar a ocorrência de valores negativos

**Ruídos aleatórios Log-Normais
três parâmetros**

**Ruídos aleatórios Log-Normais
três parâmetros**

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

Modelo de Geração de Séries Sintéticas de Ventos aos Parques Eólicos

$$V_t = \text{componente explicativa} + \sigma_m^v a_t$$

- “naive” (μ_m^v)
- relação com as afluências

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

Modelo Integrado de Geração de Séries Sintéticas de Afluências às Usinas Hidroelétricas e Ventos aos Parques Eólicos

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

1º Estágio de Implementação

1ª Etapa – Análise Exploratória dos Dados de Ventos e Produções Eólicas – Medidos e Oriundos de Reanálises

- Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica*
- Agrupamento Estatístico dos Regimes de Ventos*

2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

3ª Etapa – Obtenção da Produção Eólica Mensal no algoritmo de PDDE (no modelo NEWAVE)

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

Parques Eólicos Equivalentes (PEEs)

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
NE - L													
	média	7,76	7,53	6,92	7,04	7,85	8,60	9,17	9,59	9,66	9,37	8,89	8,38
	d.padrão	0,73	0,82	1,05	1,13	0,71	0,49	0,49	0,45	0,57	0,52	0,31	0,41
	c. variação	0,09	0,11	0,15	0,16	0,09	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,03	0,05
NE - I	assimetria	-0,30	-0,64	-0,69	-0,68	-1,27	-0,78	-0,43	0,23	0,09	-0,20	0,26	-0,22
	média	5,48	5,68	5,47	5,97	6,31	6,76	7,05	7,15	7,09	6,63	5,84	5,46
	d.padrão	0,53	0,64	0,60	0,46	0,39	0,40	0,44	0,39	0,45	0,52	0,52	0,50
Sul	c. variação	0,10	0,11	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,08	0,09	0,09
	assimetria	-0,13	0,46	0,08	-0,83	-0,54	-1,25	1,17	0,28	0,08	-0,60	-0,64	0,00
	média	6,68	6,35	6,39	6,40	6,25	6,22	6,59	6,68	7,28	7,22	7,09	6,84
	d.padrão	0,60	0,50	0,57	0,61	0,60	0,52	0,38	0,56	0,50	0,60	0,55	0,59
	c. variação	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,08	0,09
	assimetria	-0,32	-0,29	0,59	0,39	-0,22	0,38	-0,42	1,57	0,18	1,07	0,30	0,40

A pesquisa que constrói o futuro

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

Parques Eólicos Equivalentes (PEEs)

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
NE - L														
	média	7,76	7,53	6,92	7,04	7,85	8,60	9,17	9,59	9,66	9,37	8,89	8,38	
	d.padrão	0,73	0,82	1,05	1,13	0,71	0,49	0,49	0,45	0,57	0,52	0,31	0,41	
	c. variação	0,09	0,11	0,15	0,16	0,09	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,03	0,05	
	assimetria	-0,30	-0,64	-0,69	-0,68	-1,27	-0,78	-0,43	0,23	0,09	-0,20	0,26	-0,22	
NE - I														
	média	5,48	5,68	5,47	5,97	6,31	6,76	7,05	7,15	7,09	6,63	5,84	5,46	
	d.padrão	0,53	0,64	0,60	0,46	0,39	0,40	0,44	0,39	0,45	0,52	0,52	0,50	
	c. variação	0,10	0,11	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,08	0,09	0,09	
	assimetria	-0,13	0,46	0,08	-0,83	-0,54	-1,25	1,17	0,28	0,08	-0,60	-0,64	0,00	
Sul														
	média	6,68	6,35	6,39	6,40	6,25	6,22	6,59	6,68	7,28	7,22	7,09	6,84	
	d.padrão	0,60	0,50	0,57	0,61	0,60	0,52	0,38	0,56	0,50	0,60	0,55	0,59	
	c. variação	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,08	0,09	
	assimetria	-0,32	-0,29	0,59	0,39	-0,22	0,38	-0,42	1,57	0,18	1,07	0,30	0,40	
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	Nordeste													
	média	13158,87	13193,67	12808,39	10473,86	5888,81	4009,36	3366,03	2981,44	2758,32	3007,42	4902,62	9241,76	
	d.padrão	5173,99	6793,33	7720,29	5102,08	2780,75	1572,87	1258,38	1106,72	1034,17	1362,68	2693,89	3962,47	
	c. variação	0,39	0,51	0,60	0,49	0,47	0,39	0,37	0,37	0,37	0,45	0,55	0,43	
	assimetria	0,28	0,90	1,65	0,62	0,95	0,91	0,83	0,77	0,45	0,60	1,49	1,01	

A pesquisa que constrói o futuro

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

Parques Eólicos Equivalentes (PEEs)

NE - L		Sudeste	Paraná	Nordeste	Norte
	Fevereiro	-0,38	-0,45	-0,36	-0,36
	Agosto	-0,54	-0,60	-0,36	-0,30
	Setembro	-0,70	-0,89	-0,56	-0,69
	Outubro	-0,59	-0,69	-0,49	-0,75
NE - I		Sudeste	Paraná	Nordeste	Norte
	Maio	0,47	0,31	0,49	0,23
	Junho	-0,45	-0,62	-0,27	-0,39
	Setembro	-0,33	-0,44	-0,22	-0,31
	Dezembro	-0,52	0,20	-0,28	-0,52
Sul		Paraná	Belo Monte	Sul	Iguaçu
	Fevereiro	0,51	0,29	0,33	0,37
	Abril	-0,32	-0,57	0,26	0,40
	Maio	0,16	-0,32	0,35	0,32
	Outubro	-0,38	-0,30	0,36	0,31

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

Parques Eólicos Equivalentes (PEEs)

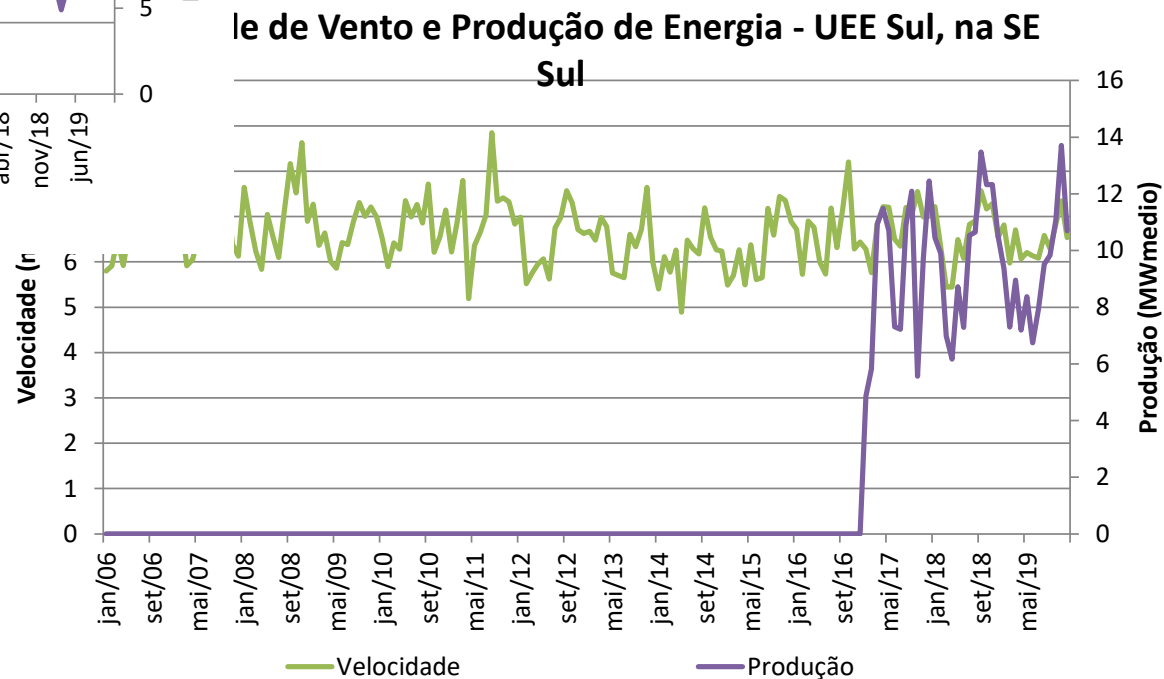
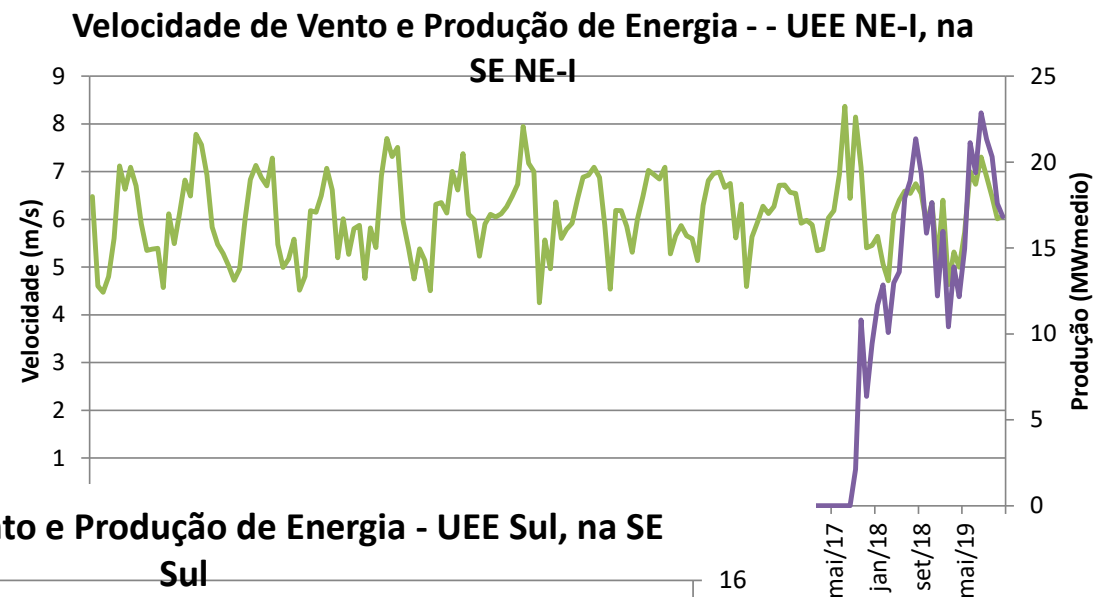
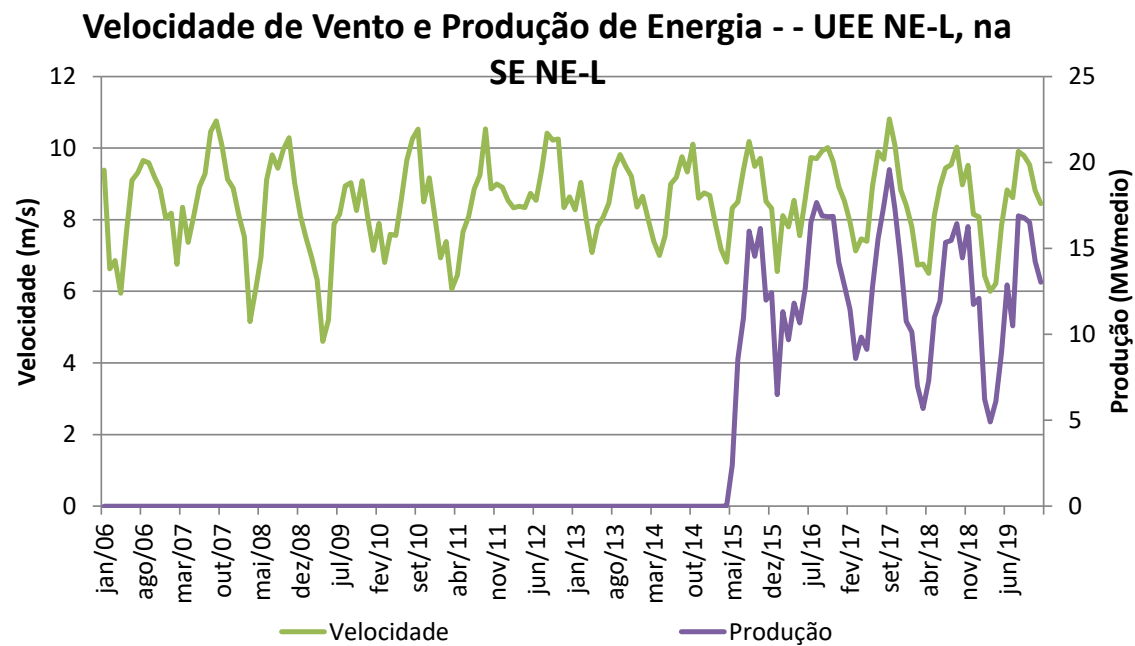
NE - L		Sudeste	Paraná	Nordeste	Norte
	Fevereiro	-0,38	-0,45	-0,36	-0,36
	Agosto	-0,54	-0,60	-0,36	-0,30
	Setembro	-0,70	-0,89	-0,56	-0,69
	Outubro	-0,59	-0,69	-0,49	-0,75
NE - I		Sudeste	Paraná	Nordeste	Norte
	Maio	0,47	0,31	0,49	0,23
	Junho	-0,45	-0,62	-0,27	-0,39
	Setembro	-0,33	-0,44	-0,22	-0,31
	Dezembro	-0,52	0,20	-0,28	-0,52
Sul		Paraná	Belo Monte	Sul	Iguaçu
	Fevereiro	0,51	0,29	0,33	0,37
	Abril	-0,32	-0,57	0,26	0,40
	Maio	0,16	-0,32	0,35	0,32
	Outubro	-0,38	-0,30	0,36	0,31

Set	PARANA	PRNPANEMA	SUL	Iguaçu
PARANA				
PRNPANEMA	0,75			
SUL	0,67	0,73		
Iguaçu	0,61	0,66	0,86	
MAN-AP	-0,04	-0,26	-0,01	0,04

Jan	SUDESTE	PARANA	PRNPANEMA	NORDESTE	NORTE
SUDESTE					
PARANA	0,69				
PRNPANEMA	0,10	0,34			
NORDESTE	0,79	0,66	-0,17		
NORTE	0,65	0,17	-0,29	0,64	
BMONTE	0,25	-0,04	-0,50	0,47	0,74

Representação das Incertezas da Fonte Eólica no modelo NEWAVE

Parques Eólicos Equivalentes (PEEs)



1º Estágio de Implementação

1ª Etapa – Análise Exploratória dos Dados de Ventos e Produções Eólicas – Medidos e Oriundos de Reanálises

- Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica*
- Agrupamento Estatístico dos Regimes de Ventos*

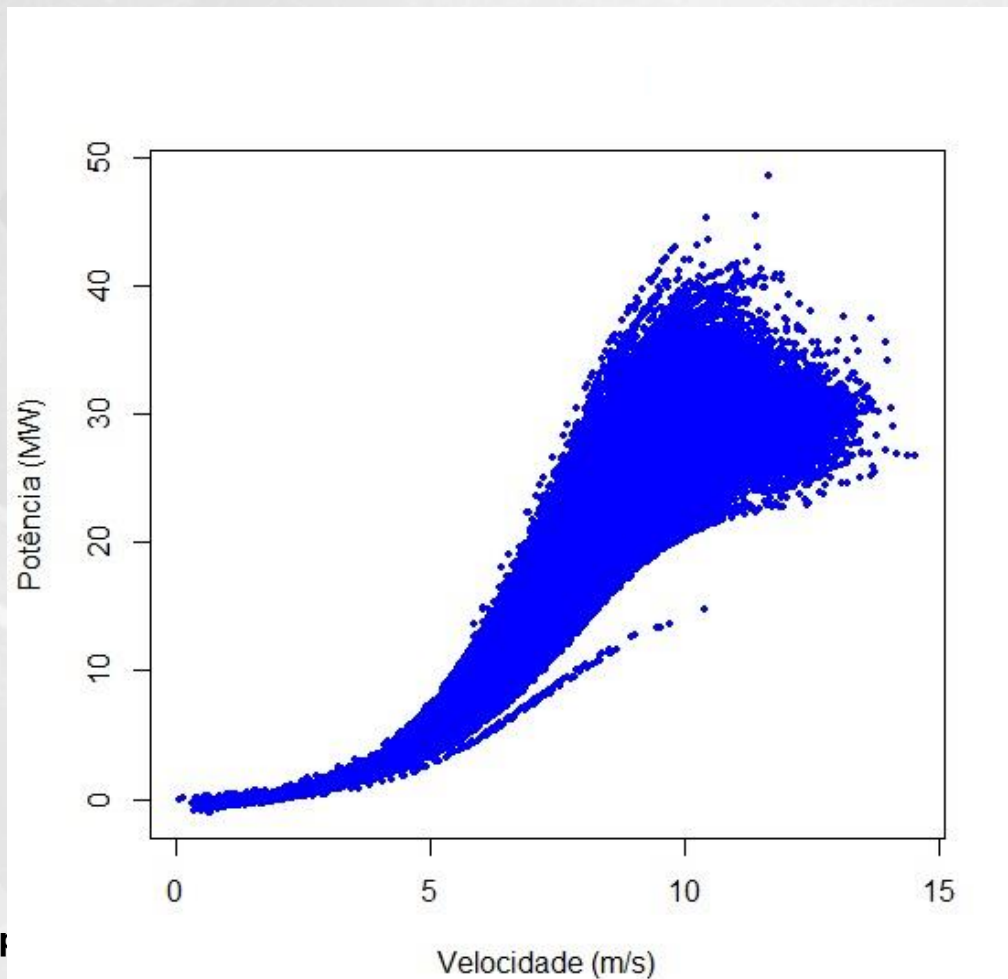
2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

3ª Etapa – Obtenção da Produção Eólica Mensal no algoritmo de PDDE (no modelo NEWAVE)

Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Curvas de Potência Probabilísticas – Dados MERRA 2 – UEE NE-L

Horária

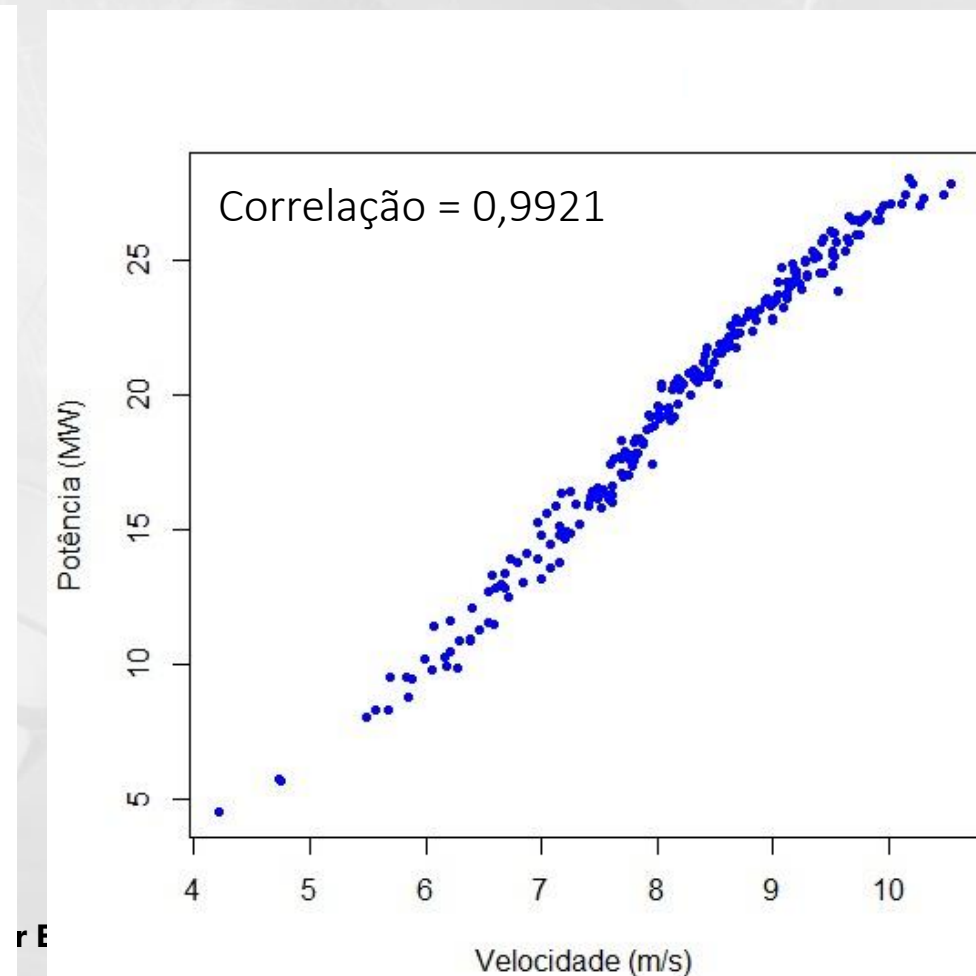
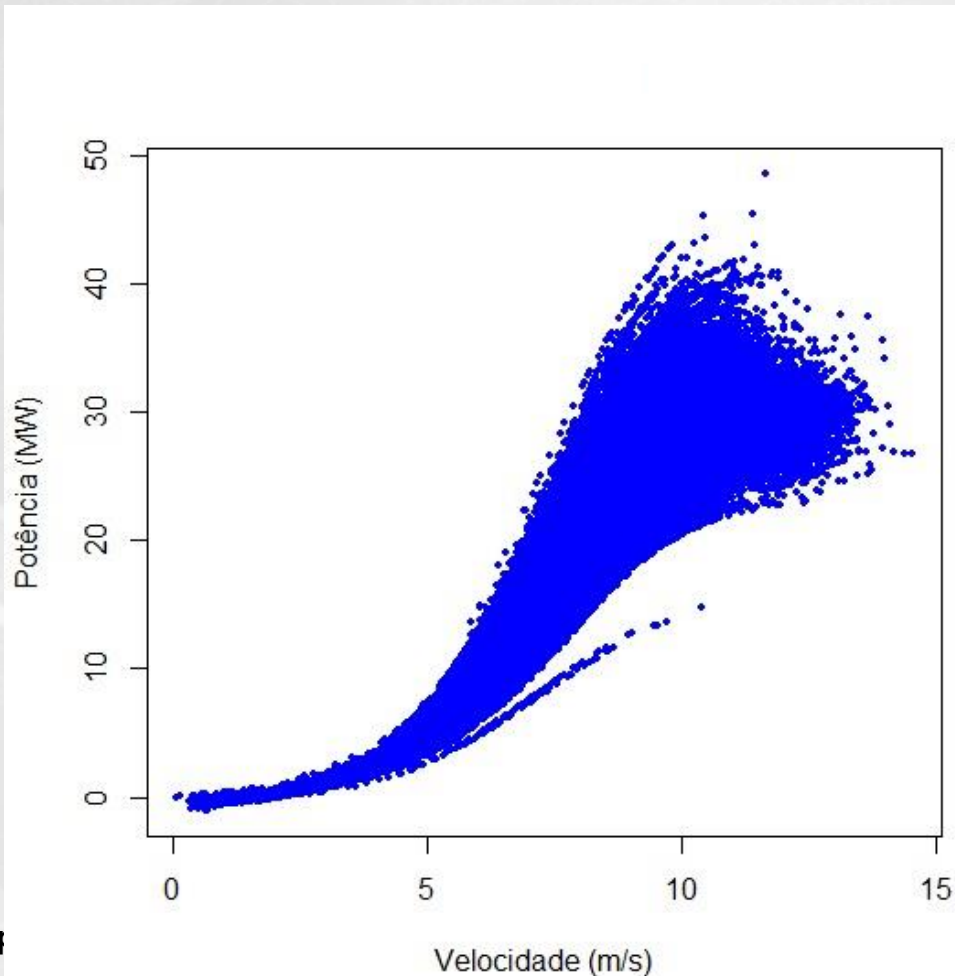


Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Curvas de Potência Probabilísticas – Dados MERRA 2 – UEE NE-L

Horária

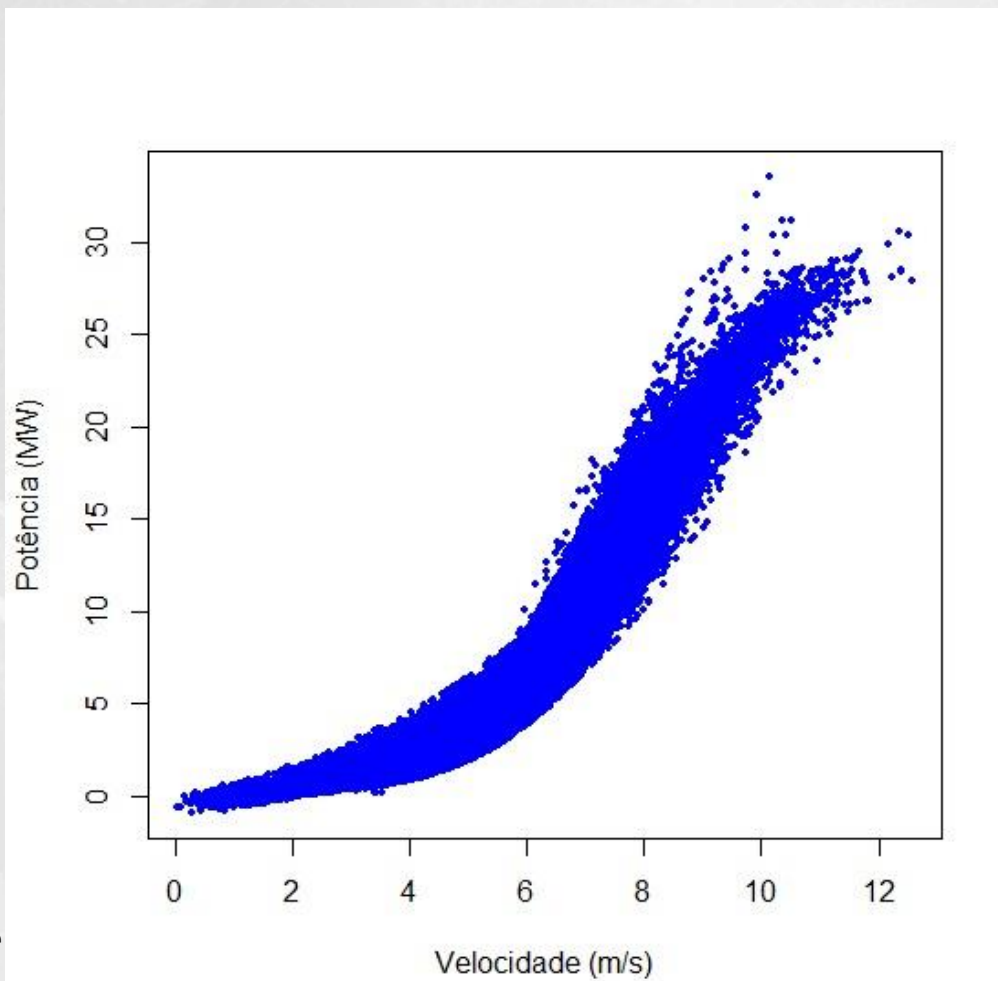
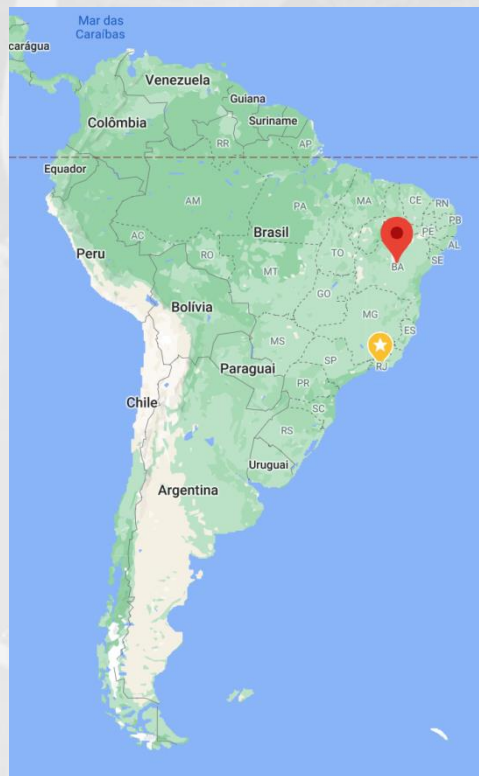
Mensal



Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Curvas de Potência Probabilísticas – Dados MERRA 2 – UEE NE-I

Horária

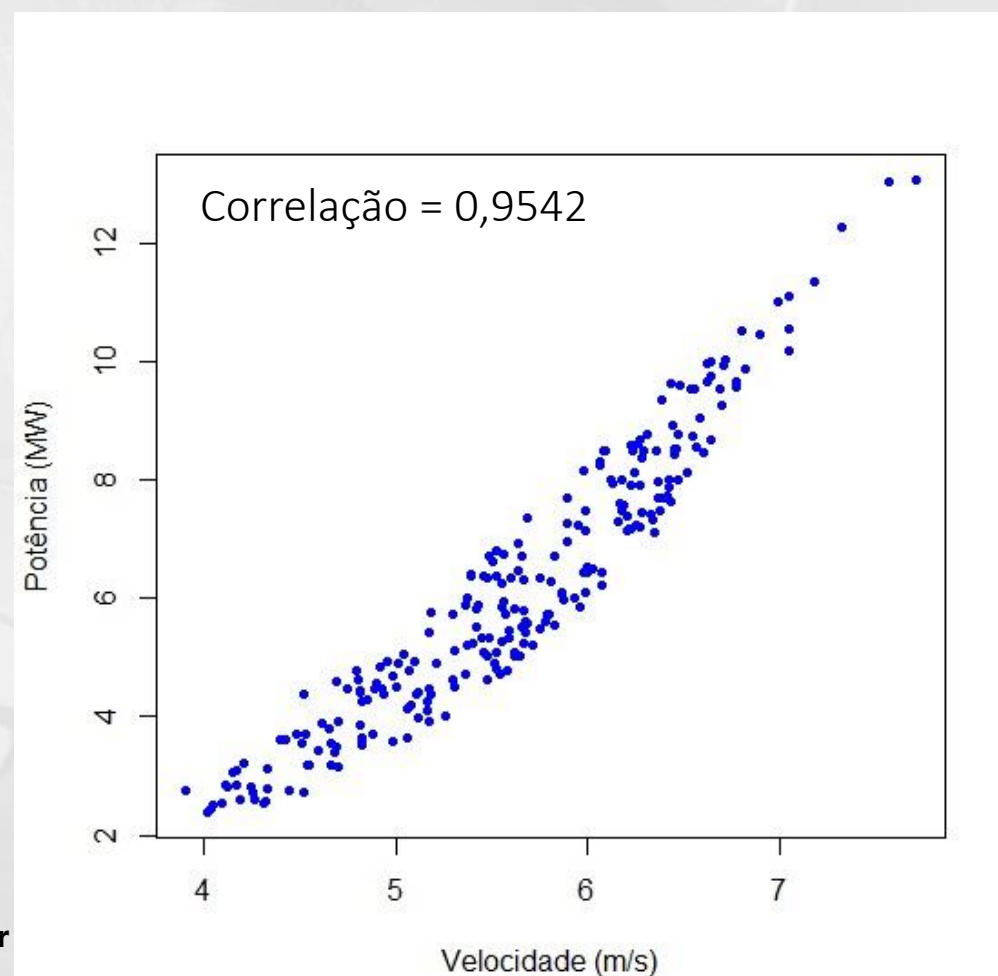
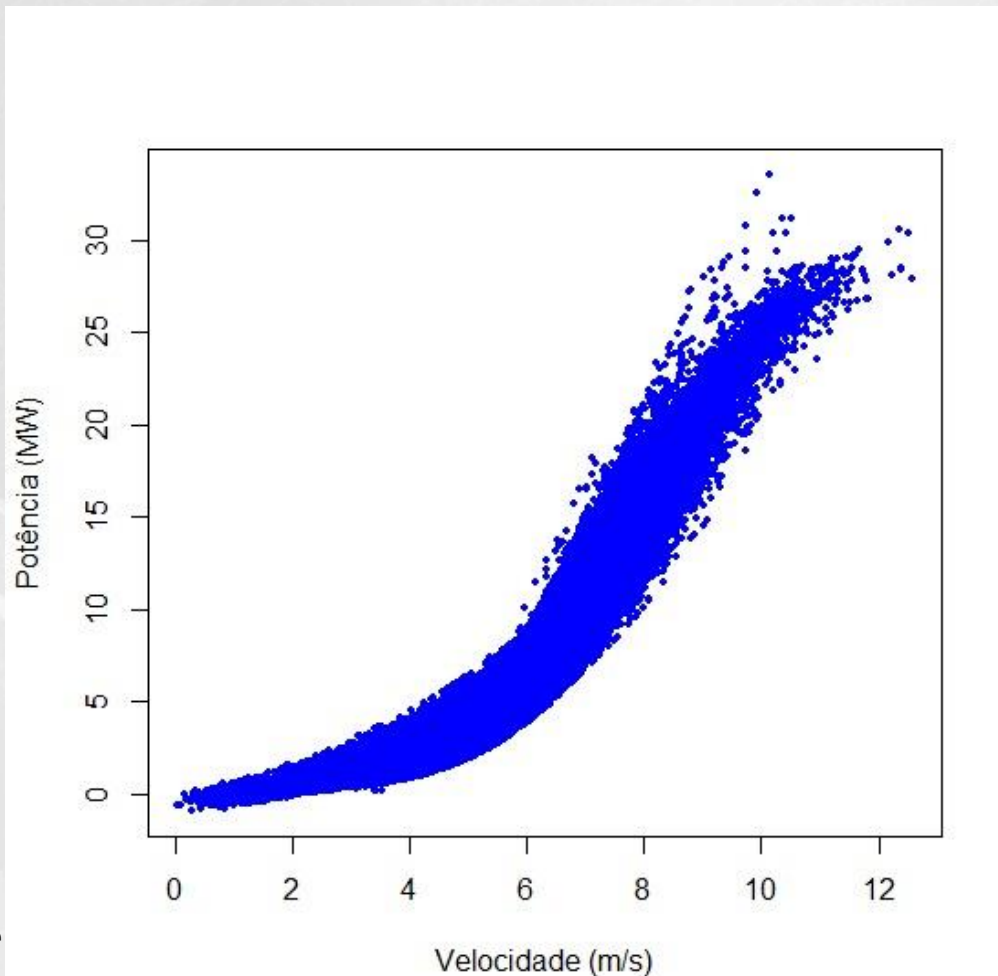
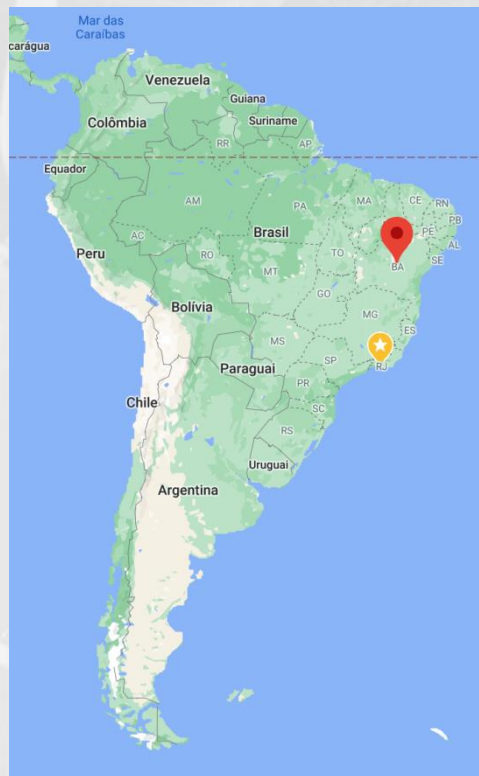


Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Curvas de Potência Probabilísticas – Dados MERRA 2 – UEE NE-I

Horária

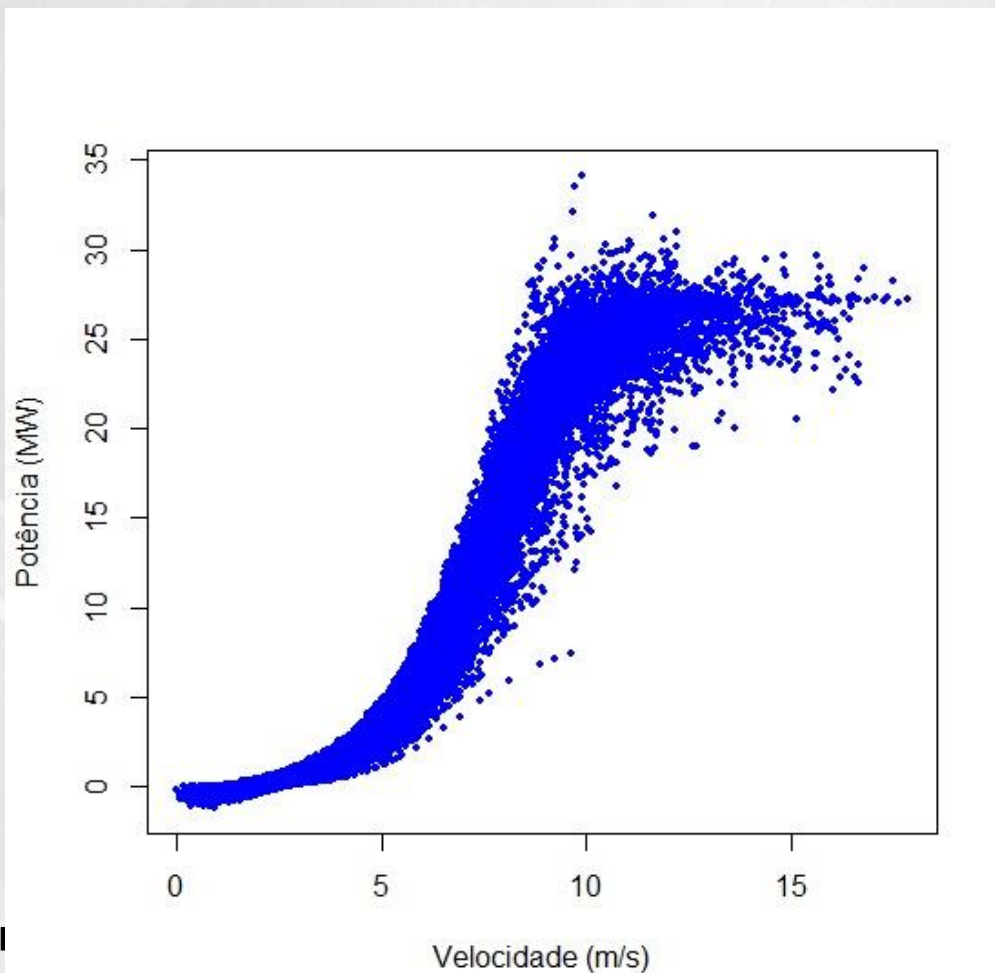
Mensal



Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Curvas de Potência Probabilísticas – Dados MERRA 2 – UEE Sul

Horária

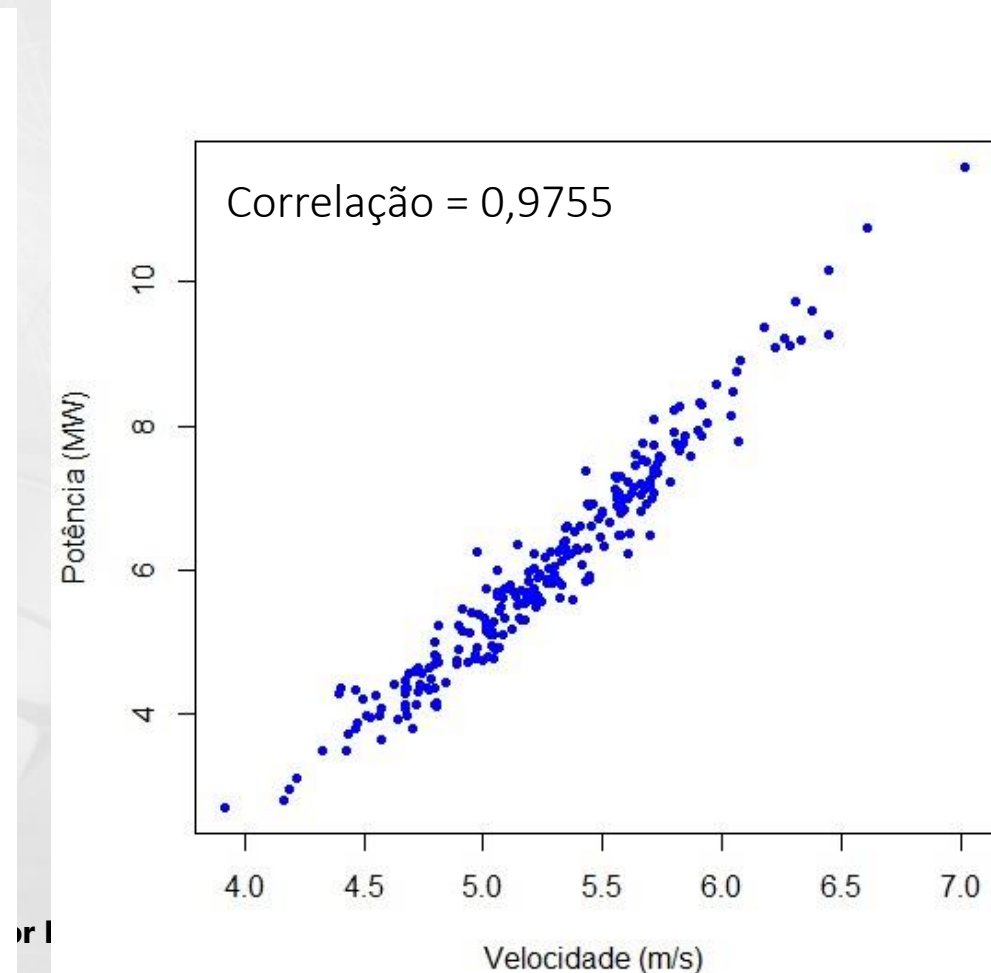
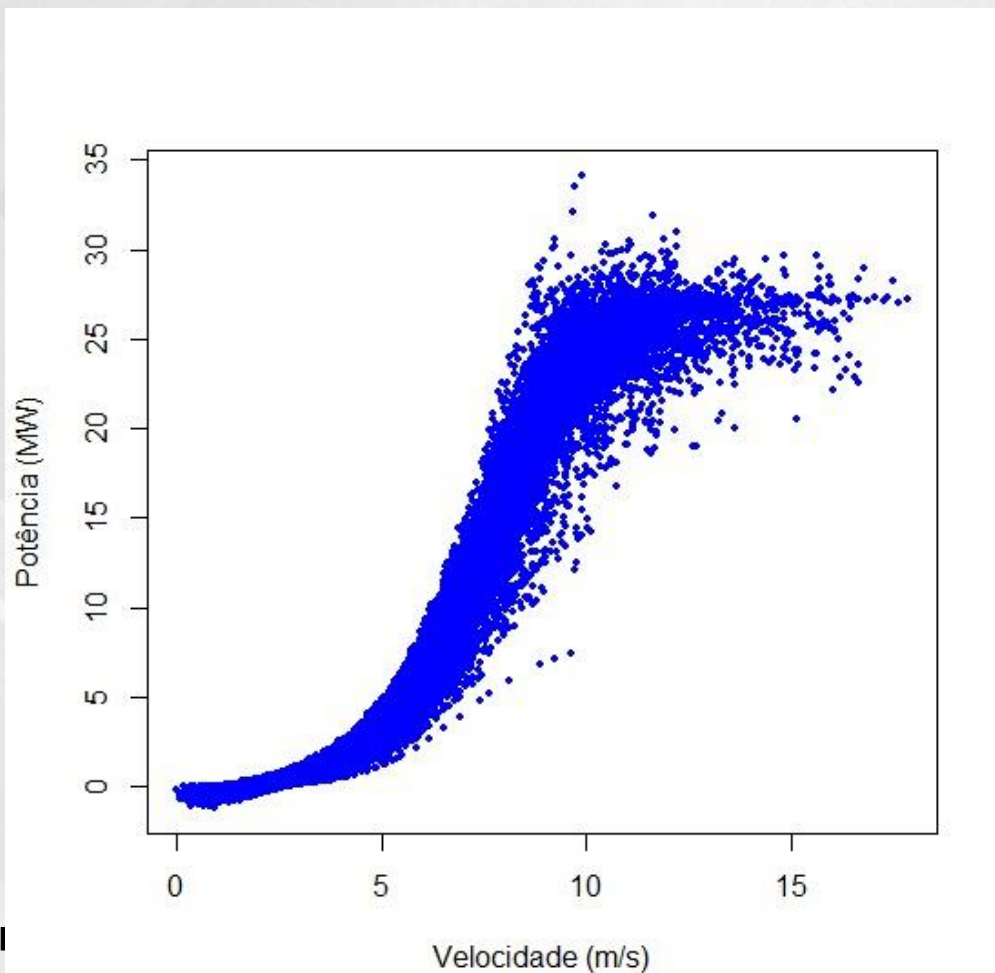


Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Curvas de Potência Probabilísticas – Dados MERRA 2 – UEE Sul

Horária

Mensal



Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Constatações

- Como esperado, as curvas de potência mensais são mais “comportadas” que as curvas horárias
 - Possibilidade de construção de Funções de Transferências Mensais (FTMs) entre vento e produção eólica mensais
- Extensão para outras UEEs e PEEs - maior volume de dados
 - medidos
 - previstos
 - reanálises
- Necessidade de capturar intercorrências
 - Saídas de máquinas – forçadas ou manutenção preventiva
 - Perda de rendimentos
 - Restrição de conexão/transmissão
 - Restrições elétricas, e.g., na rede

Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Avaliação das Funções de Transferências Mensais - FTM's

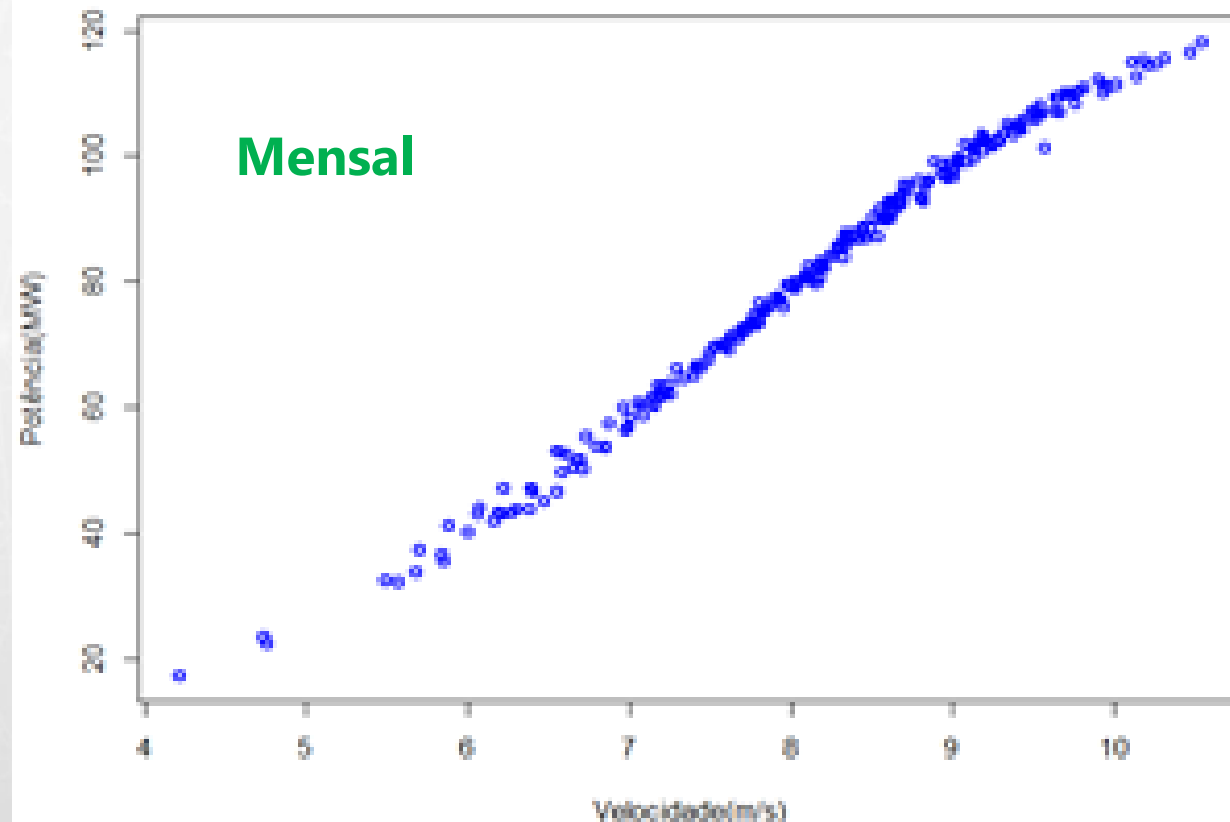
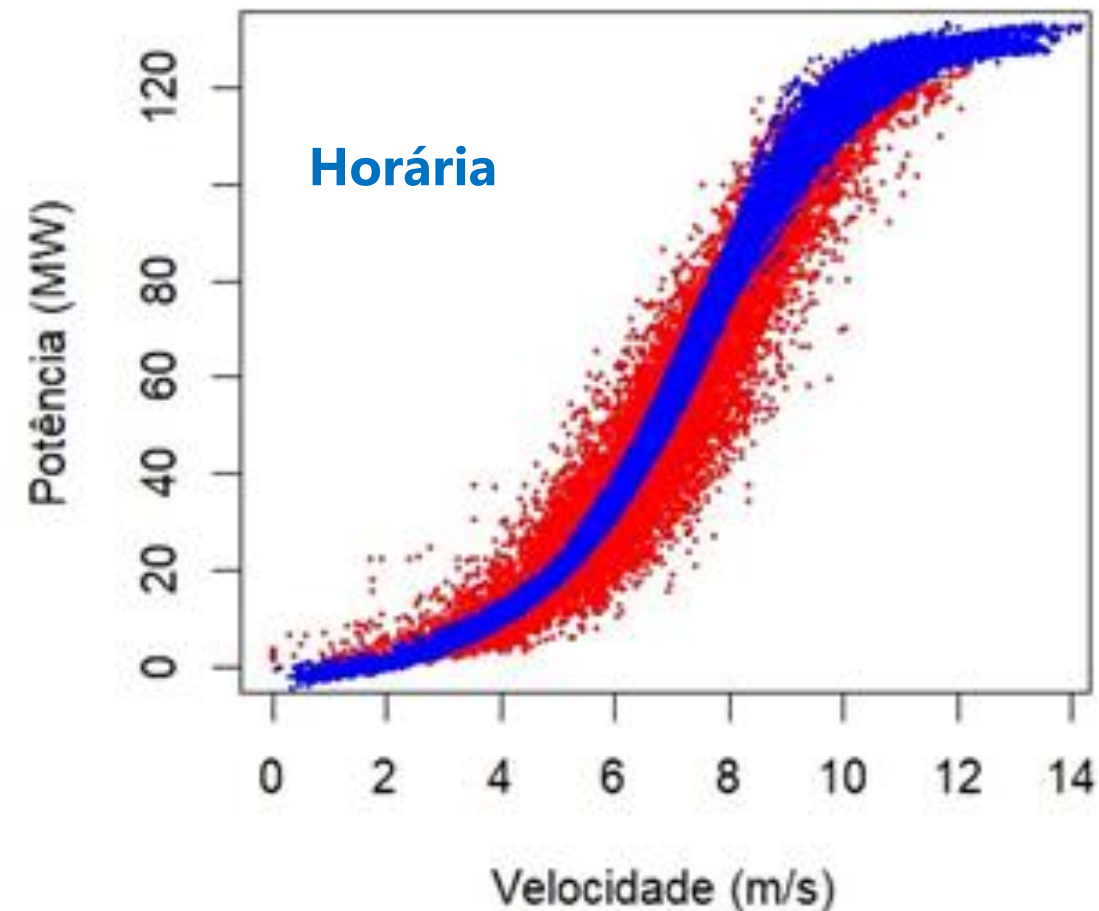
- **Elaborado um procedimento**
 - Integrando dados do SINTEGRE e MERRA 2
 - Sintegre disponibiliza previsões semi-horárias da velocidade de vento e produção eólica (dados pareados geração x velocidade, mas histórico curto)
 - Dados do Sintegre agregados para subestações e fatores de participação que permite obter estimativas desagregadas por parque eólico
 - MERRA 2 disponibiliza reanálises da velocidade de vento com resolução horária (apenas velocidade, mas histórico longo)

Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Curvas de Potência Probabilísticas - dados do SINTEGRE e MERRA 2

Azul – Procedimento utilizado
Vermelho - SINTEGRE

PEE NE-L

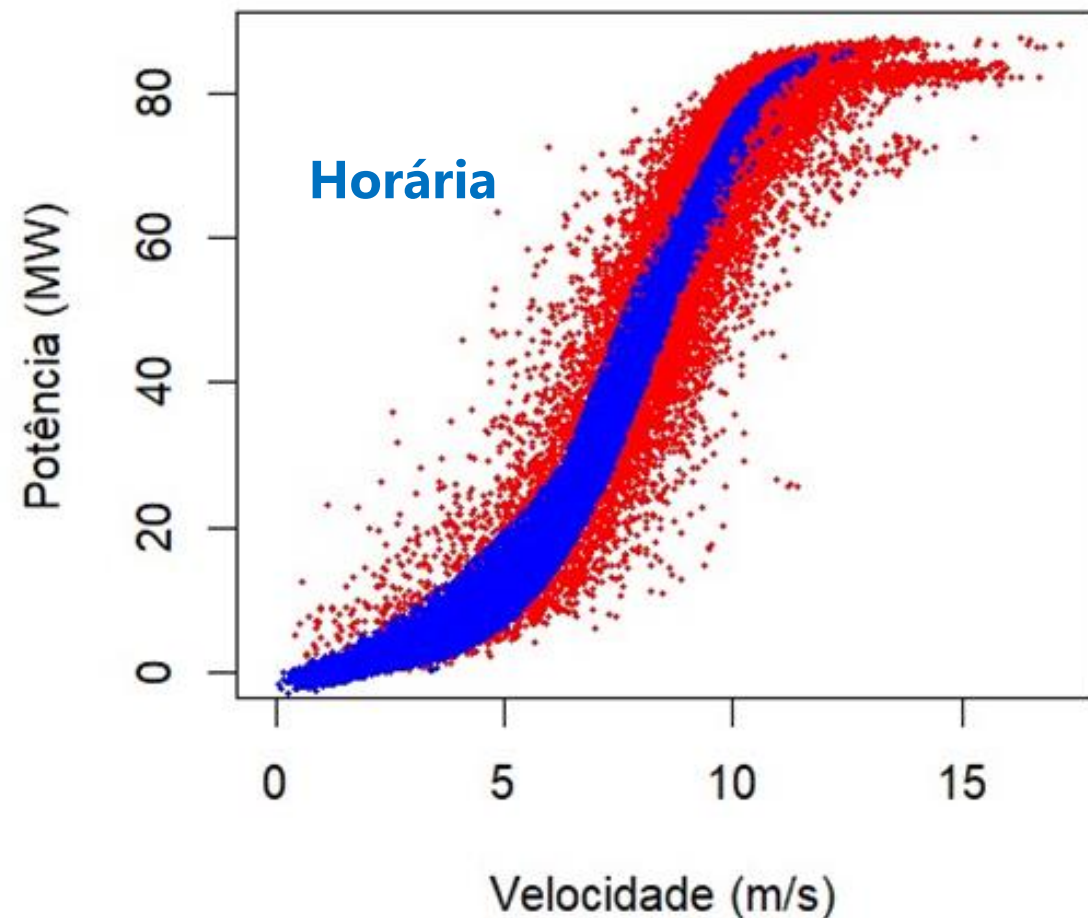


Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

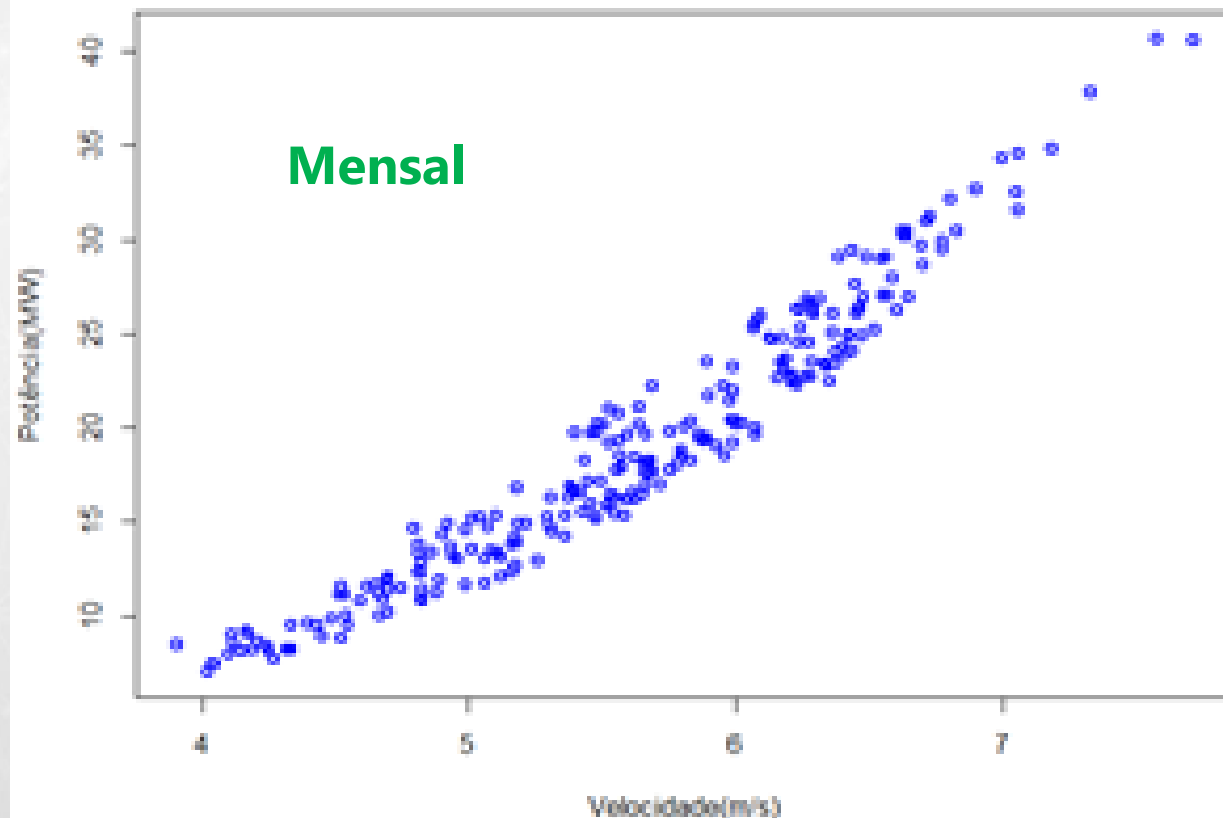
Curvas de Potência Probabilísticas - dados do SINTEGRE e MERRA 2

Azul – Procedimento utilizado

Vermelho - SINTEGRE



PEE NE-I

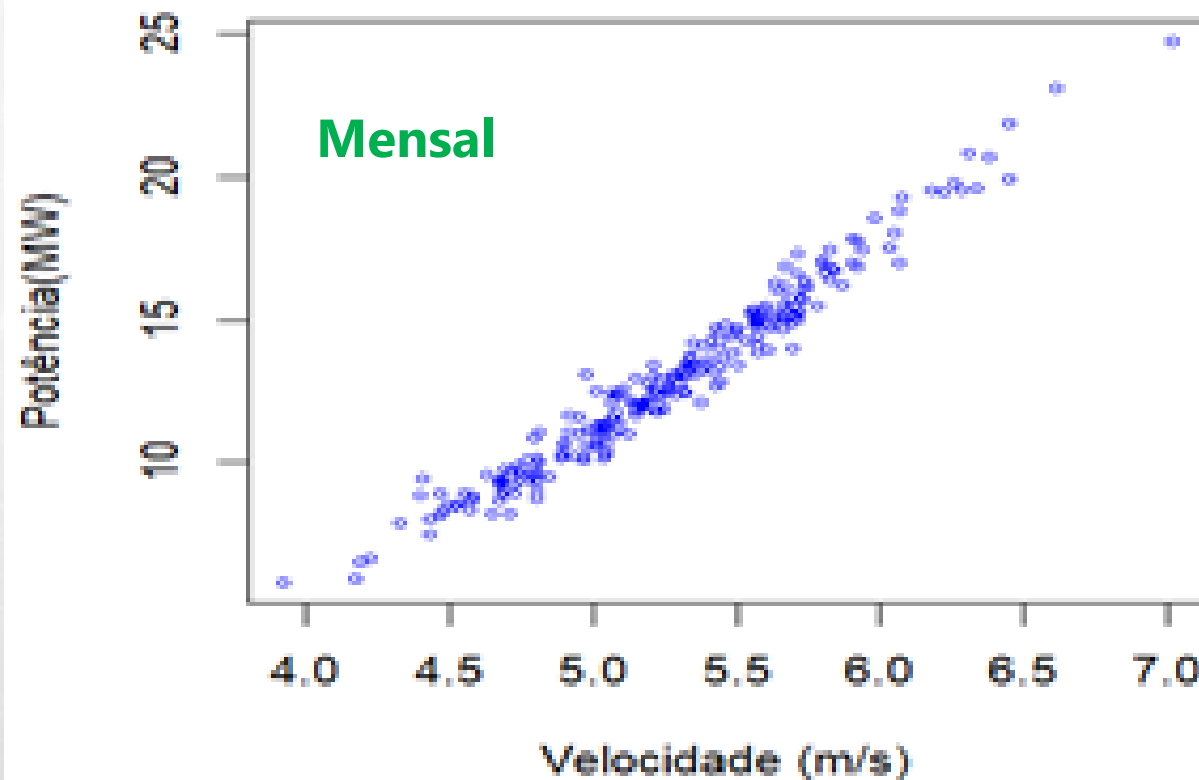
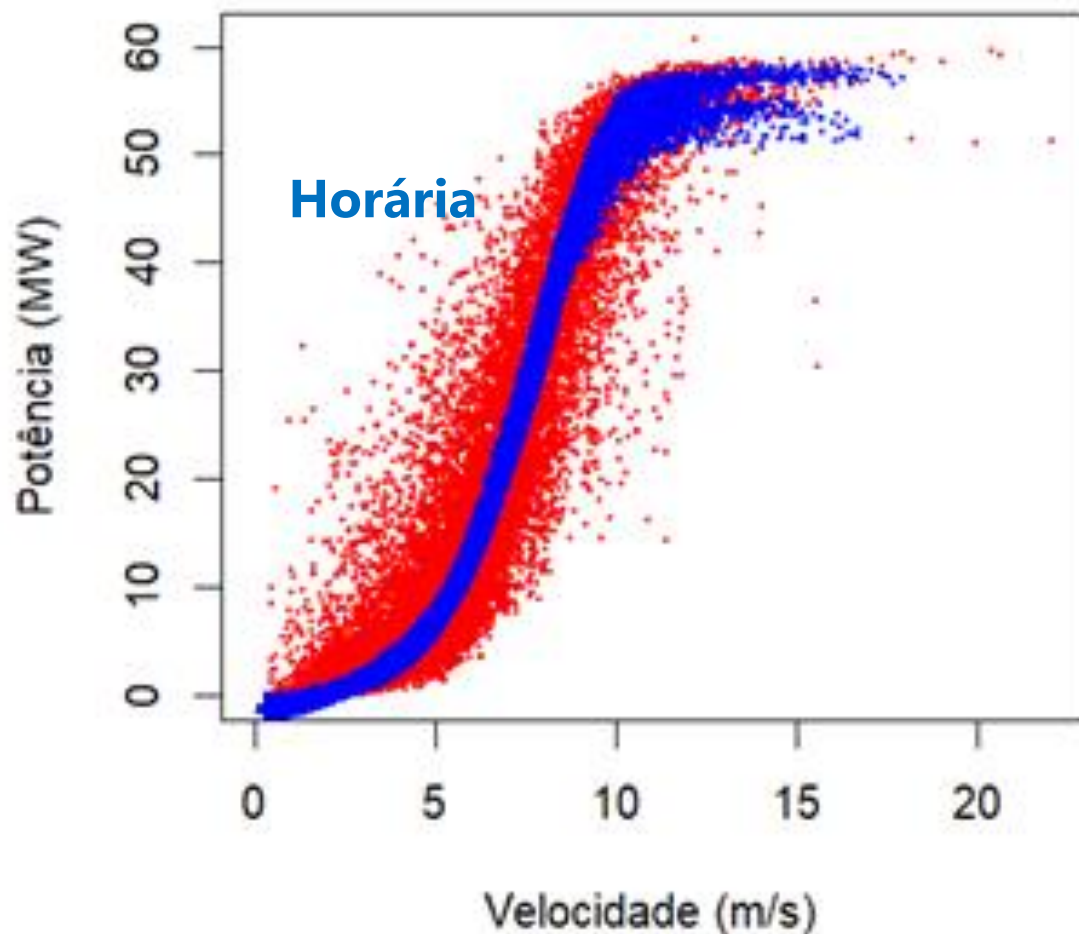


Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Curvas de Potência Probabilísticas - dados do SINTEGRE e MERRA 2

Azul – Procedimento utilizado
Vermelho - SINTEGRE

PEE Sul



Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Constatações

- **Considerando o procedimento adotado, as curvas de potência probabilísticas, mensais são mais “comportadas” que as curvas horárias**
 - **Possibilidade de construção de Funções de Transferências Mensais (FTMs) entre vento e produção eólica mensais**
 - **Em havendo dados, seria relevante que as FTMs pudessem ser avaliadas sazonalmente**
 - **E podendo ser atualizadas anualmente**

Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Abordagens para construção das **Funções de Transferência Mensais (FTMs)** entre Ventos e Produção Eólica, incluem

- **Regressões lineares**
- **Modelos Aditivos Generalizados (GAM), e.g.**
 - **Regressões lineares por parte**
 - **Splines**

Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

1º Estágio de Implementação

1ª Etapa – Análise Exploratória dos Dados de Ventos e Produções Eólicas – Medidos e Oriundos de Reanálises

- Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

- Agrupamento Estatístico dos Regimes de Ventos

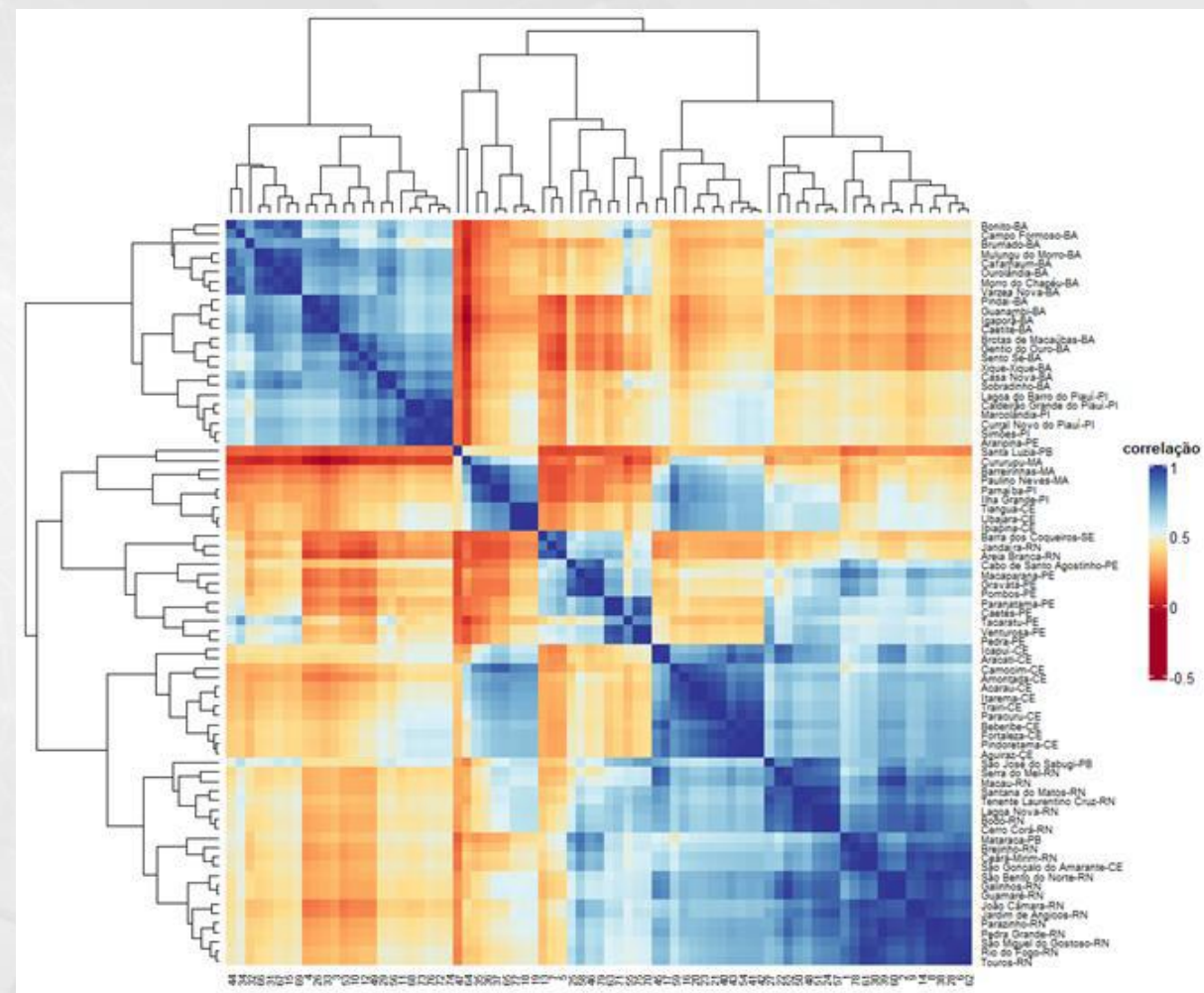
2ª Etapa – Geração de Séries Sintéticas de Ventos/Produção Eólica

3ª Etapa – Obtenção da Produção Eólica Mensal no algoritmo de PDDE (no modelo NEWAVE)

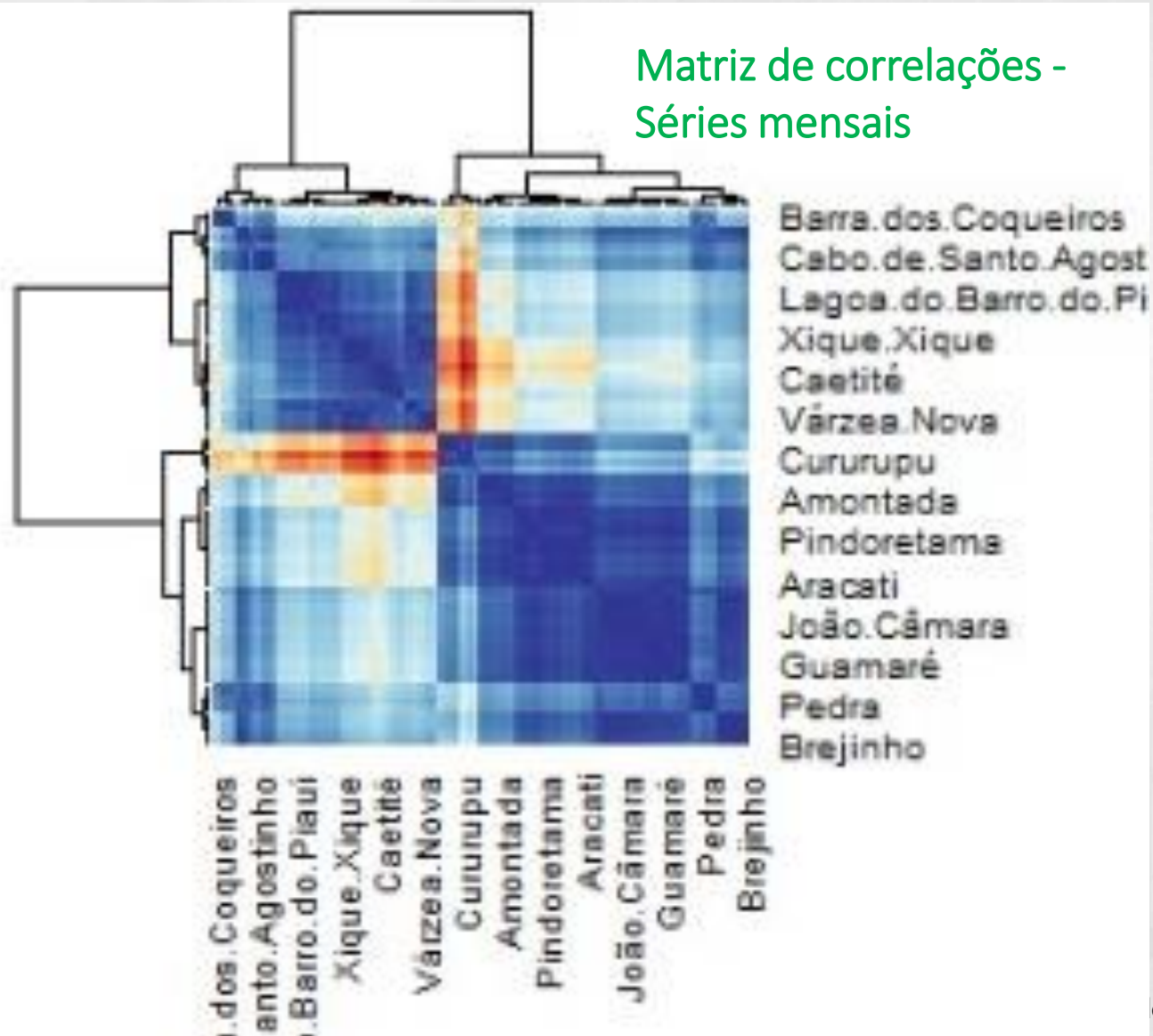
Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

Matriz de correlações entre as séries horárias de velocidades de vento

- a 100 m de altura
- oriundas do MERRA-2 (global)
- período de 2001-2017
- 498 parques eólicos que totalizam uma capacidade instalada de cerca de 12.676 MW
- agregados em 79 municípios



Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica



Obtenção das séries mensais

- agregados em 79 municípios

Resultados

- existência de **até 5** grupos de velocidades espacialmente correlacionadas

A discriminação dos grupos pode ser alcançada com a aplicação de métodos estatísticos multivariados

Abordagem proposta – 2 etapas

- a) análise fatorial exploratória (AFE)
 - ✓ aumenta a chance de gerar clusters espacialmente compactos
- b) análise de agrupamentos, e.g., K-Means

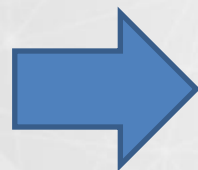
Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

- Dados de n parques eólicos, cada um com q observações mensais
- Matriz $q \times n$, cada coluna guarda a série temporal de velocidade de vento em um parque eólico



Dados MERRA 2 das velocidades mensais das 79 localidades

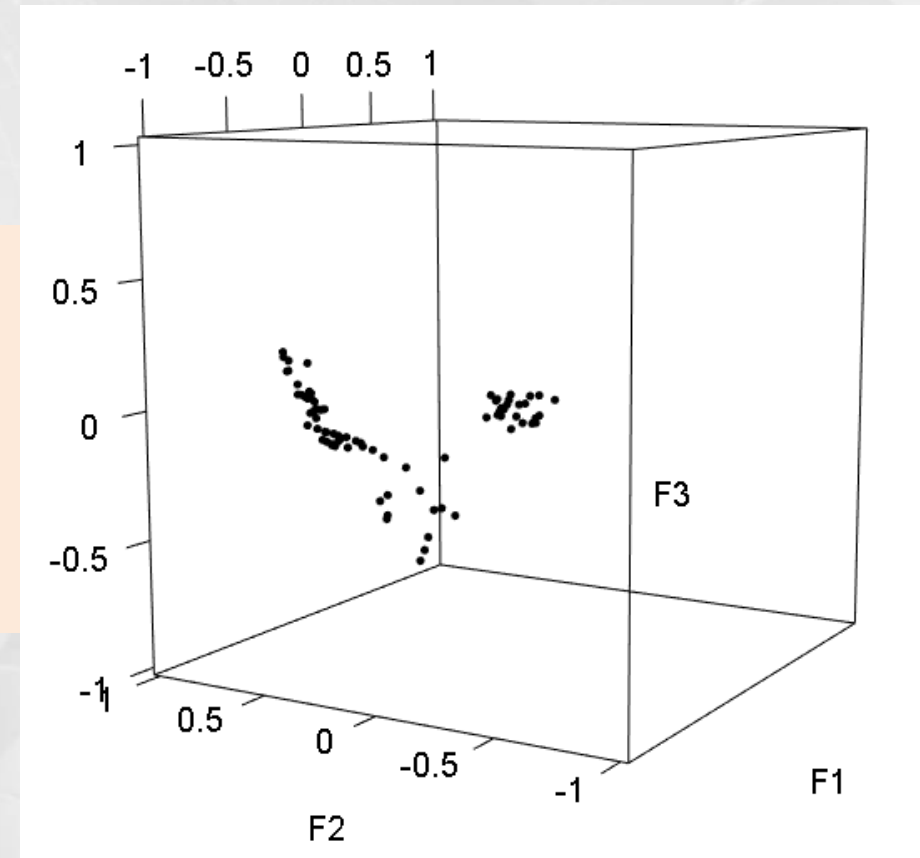
Análise Fatorial Exploratória



4 fatores latentes concentram cerca de 96,3% da variância total presente nos dados



Análise de Agrupamentos K-Means



Visualização dos 79 municípios nos 3 primeiros fatores latentes (matriz de correlações geradas a partir de dados mensais)

Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica

- Dados de n parques eólicos, cada um com q observações mensais
- Matriz $q \times n$, cada coluna guarda a série temporal de velocidade de vento em um parque eólico

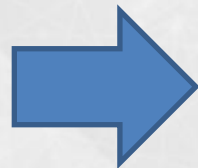


Análise Fatorial Exploratória

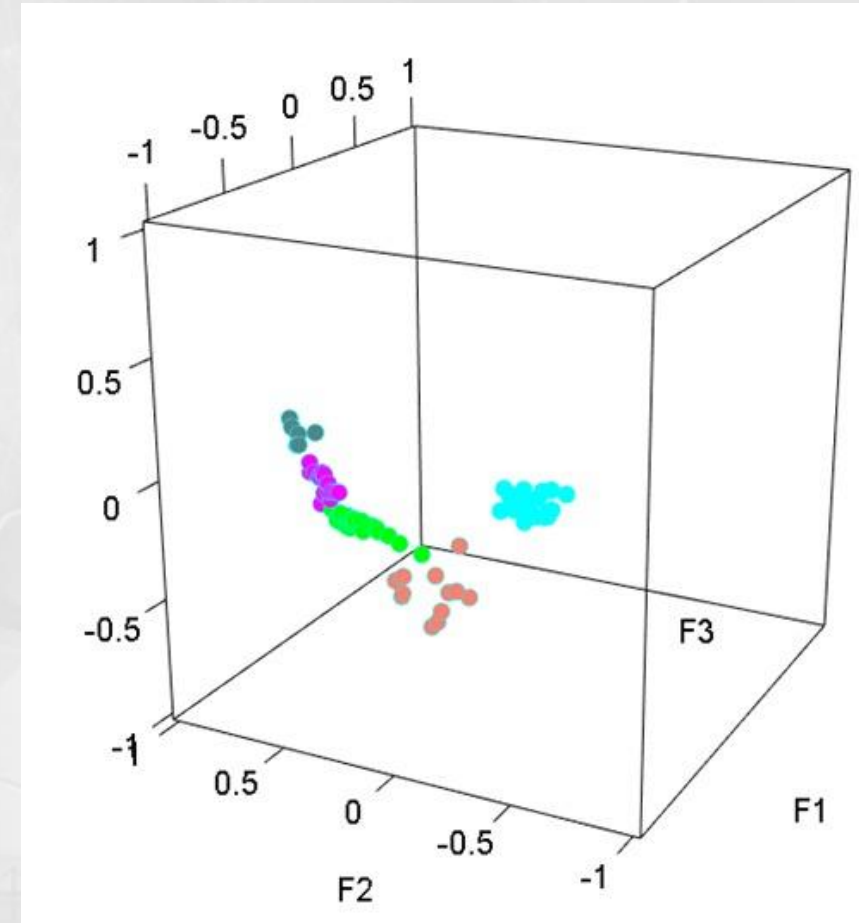


Coordenadas dos 79 municípios no espaço definido por 4 fatores latentes

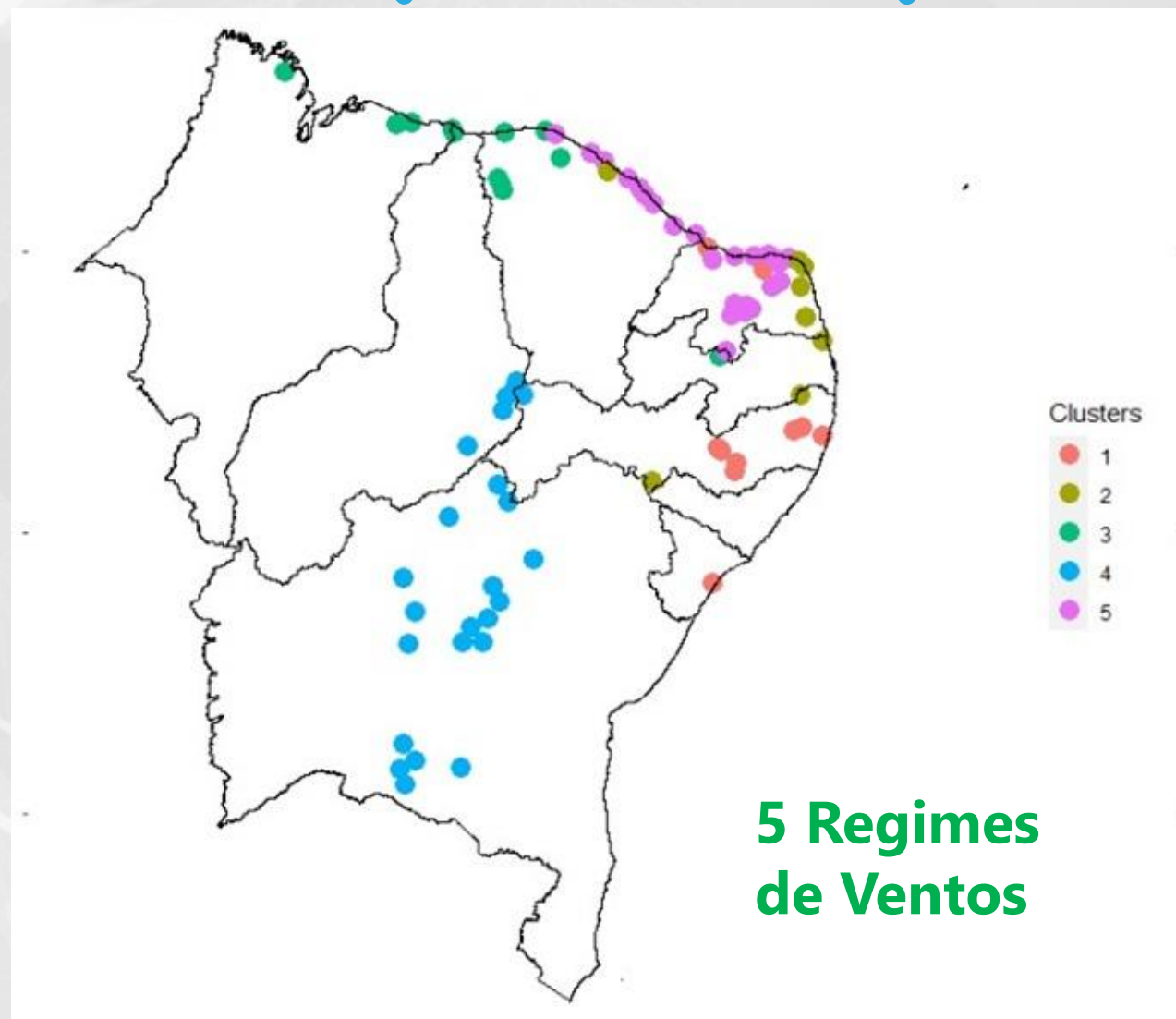
Análise de Agrupamentos K-Means



Solução com 5 clusters
B/T = 90,0%



Avaliação das Funções de Transferências Mensais entre Ventos e Produção Eólica



Relatório Técnico Cepel

Uma Abordagem para a Representação das Incertezas da Fonte de Geração Eólica no Planejamento da Operação de Longo, Médio e Curto Prazos

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

Maria Elvira Maceira, Albert Melo, José Francisco Pessanha,
Cristiane Cruz, Victor Almeida, Thatiana Justino

newave@cepel.br; ventos@cepel.br; gevazp@cepel.br

Obrigado



A pesquisa que constrói o futuro

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

newave@cepel.br; ventos@cepel.br; gevazp@cepel.br

Coordenação do GT Metodologia
gtmet.cpamp@ccee.org.br

Assessoria Técnica:

