

Webinar Fontes Renováveis Variáveis

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

Modelo de previsão e simulação mensal da geração eólica

Estudo empírico de um parque eólico no Ceará

GT METODOLOGIA
28/10/2020

Coordenação: CCEE

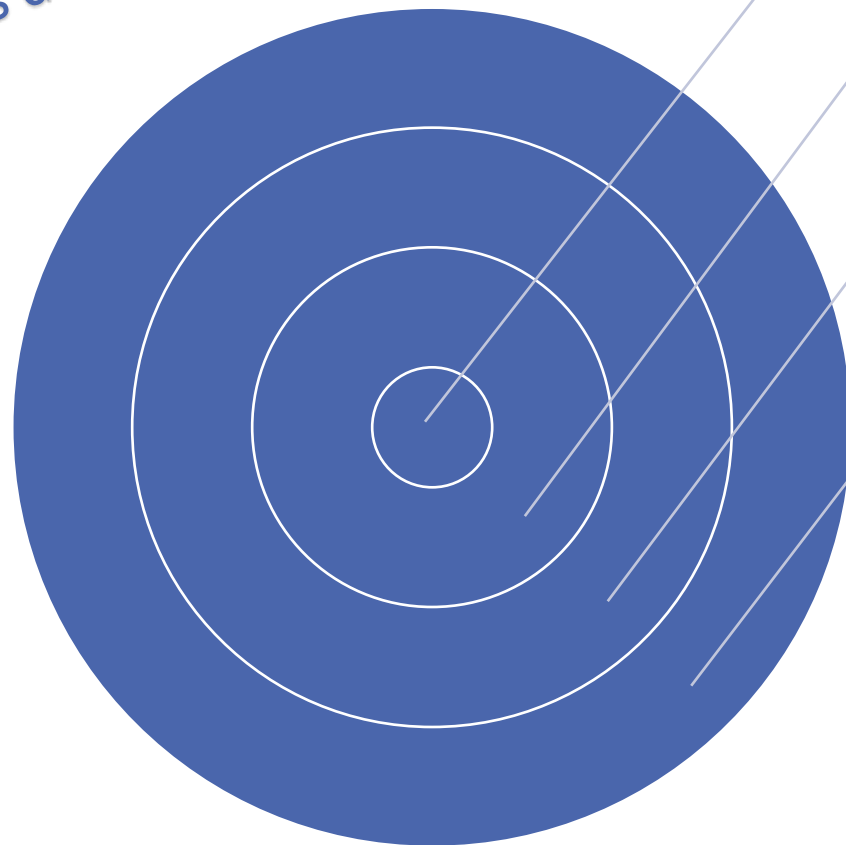
P&D Aneel nº PD-0622-0213/2013

Assessoria Técnica:



Contextualização

Médias mensais de geração eólica



Incorporação de simulações no Newave

Resultados do estudo de caso

Índices climáticos

Dados de reanálise

Dados de reanálise

Contribuições

- Complementação de dados faltosos
- Extensão histórica de série
- Avaliação do efeito de fenômenos climáticos*

Vantagens

- Manutenção do perfil do vento independentemente de parques eólicos
- Dados públicos

Desvantagens

- Mudança de base de dados* (ex.: MERRA -> MERRA2)
- Ajustes para minimização de erros na base inicial de dados a serem modelados

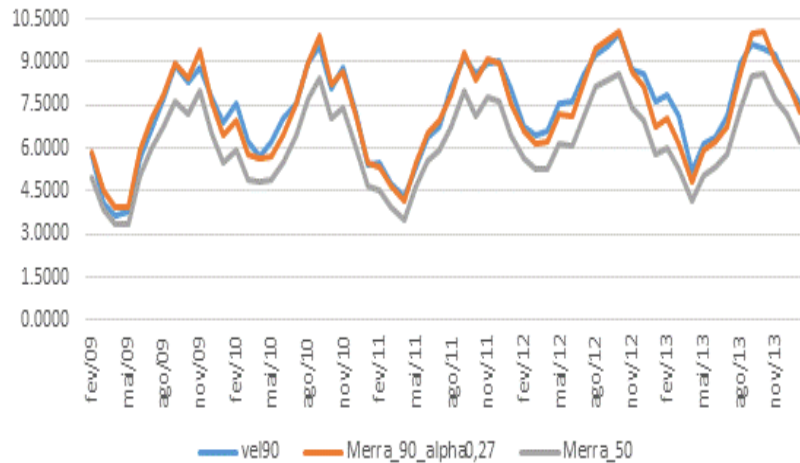
Sugestão de aplicação

- Parques pré-operacionais: curva de potência e dados de medição local existentes
- Parques operacionais: especificação do aerogerador e dados de geração e disponibilidade existentes

Dados de reanálise

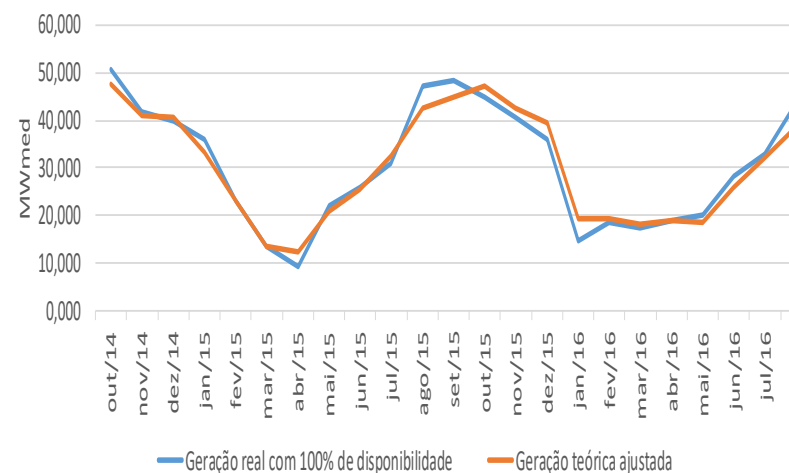
Sugestão de aplicação

Parque pré-operacional

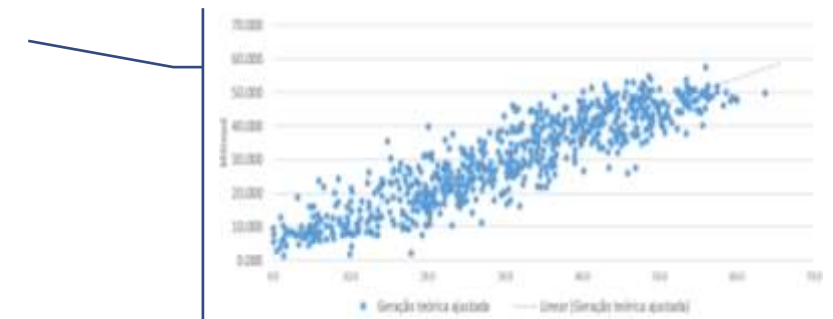


- Médias mensais de séries de velocidade do vento (m/s)
- Ajuste a partir de dados horários

Parque operacional



- Médias mensais de séries de geração
- Ajuste a partir de dados horários



Dados de reanálise

Formulações

$$\bar{U}_{h_1} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^\alpha \bar{U}_{h_2}$$

\bar{U}_h = velocidade média do vento na altura h (m/s)

h = altura acima do nível do solo (m)

α = expoente de perfil vertical do vento

$$P(v) = \frac{1}{2} \times A \times \rho \times C_p(v) \times v^3 \times 10^{-3}$$

v = velocidade do vento a 89m de altura (m/s)

$P(v)$ = potência do aerogerador em função da velocidade v (kW)

A = área das lâminas do rotor, no caso, 11.690 m²

ρ = densidade do ar (kg/m³)

$C_p(v)$ = coeficiente de potência

$$G(v) = \frac{A}{2} \times F_m(v) \times v^3$$

v = velocidade média do vento a 89m de altura (m/h)

$G(v)$ = geração média por hora de um aerogerador em função da velocidade v (MWh/h)

A = área das lâminas do rotor, no caso, 11.690 m²

$F_m(v)$ = fator multiplicador ($\rho \times C_p(v) \times 10^{-3}$)

$$wp(v) = G(v) \times 28 \times \xi(v)$$

$wp(v)$ = geração do parque (MWmed ou MWh/h)

$\xi(v)$ = fator redutor representativo do efeito esteira

Calibrados para minimização do erro (MAE) das médias diárias e mensais das séries.

Índices climáticos



Índices climáticos

El Niño / La Niña

$$nino_m = \begin{cases} 1, & \text{se } Med \text{ Anom TSM Niño } 3.4_{m,m-1,m-2} > 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$nina_m = \begin{cases} 1, & \text{se } Med \text{ Anom TSM Niño } 3.4_{m,m-1,m-2} < 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$nina2_m = \begin{cases} 1, & \text{se } Med \text{ Anom TSM Niño } 3.4_{m-2,m-3,m-4} < 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Dipolo do Atlântico

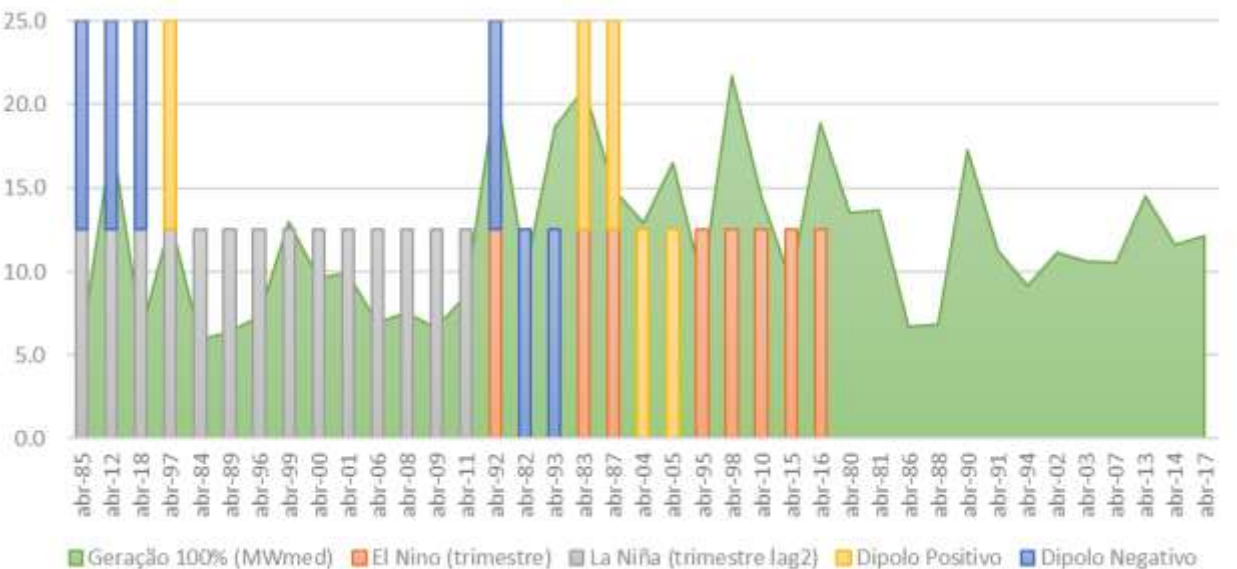
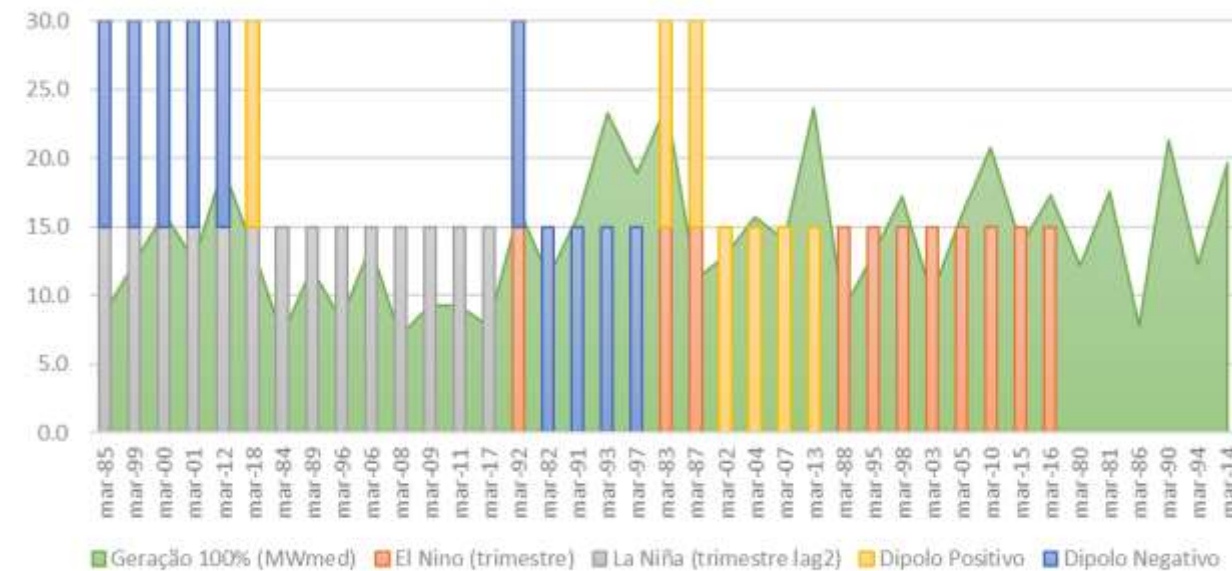
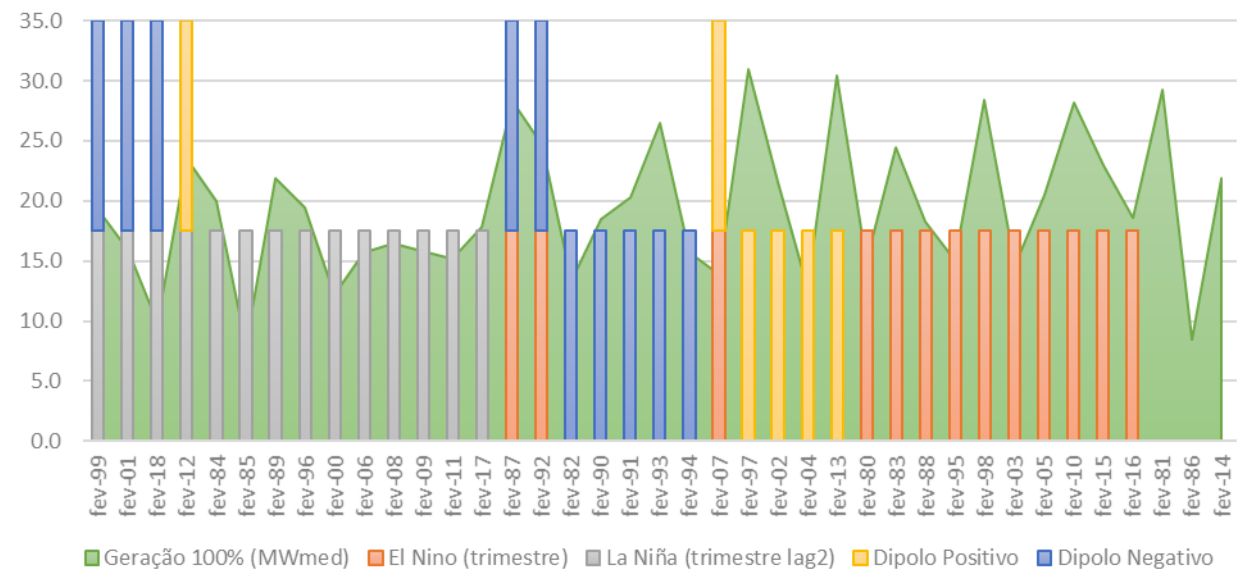
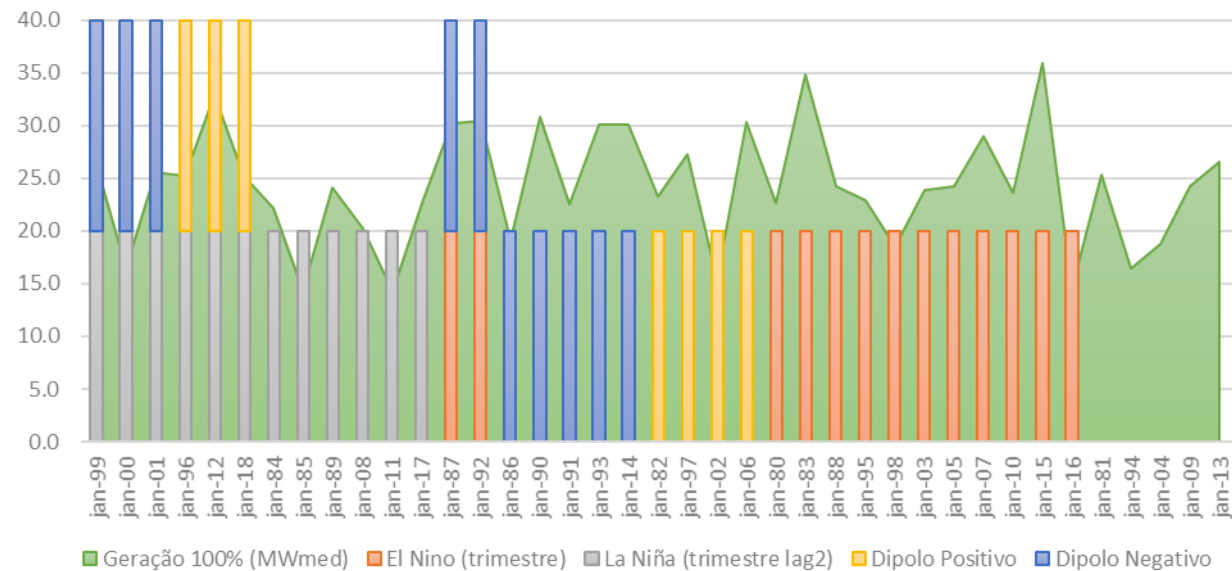
$$dipP_m = \begin{cases} 1, & \text{se } Anom \text{ TSM } AtlN_m > 0 \text{ e } Anom \text{ TSM } AtlS_m < 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$dipN_m = \begin{cases} 1, & \text{se } Anom \text{ TSM } AtlN_m < 0 \text{ e } Anom \text{ TSM } AtlS_m > 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

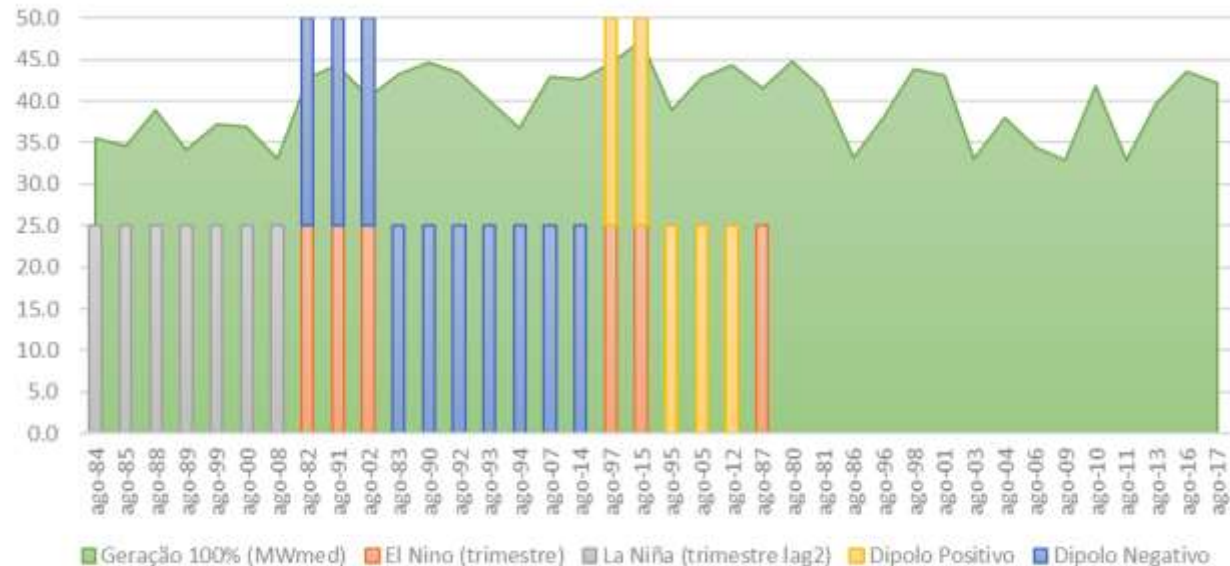
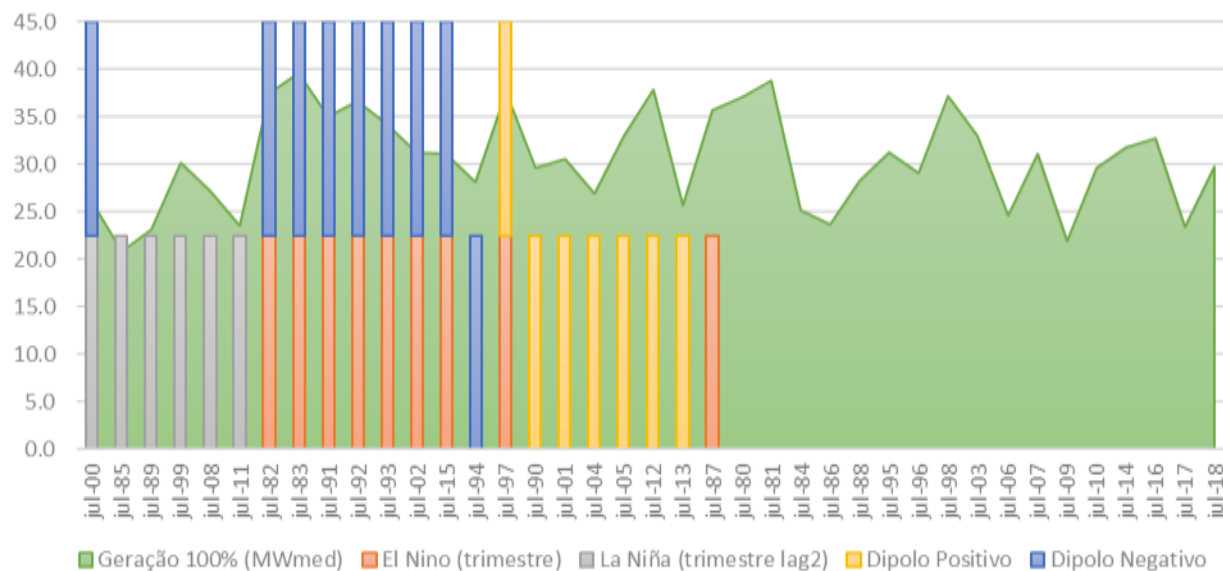
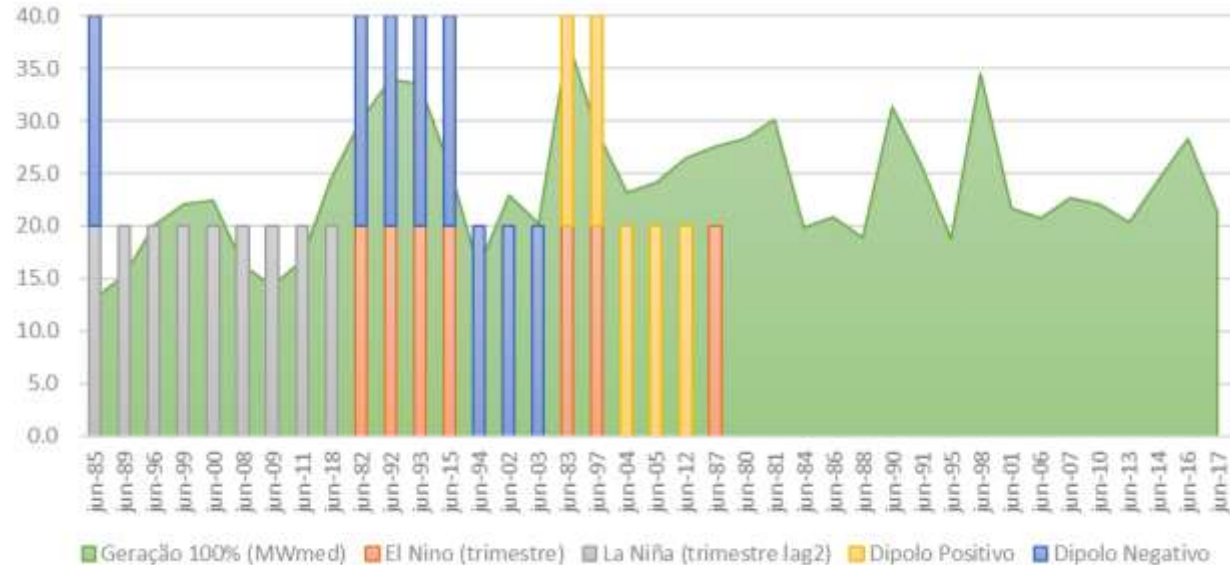
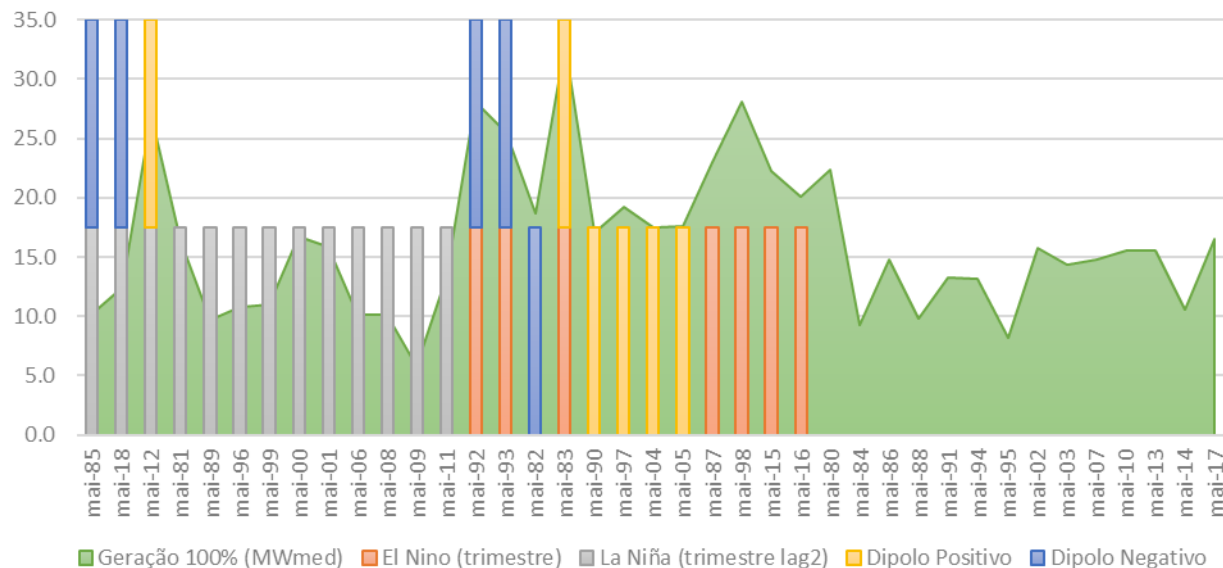
$Anom \text{ TSM } AtlN_m$ = anomalia de TSM no Atlântico Norte (5N-20N, 30W-50W) no mês m

$Anom \text{ TSM } AtlS_m$ = anomalia de TSM no Atlântico Sul (0-20S, 30W-10E) no mês m

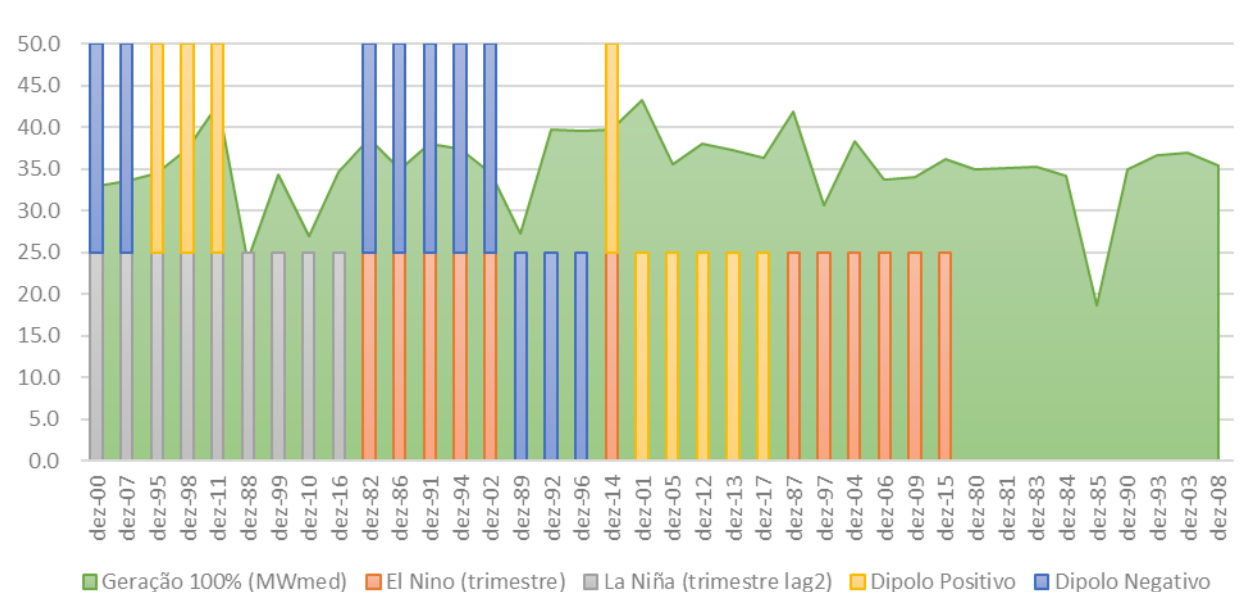
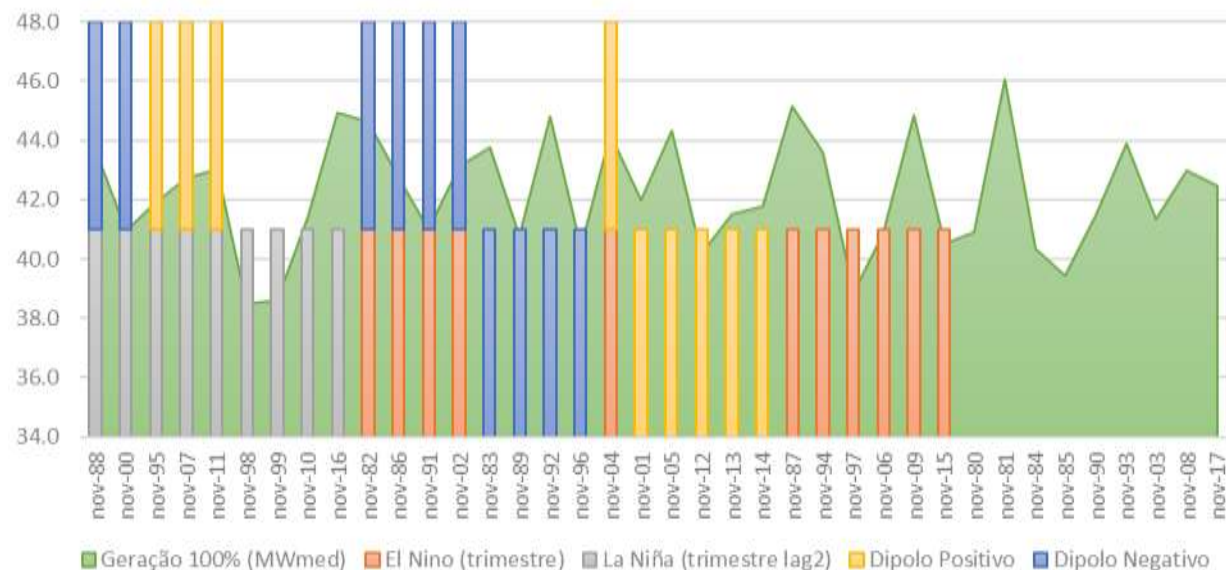
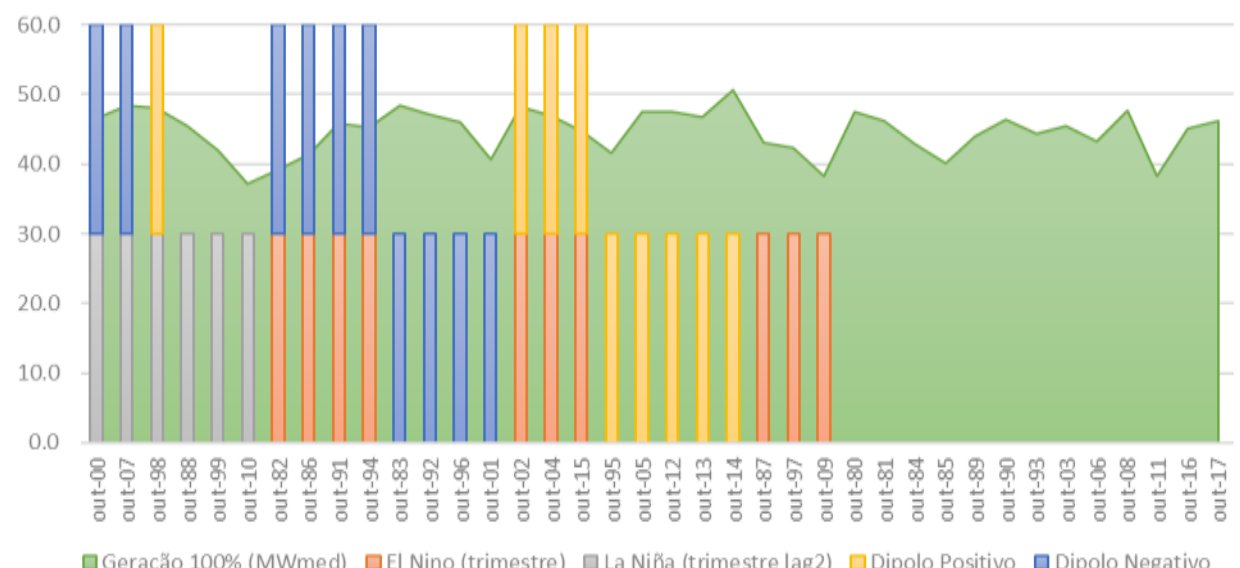
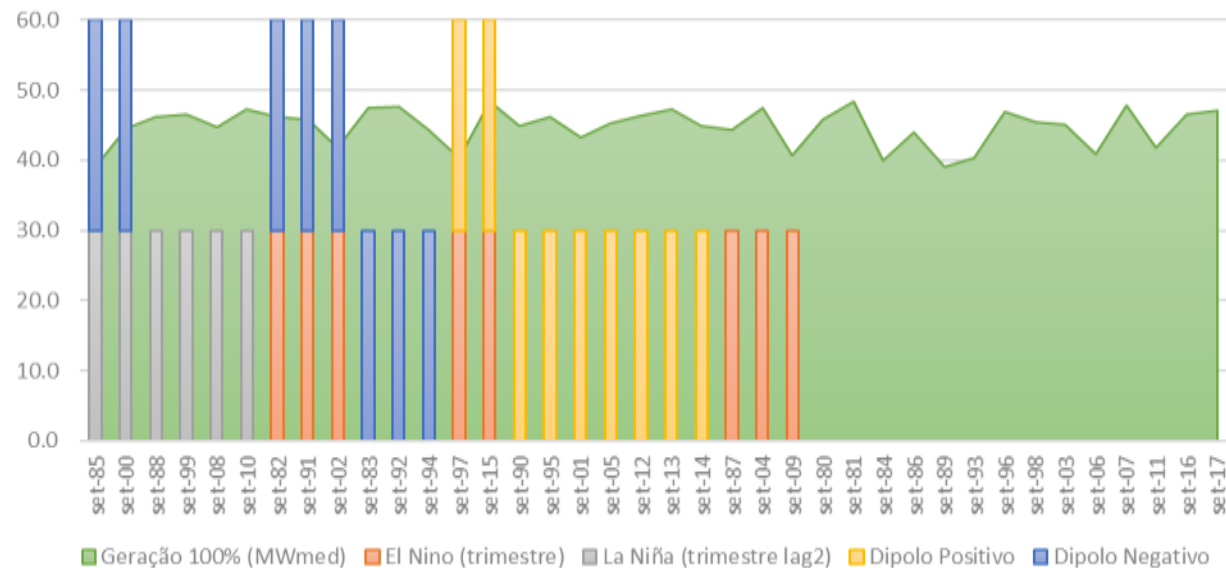
Índices climáticos



Índices climáticos

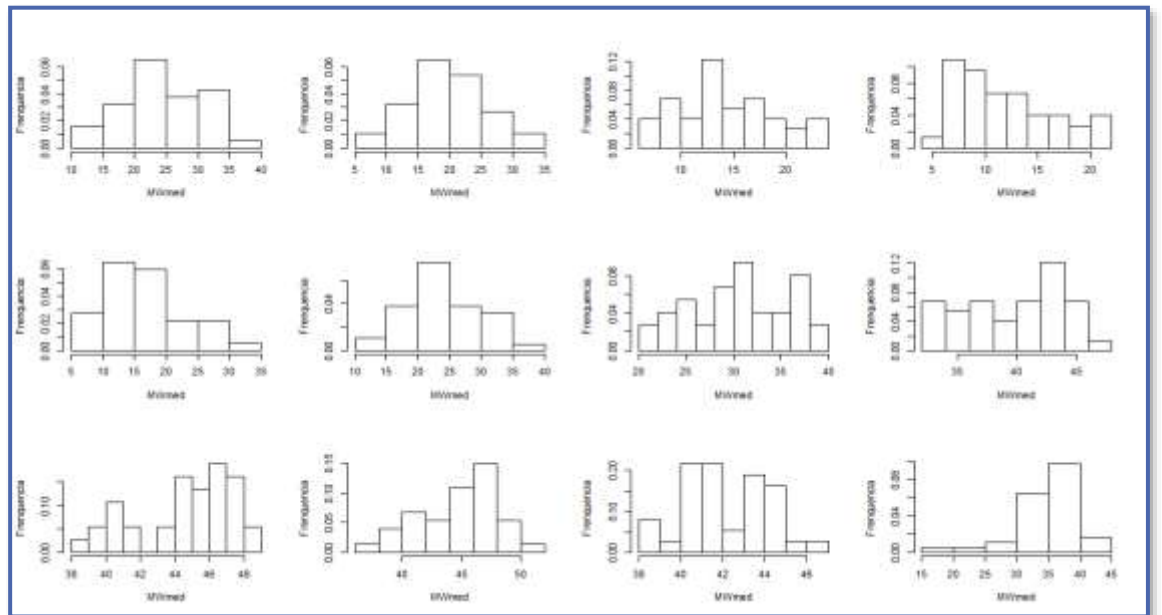
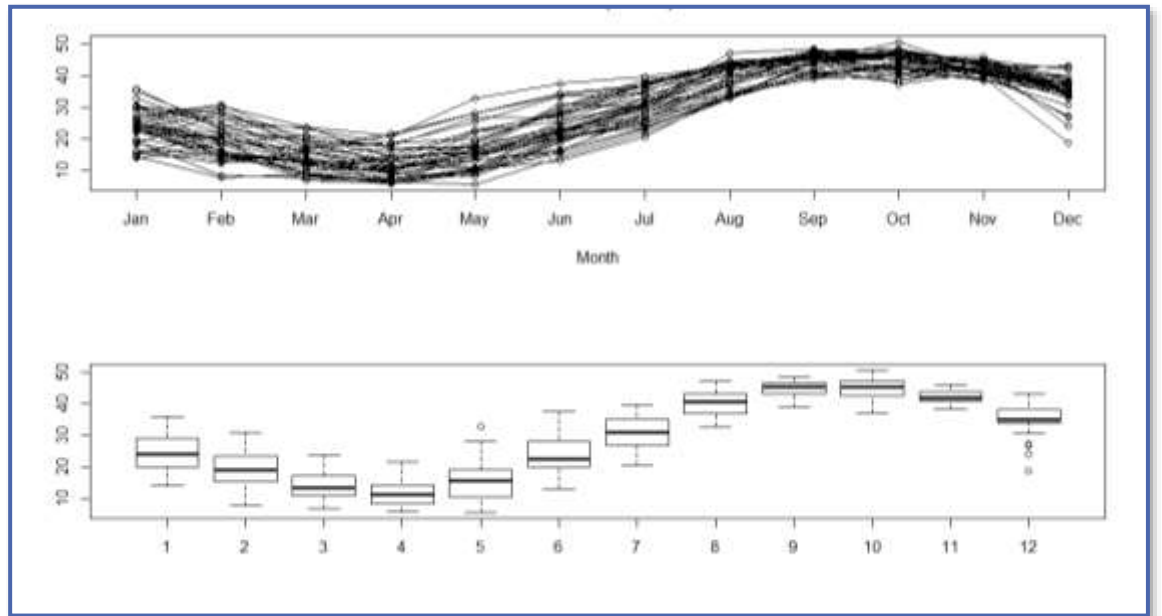
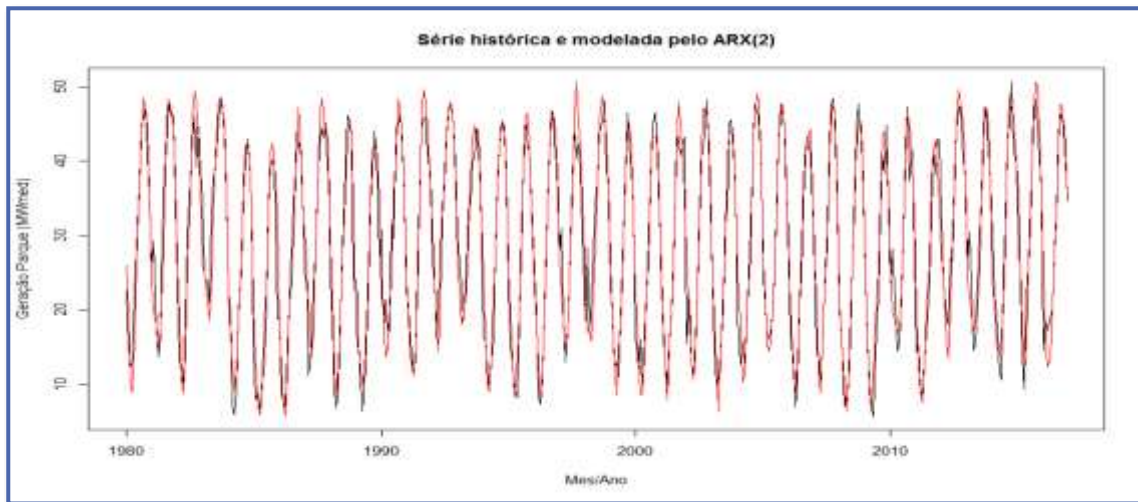
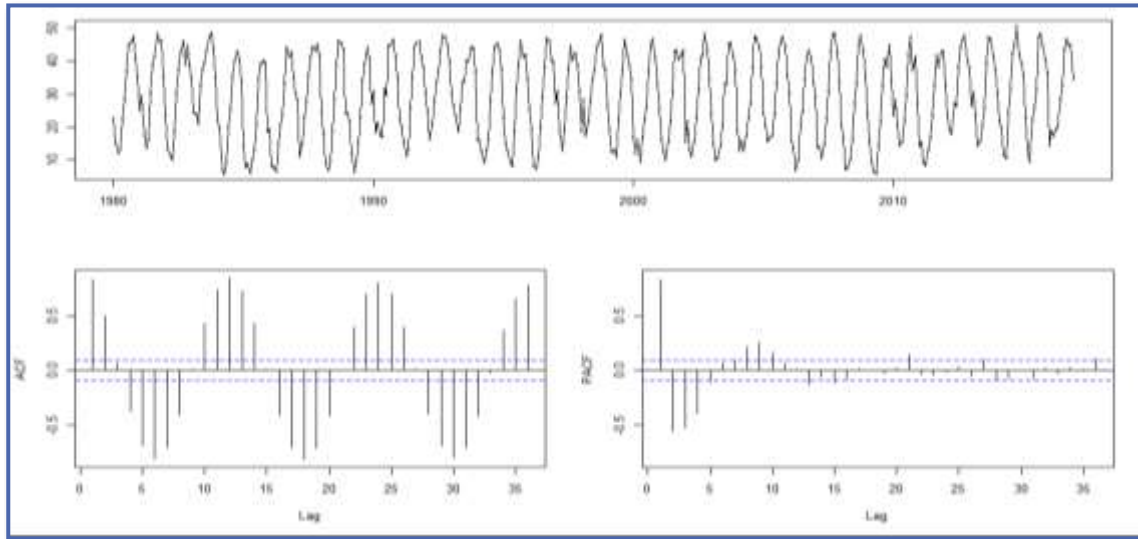


Índices climáticos



Resultados do estudo de caso

Características da série de geração teórica



Resultados do estudo de caso

Modelo ajustado à série de jan/1980 a dez/2016

$$ARX(2) + (nino, nina2, dipP, dipN)$$

$$wp_j = 13,7283 + 0,3972 \times (wp_{j-1} - \alpha_{m-1} - \alpha_{c_{m-1}}) + 0,2071 \times (wp_{j-2} - \alpha_{m-2} - \alpha_{c_{m-2}}) - 10,7193Jan - 15,2191Fev - 20,3017Mar - 22,4410Abr - 18,1027Mai - 10,9523Jun - 4,3958Jul + 4,9830Ago + 9,5490Set + 9,4441Out + 6,9915Nov + 2,5263nino - 1,9210nina2 + 1,0879dipP - 1,0650dipN + \varepsilon_j; \varepsilon_j \sim N(0; 3,5889)$$

wp_j = média mensal de geração eólica do parque no mês j ;

Jan ... Nov = 1, para o mês correspondente a j e 0, para os demais (o mês igual a 1 é considerado o mês m);

β_i = coeficiente associado à geração eólica no mês $j-i$;

α_n = coeficiente associado ao mês n , onde n = Jan ... Nov;

α_{c_v} = coeficiente associado à variável climática v , onde v = nino, nina2, dipP ou dipN;

α_{c_n} = soma do(s) coeficiente(s) α_{c_v} para as variáveis (v) iguais a 1 no mês n (Jan ... Nov);

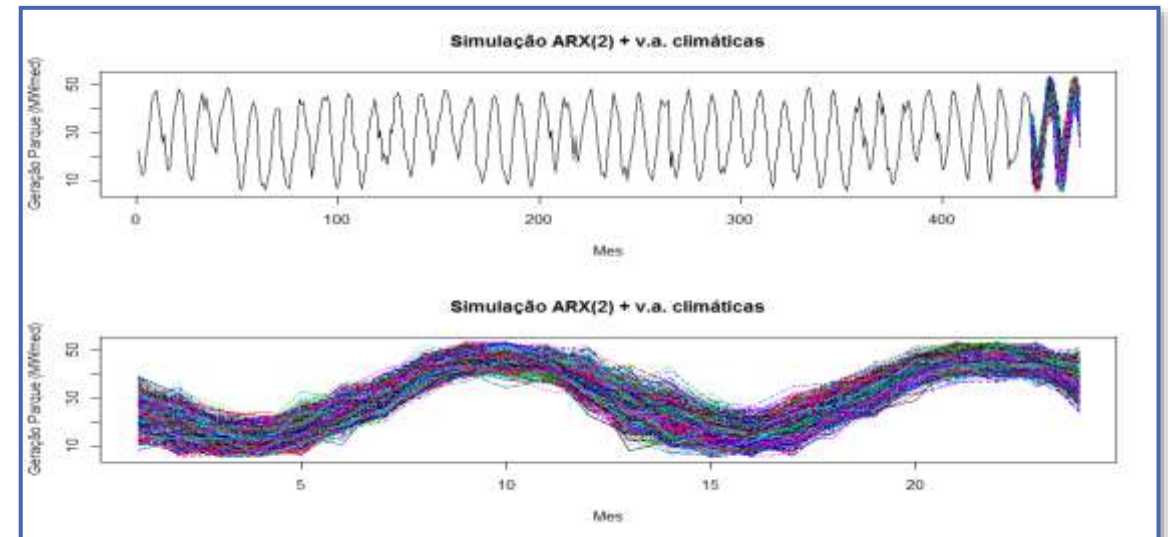
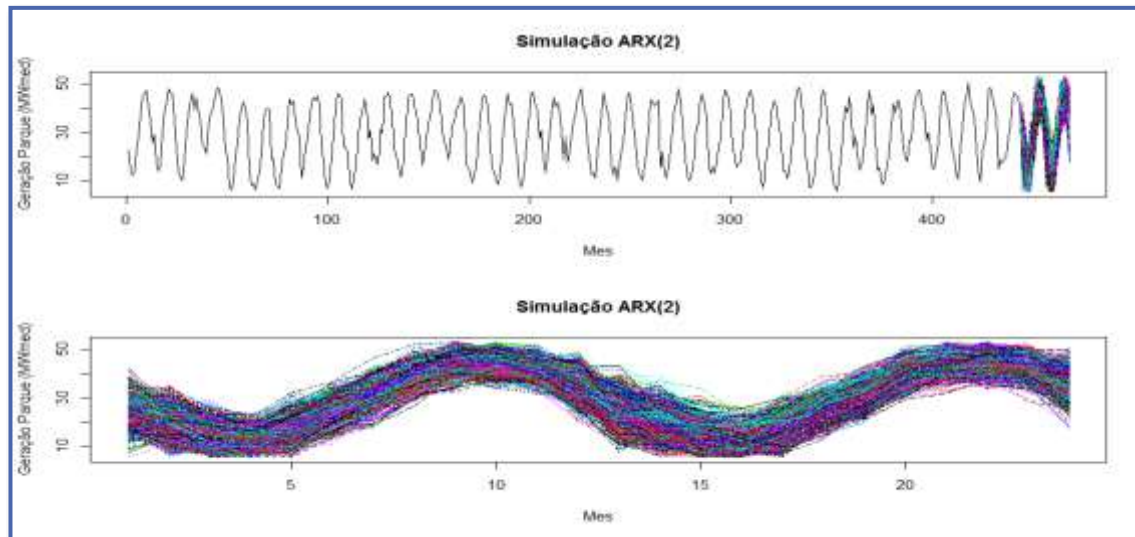
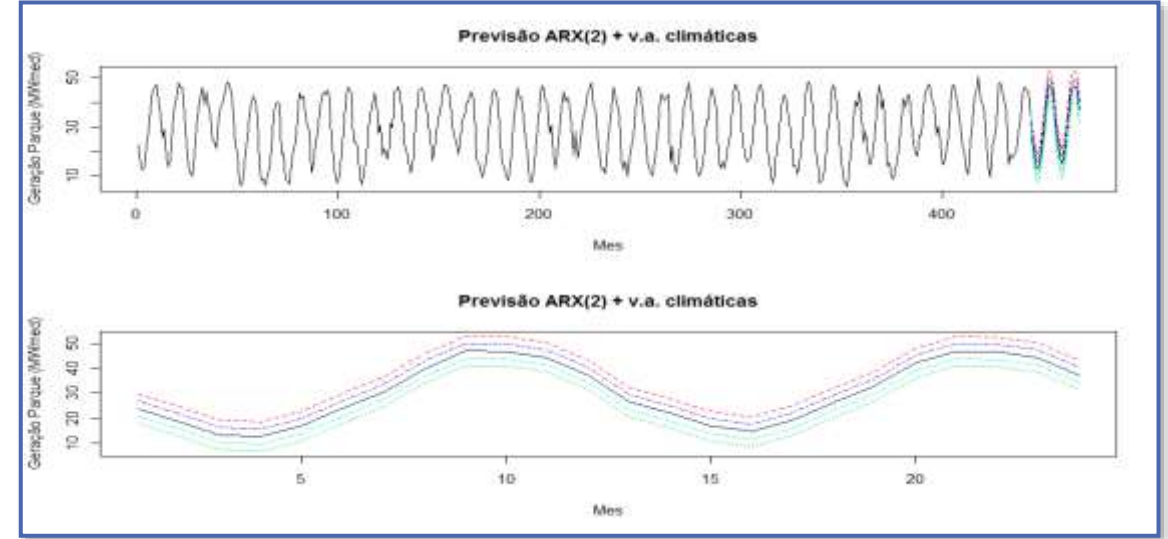
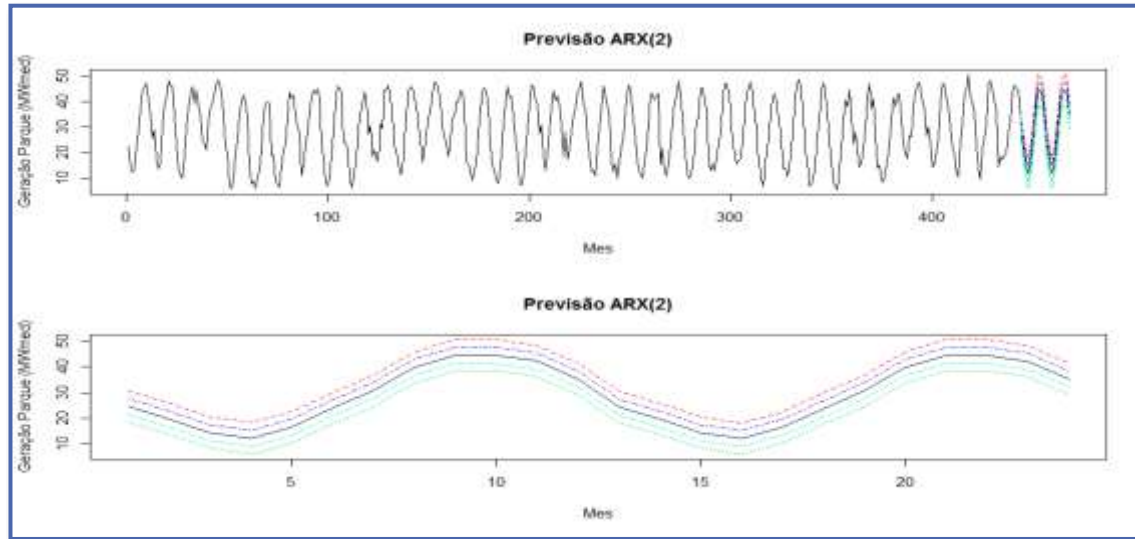
ε_j = erro do modelo no mês j , com distribuição Normal de média zero e desvio-padrão σ

Ajuste da
distribuição
para
simulação.

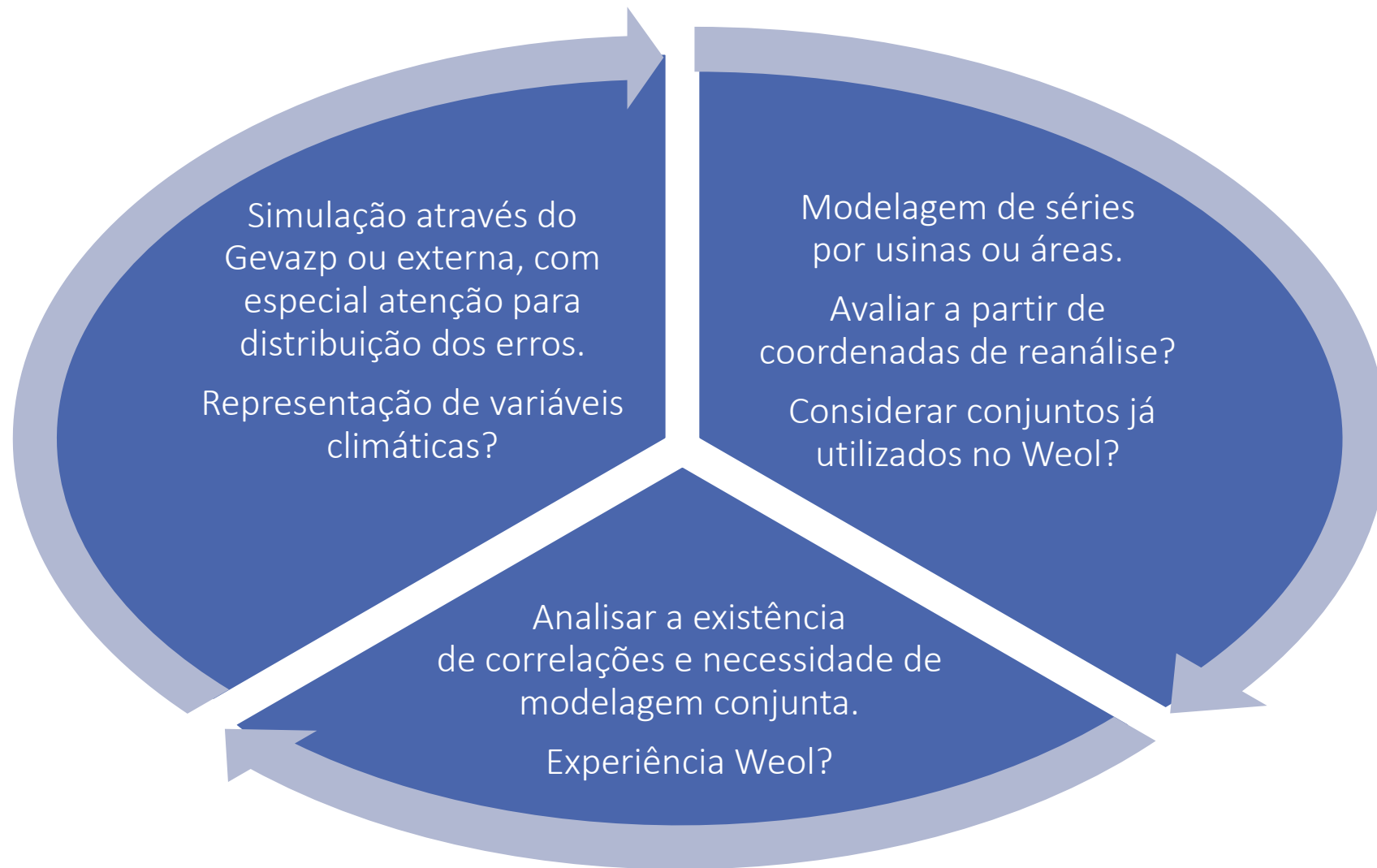
Modelo	RMSE	MAE	MAPE
GARCHX(0,1)-(2)	3.728	2.831	13.27%
GARCHX(0,1)-(2) + (nino, nina, dipP, dipN)	3.636	2.774	13.09%
GARCHX(0,1)-(2) + (nino, nina2, dipP, dipN)	3.606	2.751	12.86%
ARX(2)	3.712	2.857	13.59%
ARX(2) + (nino, nina, dipP, dipN)	3.619	2.794	13.26%
ARX(2) + (nino, nina2, dipP, dipN)	3.589	2.768	13.01%
PAR(3)	3.478	2.634	12.36%

Resultados do estudo de caso

Previsão e simulação



Incorporação de simulações no Newave



Cristina Pimenta

cristinasluz@yahoo.com.br

cristina.pimenta@diferencialenergia.com.br

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

Assessoria Técnica:

