

APRESENTAÇÃO

Avaliação da estabilidade de estimativas de velocidade de vento de longo prazo: validação de métodos de regressão direta e dupla

Leonardo G. Chiquita | CDV Desenvolvimento
leonardo.chiquita@casadosventos.com.br

Contexto

Ajustes de longo prazo

Campanhas de medição de vento longas são importantes na busca por estimativas de velocidade e geração médias de longo prazo com baixa incerteza.

Mas por quanto tempo devemos medir?

Como usar torres vizinhas para reduzir a incerteza?

Objetivos

Ajustes de longo prazo



Quantificar decaimento

Medir a redução do viés e do desvio padrão do erro conforme a duração da campanha de medição aumenta



Comparar métodos

Avaliar o desempenho da regressão direta (ERA5) versus regressão dupla (ERA5 + torre primária)



O valor do tempo

Definir um padrão mínimo de tempo de medição para obter boas estimativas

Dados e metodologia

Ajustes de longo prazo

Dados utilizados no estudo:

- 27 torres anemométricas **secundárias** no nordeste brasileiro (**6 a 10 anos de medição**)
- Torres primárias respectivas (mais longas que as secundárias e com **R2 horário ≥ 0.8**)
- Séries de reanálise **ERA5** com a melhor correlação para cada torre

Metodologias utilizadas:

- **regressão linear direta** de cada torre com ERA5
- **regressão linear dupla:**
 - regressão linear direta de torres primárias com ERA5
 - regressão linear das torres secundárias com torres primárias respectivas

Grandezas avaliadas:

- **velocidade** de vento média de **longo prazo**
- geração de **energia** média de **longo prazo**

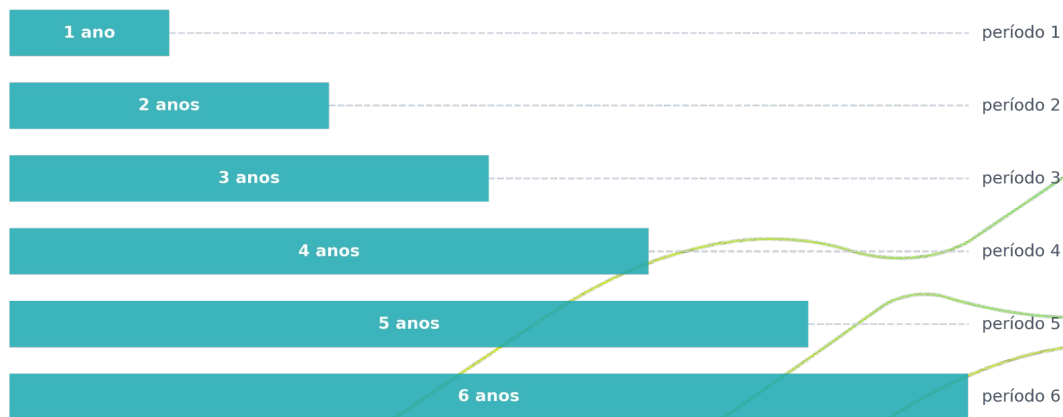
Metodologia

Parte 1 – períodos crescentes

Cada torre teve diferentes períodos analisados, de acordo com o diagrama:

Histórico total de medição (exemplo: 6 anos de campanha)

ano 1	ano 2	ano 3	ano 4	ano 5	ano 6
-------	-------	-------	-------	-------	-------



Metodologia

Parte 1 – períodos crescentes

Para cada **período** de cada torre, foram obtidos:

- **função de transferência** entre torre e série **ERA5** de melhor correlação
- **função de transferência** entre torre e **torre primária** respectiva
- para cada tipo de regressão linear (direta e dupla):
 - **velocidade média** de longo prazo
 - **série de velocidades** medida ajustada para longo prazo
 - **série de potências** de longo prazo (via curva de potência)
 - **potência média** de longo prazo
 - **erro da velocidade média** de longo prazo
 - **erro da potência média** de longo prazo

Para cálculo dos **erros de velocidade e potência média** de longo prazo e de acordo com o tipo de regressão, foram consideradas como **valores de referência** as velocidades e potências médias calculadas com **base no período completo de medição** da torre.

Metodologia

Parte 2 - triênios

Cada torre teve diferentes triênios analisados, de acordo com o diagrama:

Histórico total de medição (exemplo: 6 anos de campanha)



Metodologia

Parte 2 - triênios

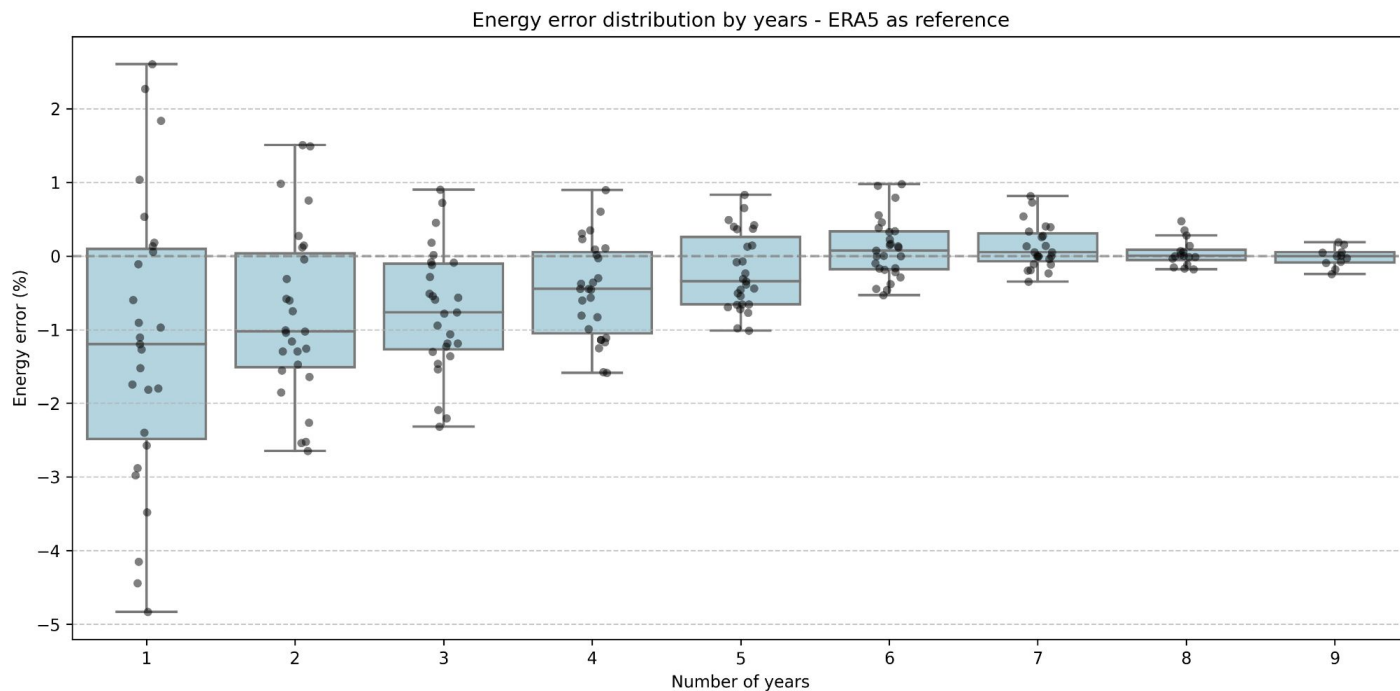
Para cada **triênio** de cada torre, foram obtidos (**análogo à parte 1**):

- **função de transferência** entre torre e série **ERA5** de melhor correlação
- **função de transferência** entre torre e **torre primária** respectiva
- para cada tipo de regressão linear (direta e dupla):
 - **velocidade média** de longo prazo
 - **série de velocidades** medida ajustada para longo prazo
 - **série de potências** de longo prazo (via curva de potência)
 - **potência média** de longo prazo
 - **erro da velocidade média** de longo prazo
 - **erro da potência média** de longo prazo

Para cálculo dos **erros de velocidade e potência média** de longo prazo e de acordo com o tipo de regressão, foram consideradas como **valores de referência** as velocidades e potências médias calculadas com **base no período completo de medição** da torre.

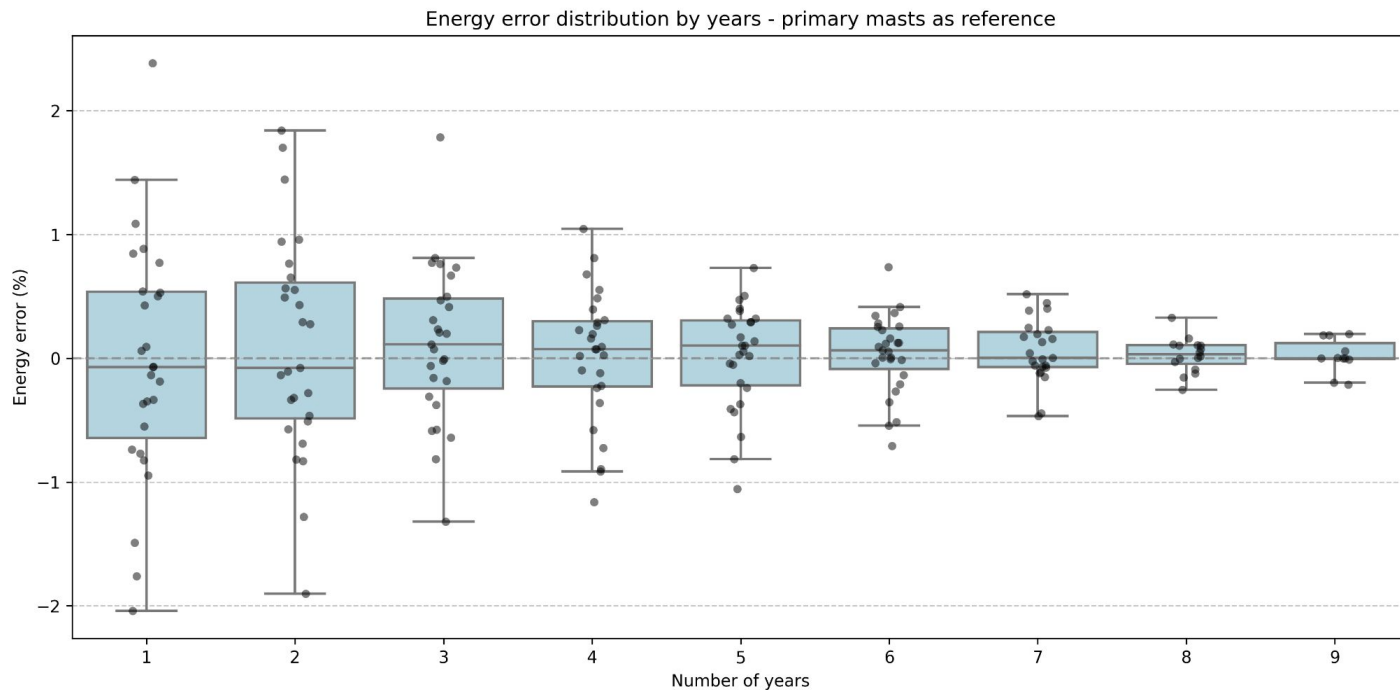
Resultados

Parte 1 - períodos crescentes



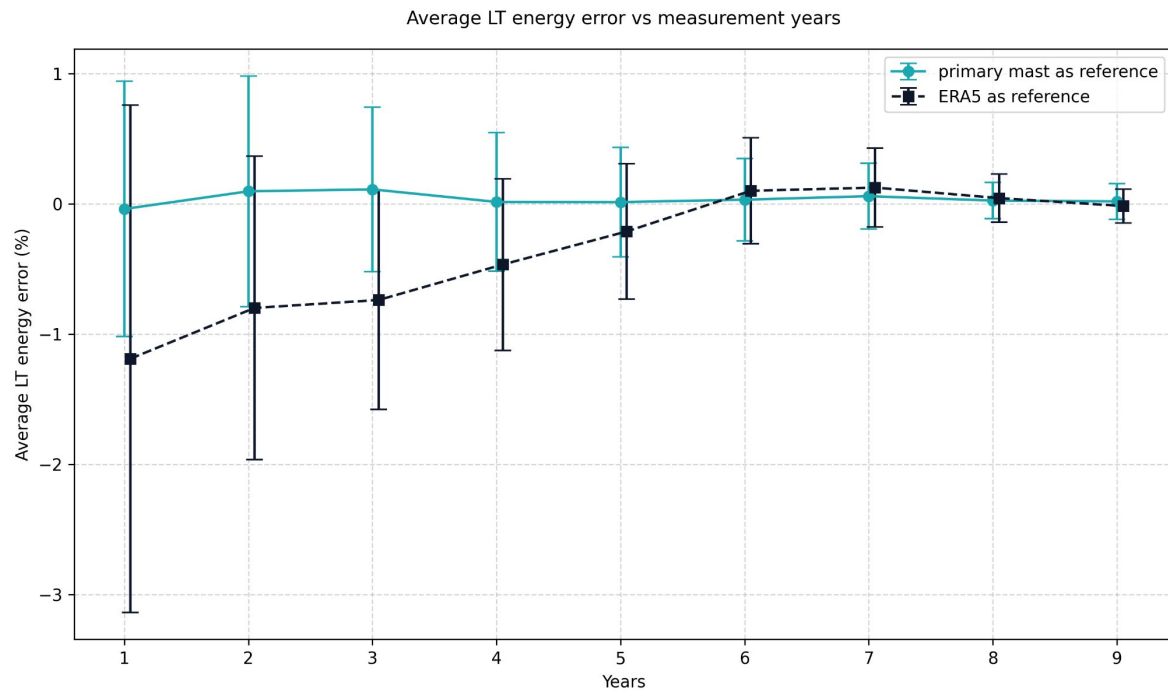
Resultados

Parte 1 - períodos crescentes



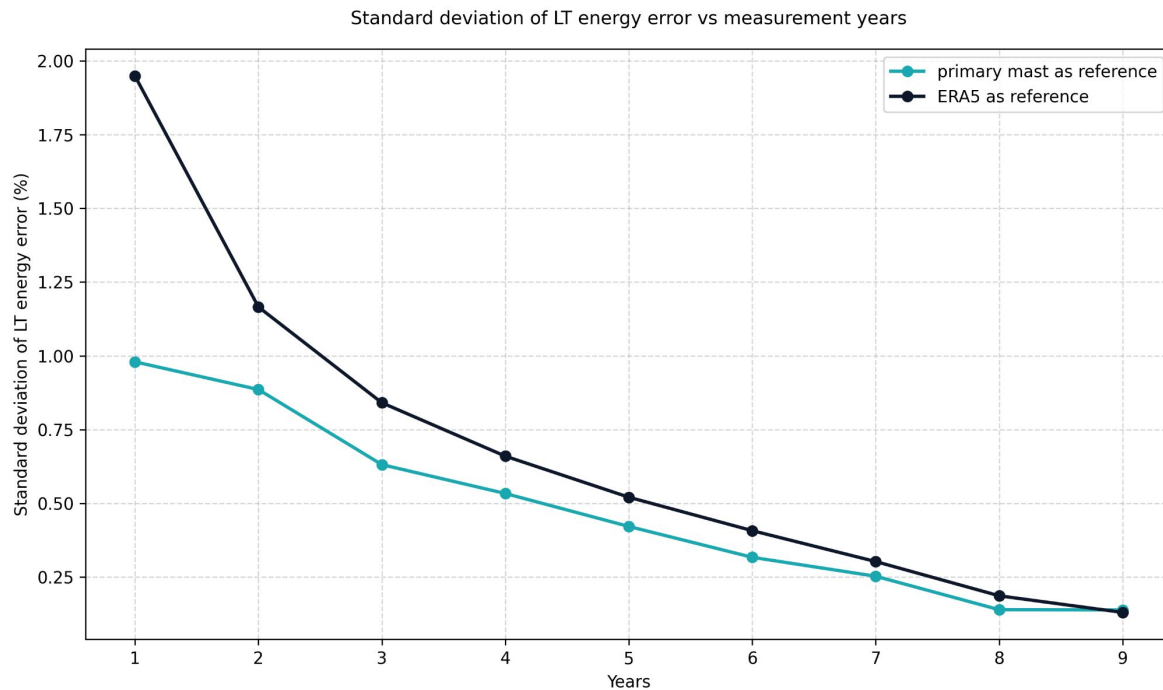
Resultados

Parte 1 - períodos crescentes



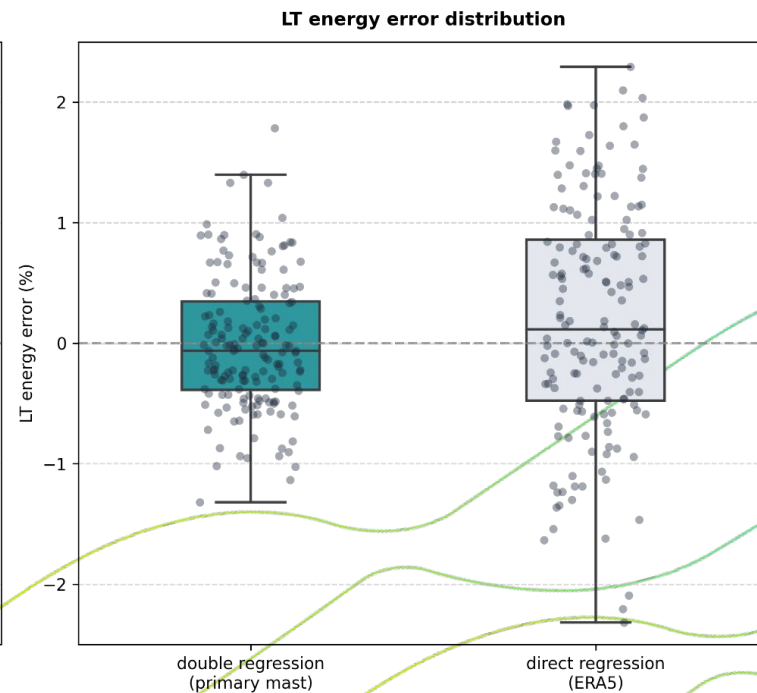
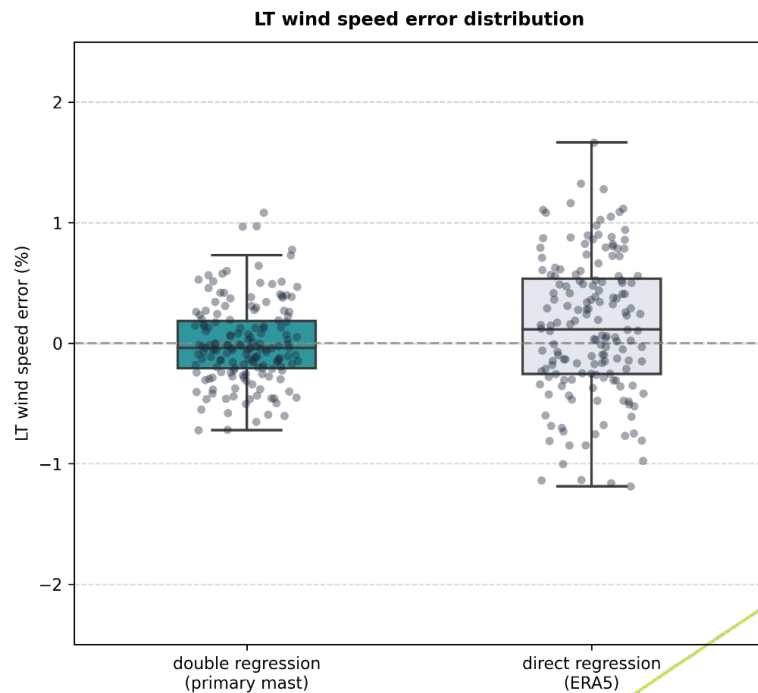
Resultados

Parte 1 - períodos crescentes



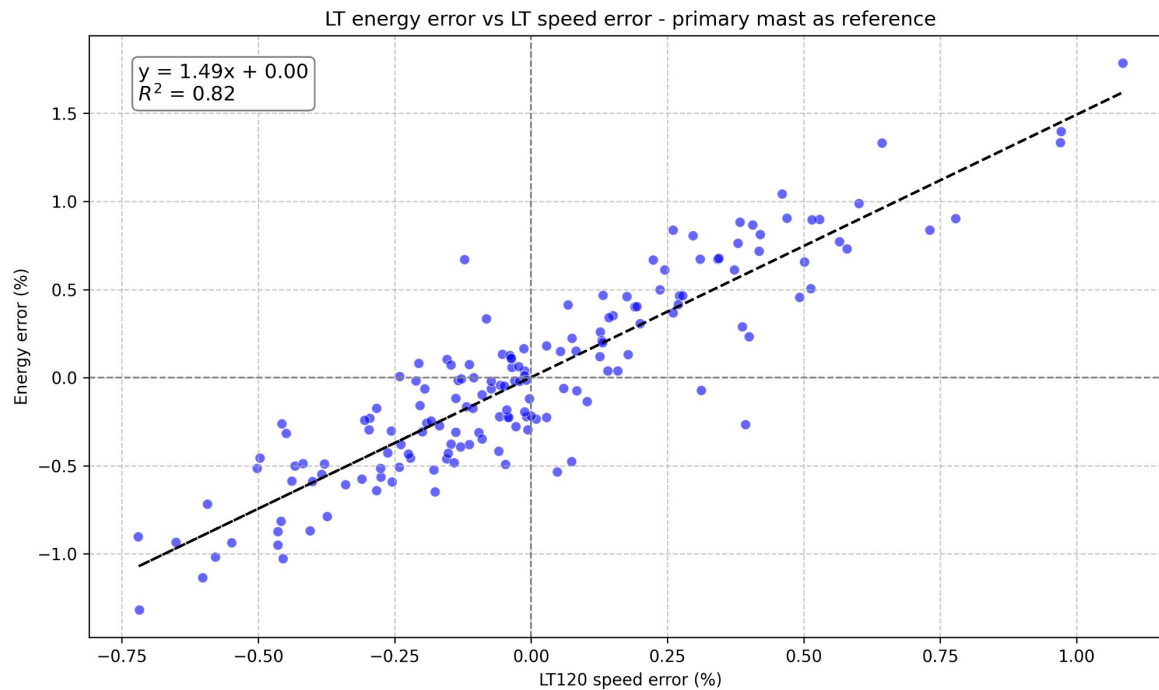
Resultados

Parte 2 - triênios



Resultados

Parte 2 - triênios



Conclusões

Ajustes de longo prazo

Parte 1

Torres primárias:

- O **desvio padrão das estimativas** apresenta uma queda acentuada **entre os anos 1 e 3**, evidenciando uma **janela crítica para a redução de incerteza**.
- A janela seguinte, de **3 a 6 anos**, apresenta uma redução adicional no desvio padrão e uma **redução substancial no viés** dos resultados.

Torres secundárias:

- Associar torres secundárias a torres primárias resultou em **vieses bastante baixos desde o primeiro ano** e desvios padrão de 1 ano inferiores a torres de 2 anos com regressão direta.
- Janela de **1 a 3 anos** também se mostrou importante para **redução do desvio padrão**.

Geral:

- Torres com **6 anos ou mais** mostraram **ótimas incertezas** na regressão direta e são **excelentes candidatas a torres primárias** para vizinhas de boa correlação.

Conclusões

Ajustes de longo prazo

Parte 2

- Mais de 50% dos **triênios com regressão dupla** apresentaram **erros** absolutos inferiores a **0.4% em energia**.
- Um período de medição de **3 anos** tende a fornecer estimativas com **incertezas bastante satisfatórias** quando associado a uma boa torre primária.
- Verificou-se um **índice de sensibilidade** (erro em energia versus erro em velocidade) de **1.5**.



casadosventos.com.br



Casa dos Ventos
Energias Renováveis



@casadosventos

cdv 
desenvolvimento