



*MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES*  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

# Análise e correção de viés de séries temporais das previsões climáticas sazonais do modelo Eta no domínio espectral

Caio Marcos Muniz Grasso da Silva

Relatório de Iniciação Científica  
do programa PIBIC, orientada  
pela Dra. Chou Sin Chan.

INPE

São José dos Campos

2021

## RESUMO

Os modelos Eta/INPE e o ERA5 são modelos atmosféricos, estado da arte baseado em equações de conservação de massa, energia e momentum. Os modelos representam os principais processos atmosféricos que incluem a geração de nuvens e chuva, a turbulência atmosférica, os processos de transferência radiativa na atmosfera pelas ondas curtas e longas, os processos de interação entre a atmosfera-vegetação-solo e interação entre atmosfera e oceano, etc. Os modelos são utilizados pelo CPTEC para produzir operacionalmente previsões meteorológicas em diferentes prazos de antecedência e em diferentes resoluções espaciais, deste o horizonte de 3, 7, 11 dias até 4,5 meses, nas resoluções de 5, 15 e 40 km. Os dados fornecidos por modelos numéricos são volumétricos, já que variamos de sua latitude e também da longitude para as quais se têm o dado prognóstico, o qual também varia. Além disso, essas variáveis são fornecidas para um intervalo de tempo, em geral fixo. Tendo assim, dados numéricos discretos no tempo. Neste trabalho, realizam-se as análises espectrais das séries temporais geradas pelo modelo Eta/Besm e ERA5. Objetiva-se criar um fator de correção de viés sistemático do modelo Eta/Besm no domínio da frequência. Os dados analisados são de um período de 4 meses, de janeiro de 1980 até fevereiro de 1981, analisados mês a mês para uma latitude e longitude fixas do globo para o comparativo. A variável analisada foi a temperatura da superfície do mar.

Palavras-chave: Temperatura. ERA. Besm.

## **Lista de Figuras**

- 2.1 Fórmulas da transformada de Laplace, utilizada para criação de gráficos.> . . **Pág. 6**
- 2.2 Resultado gráfico dos erros encontrados de forma linear em 1 mês.> . . . . . **Pág. 6**
- 2.3 Resultado gráfico dos erros encontrados de forma linear em 4 meses.> . . . . **Pág. 7**
- 2.4 Resultados gráfico com a transformada de Laplace aplicada 1 mês.> . . . . . **Pág. 7**
- 2.5 Resultados gráfico com a transformada de Laplace aplicada 4 meses.> . . . . **Pág. 8**

# Sumário

<b>1 <u>Introdução</u></b> .....	<b>Pág. 5</b>
<b>1.1 Objetivo</b> .....	<b>Pág. 5</b>
<b>2 <u>Desenvolvimento e Resultados</u></b> .....	<b>Pág. 6</b>
<b>2.1 Imagens dos Resultados</b> .....	<b>Pág. 6</b>
<b>3 <u>Conclusão e Projetos futuros</u></b> .....	<b>Pág. 8</b>
<b>4. <u>Referências bibliográficas</u></b> .....	<b>Pág. 9</b>

# INTRODUÇÃO

As previsões dos modelos numéricos de tempo apresentam erros sistemáticos decorrentes da representação dos processos físicos atuantes e das condições de fronteira e inicial utilizadas nos modelos, principalmente nos períodos de transição de uma estação do ano para outra. Os modelos numéricos de tempo são ferramentas de suma importância para a previsão climática de curto e longo prazo, permitindo realizar a previsão com vários dias de antecedência. O conhecimento do desempenho dos modelos e dos erros sistemáticos a eles associados, é de extrema importância, pois permite avaliar a capacidade dos mesmos em captar os processos físicos que ocorrem na atmosfera.

## **OBJETIVO**

Neste trabalho em questão, realizam-se as análises espectrais das séries temporais geradas pelo modelo Eta/Besm e ERA5. Objetiva-se criar um fator de correção de viés sistemático do modelo Eta/Besm no domínio da frequência. Os dados analisados são de um período de 4 meses, de janeiro de 1980 até fevereiro de 1981, analisados mês a mês para uma latitude e longitude fixas do globo para o comparativo. A variável analisada foi a temperatura da superfície do mar.

## DESENVOLVIMENTO

A ferramenta utilizada em peso foi o Jupyter que é um ambiente de programação onde podemos manejar programas na linguagem em python, a qual fora predominantemente utilizada, porém inicialmente tivemos que usar um terminal Linux para poder concatenar os dados fornecidos pelo INPE, após a concatenação dos dados o Jupyter foi responsável por ler e gerar todas as informações contidas nos arquivos e inicialmente foram utilizados métodos de análise lineares, tendo como parâmetro a temperatura média no período de 1 mês.

Sendo assim, a fórmula utilizada foi:  $E = T_{média} - T_i$  e “i” sendo o dia do mês.

Em seguida a ferramenta utilizada para criar o viés de correção foi a Transformada de Fourier que se dá por:

$$\mathfrak{F}^{-1}[\delta(\omega - \omega_0)] = \frac{e^{j\omega_0 t}}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \delta(\omega - \omega_0) d\omega$$

Figura 1- Transformada de Fourier no domínio da frequência

## RESULTADOS

A partir de todo o conhecimento posto em prática no desenvolvimento obtivemos os seguintes resultados em forma gráfica:

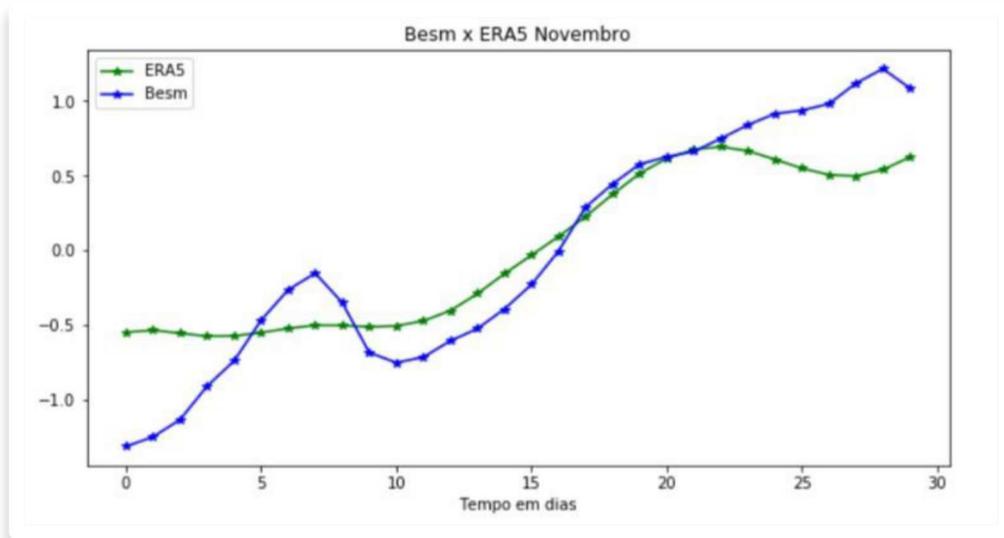


Figura 2-Resultado da análise do período de 1 mês com gráficos lineares

A figura acima mostra o erro médio no período de Novembro de 1980.

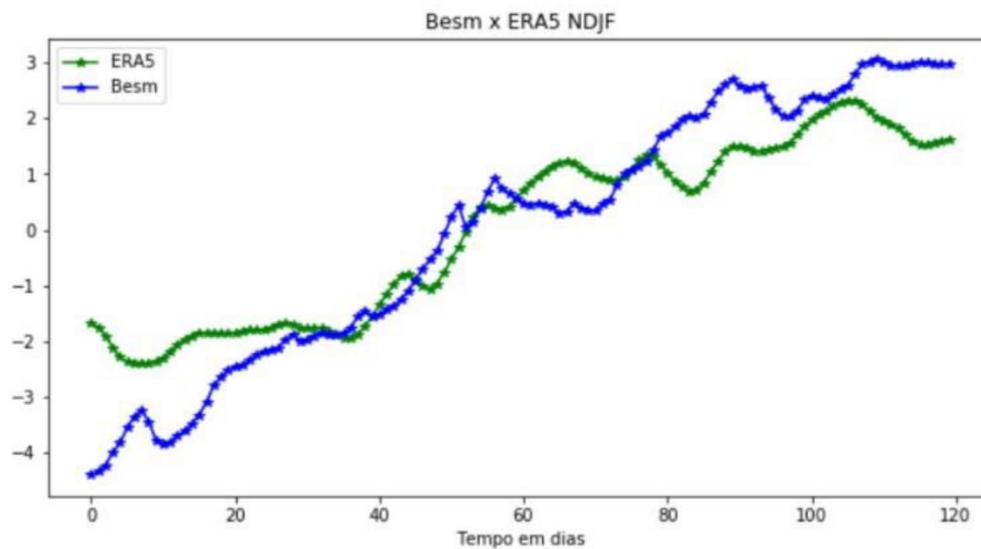


Figura 3-Resultado da análise do período de 4 meses com gráficos lineares

A figura acima mostra o erro médio no período de Novembro de 1980 a Fevereiro de 1981.

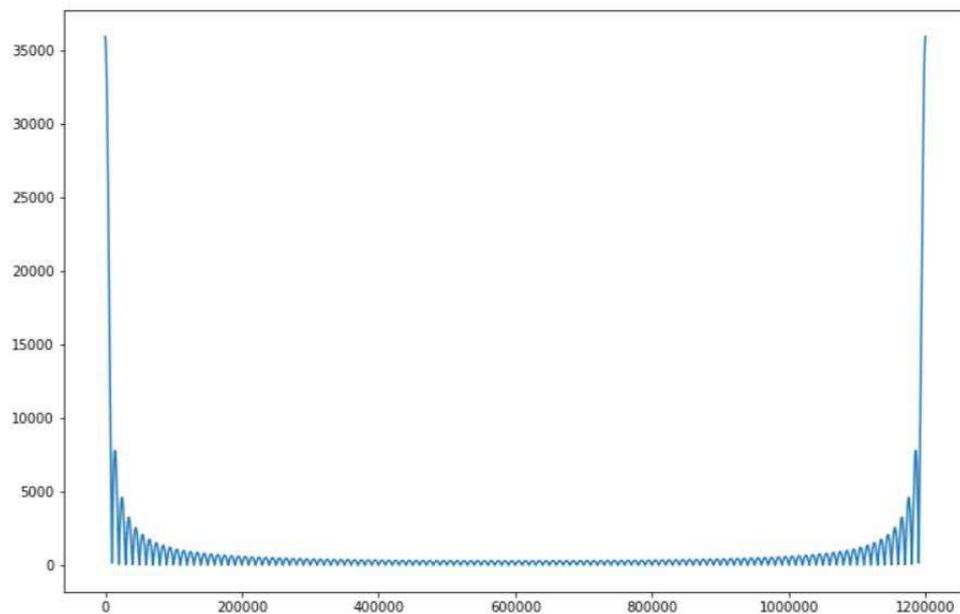


Figura 4- Resultado da análise do período de 1 mês aplicando a transformada de Fourier no domínio da frequência

Aplicando a transformada de Fourier podemos ter um vislumbre do sinal resultando no domínio da frequência que é mostrado na figura acima no período Novembro de 1980.

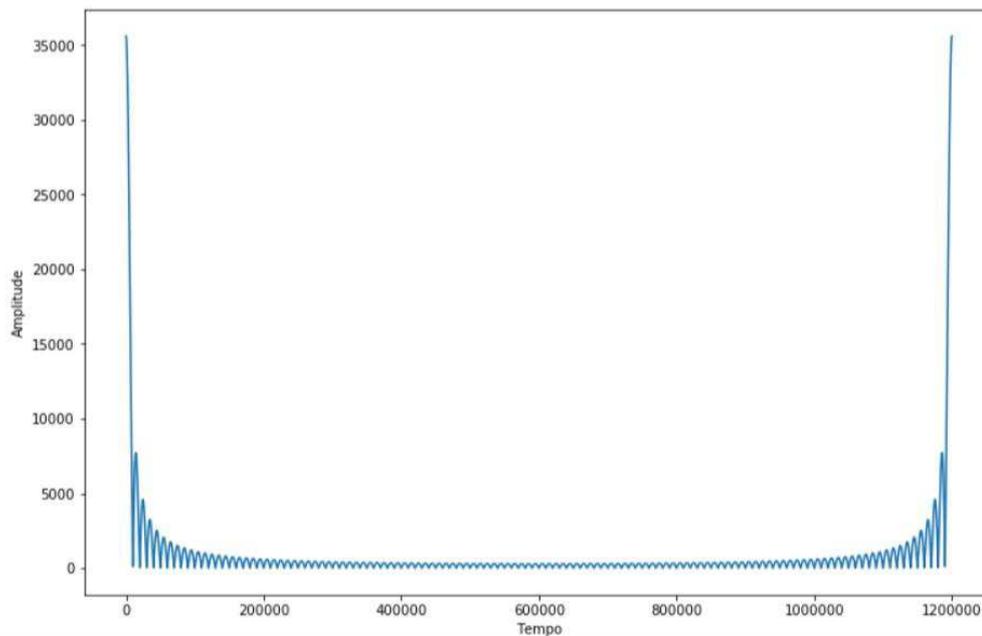


Figura 5- Resultado da análise do período de 4 meses aplicando a transformada de Fourier no domínio da frequência

Aplicando novamente a transformada de Fourier podemos ter um vislumbre do sinal resultando no domínio da frequência que é mostrado na figura acima no período Novembro de 1980 a Fevereiro de 1981.

## CONCLUSÃO

Podemos ver que o estudo está no seu estado inicial porém promissor para planos futuros, a partir do que foi estudado e executado o próximo passo seria expandir os períodos de tempo e analisar em anos com eventos climáticos específicos qual seria a taxa de mudança de um ano convencional para um ano de La niña, por exemplo.

Em conjunto, aprimorar o estudo no período da frequência pois nota-se que o sinal não possui grandes alterações conforme a janela de tempo muda.

Já no estudo do erro médio linear, há uma grande diferença entre os modelos Besm e ERA5, em momentos a diferença é mínima, porém em outros a diferença é bem defasada, com isso torna-se pouco viável a continuidade desse método para o estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [De la Serie de Fourier a la Transformada de Fourier - Monografias.com](#)
- [Transformada de Fourier – Wikipédia, a enciclopédia livre \(wikipedia.org\)](#)
- [Diferença entre erro absoluto e erro relativo | Erro absoluto versus erro relativo 2021 \(esdifferent.com\)](#)
- [FFT in Python — Python Numerical Methods \(berkeley.edu\)](#)

