



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

EL NIÑO / LA NIÑA: GÊNESE E PREDIÇÃO - PLANEJAMENTO PARA GERENCIAMENTO HÍDRIGO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RENATO TOMITA HAMA

Brasília / DF
Maio de 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

***EL NIÑO / LA NIÑA: GÊNESE E PREDIÇÃO -
PLANEJAMENTO PARA GERENCIAMENTO HÍDRIGO***

Renato Tomita Hama

Orientadora: Professora Doutora Ercília Torres Steinke

Dissertação de Mestrado

Brasília / DF
Maio de 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

EL NIÑO / LA NIÑA: GÊNESE E PREDIÇÃO - PLANEJAMENTO PARA GERENCIAMENTO HÍDRIGO

Renato Tomita Hama

Dissertação submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Gestão Ambiental e Territorial (Linha de pesquisa - Análise de Sistemas Naturais; Eixo Temático - Estudos teóricos e aplicados em climatologia geográfica).

Aprovado por:

Professora Doutora Ercília Torres Steinke – (GEA-UnB)
(Orientadora)

Professor Doutor Edson Soares Fialho – (GEO-UFV)
(Examinador Externo)

Professor Doutor Rafael Rodrigues da Franca – (GEA-UnB)
(Examinador Interno)

Brasília / DF, maio de 2022.

[Ficha catalográfica]

HH198p HAMA, RENATO TOMITA
Predição do fenômeno El Niño / La Niña para a gestão
hídrica. / RENATO TOMITA HAMA; orientador ERCÍLA TORRES
STEINKE . -- Brasília, 2022.
72 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Geografia) --
Universidade de Brasília, 2022.

1. Fenômeno El Niño / La Niña. 2. Ciclos Astrômicos. 3.
Transformada Discreta de Fourier. 4. Predição. I. TORRES
STEINKE , ERCÍLA, orient. II. Título.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Renato Tomita Hama

AGRADECIMENTO

Tenho um profundo sentimento de gratidão e reconhecimento pelos todos esses anos que tenho tido apoio incondicional, e particularmente nesta etapa de minha vida. À minha esposa Cláudia, meu muitíssimo obrigado.

Manifesto o meu agradecimento ao Professor Carlos Antônio de Figueiredo Monteiro que, na ocasião de tê-lo conhecido por meio de sua obra, *Clima e excepcionalidade: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como Fenômeno Geográfico*, me permitiu reafirmar meus propósitos e convicções em continuar a estudar, me incentivando e inspirando.

“(,,,) Faltou-me o apoio de uma matemática e um tratamento estatístico adequados às concepções conceituais e ao referencial teórico que me traçara.

Talvez pelo fato de haver associado o comportamento climático a fenômenos humanos variados isto possa servir a documentar o momento que, do meu então “presente” transmito àqueles que continuarão a tarefa daqui para o “futuro”.

*Se o meu momento de pesquisa, em perseguição à complexidade climática do “presente”, não pôde expressar-se pela objetividade matemática, o anseio que o impeliu foi **guiado por uma cristalina expressão poética**.(...)*

Carlos Antônio de Figueiredo Monteiro, 1991

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE GRÁFICOS.....	vii
LISTA DE TABELA.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
1.1. O Fenômeno El Niño e La Niña.....	4
1.2 – Ciclos Astronômicos e Clima	6
2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	10
2.1. Base de Dados.....	11
2.2 Software utilizado	11
2.3 Análise de Fourier	12
2.4 Condições para Aplicação a DFT	13
2.5. Função Inversa de Fourier	15
3. RESULTADOS	16
3.1. Cálculo de Índice de Temperatura	16
3.2. Aplicação da Transformada Discreta de Fourier – DFT	17
3.3. Recuperação da Série Temporal.....	19
3.4. Identificação de Ciclos Astronômicos	20
3.5. Predição de Eventos Futuros	28
4. ANÁLISES E DISCUSSÕES	33
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXO 1.....	37
APÊNDICE 1.....	39
APÊNDICE 2.....	43
APÊNDICE 3.....	48
APÊNDICE 4.....	49
APÊNDICE 5.....	50
APÊNDICE 6.....	51
APÊNDICE 7.....	53
APÊNDICE 8.....	54
APÊNDICE 9.....	56
ANEXO 2.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Efeitos do El Niño / La Niña no Brasil – Fonte: Wisniewsk, L.F. (2016).....	3
Figura 2 – Fenômeno do El Niño / La Niña no Brasil – Fonte: NOAA – Climate.gov (2014).....	4
Figura 3 – Região de El Niño – Fonte: INMET – El Niño / Oscilação Sul.....	10
Figura 4 – Aplicação da DFT- Fonte: Rocha, et al (2008) – Adaptada pelo autor.....	12
Figura 5 – Ilustração da Aplicação da Transformada Discreta de Fourier.....	13

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Índice de Temperatura <i>El Niño / La Niña</i> . Fonte: Elaborado pelo autor.....	16
Gráfico 2 – Verificação de Aliasing. Fonte: Elaborado pelo autor.....	17
Gráfico 3 – Espectro de Frequência Presente na Série Temporal (1870 a 2018). Fonte: Elaborado pelo autor.....	18
Gráfico 4 – Índice de Temperatura Recuperado (1870 a 2018). Fonte: Elaborado pelo autor.....	19
Gráfico 5 – Composição Harmônicas – Translação Terrestre. Fonte: Elaborado pelo autor.....	20
Gráfico 6 – Variação de Temperatura – Translação Terrestre. Fonte: Elaborado pelo autor.....	21
Gráfico 7 – Composição Harmônicas – Translação de Júpiter. Fonte: Elaborado pelo autor.....	22
Gráfico 8 – Variação de Temperatura – Translação de Júpiter. Fonte: Elaborado pelo autor.....	23
Gráfico 9 – Composição Harmônicas – Ciclo Magnético Solar. Fonte: Elaborado pelo autor.....	23
Gráfico 10 – Variação de Temperatura – Ciclo Magnético Solar – Fonte: Elaborado pelo autor.....	24
Gráfico 11 – Composição Harmônicas – Translação Lunar. Fonte: Elaborado pelo autor.....	25
Gráfico 12 – Variação de Temperatura – Translação Lunar. Fonte: Elaborado pelo autor.....	25

Gráfico 13 – Composição Harmônicas – Translação de Saturno. Fonte: Elaborado pelo autor.....	26
Gráfico 14 – Variação de Temperatura – Translação de Saturno. Fonte: Elaborado pelo autor.....	26
Gráfico 15 – 78 Componentes de Maior Relevância – Fonte: Elaborado pelo autor..	28
Gráfico 16 – Representação Temporal – 78 componentes mais expressivas. Fonte: Elaborado pelo autor.....	29
Gráfico 17 – Índice de Variação da Série Temporal Original (2010 a 2018). Fonte: Elaborado pelo autor.....	29
Gráfico 18 – Índice de Variação de 78 Componentes mais Expressivas (2010 a 2018). Fonte: Elaborado pelo autor.....	30
Gráfico 19 – 78 Maiores Intensidade Espectral e suas Respectiveas Frequências. Fonte: Elaborado pelo autor.....	30
Gráfico 20 – Predição para Fenômeno <i>El Niño/La Niña</i> . Fonte: Elaborado pelo autor.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese dos Ciclos do Clima e Relacionados, seus Períodos, Mecanismos e Causas. Fonte: (Oliveira, et al, 2018).....	7
Tabela 2 – Identificação de Ciclos Astronômicos. Fonte: Elaborado pelo autor.....	19
Tabela 3 – Identificação de Ciclos astronômicos - Translação Terrestre Fonte: elaborado pelo autor.....	49
Tabela 4 – Identificação de Ciclos astronômicos – Translação de Júpiter - Fonte: elaborado pelo autor.....	50
Tabela 5 – Identificação de Ciclos astronômicos - Ciclo Magnético Solar - Fonte: elaborado pelo autor.....	52
Tabela 6 – Identificação de Ciclos astronômicos – Translação Lunar - Fonte: elaborado pelo autor.....	53
Tabela 7 – Identificação de Ciclos astronômicos – Translação de Saturno - Fonte: elaborado pelo autor.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DFT - Discrete Fourier transform

ENOS – *El Niño* Oscilação Sul

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*

ODP - Oscilação Decadal do Pacífico

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

RESUMO

Esta pesquisa teve por finalidade investigar a causa, bem como a predição do fenômeno *El Niño / La Niña*. A considerar que fenômenos da natureza são conduzidos por eventos cíclicos determinando as condições climáticas do planeta, o método aqui proposto consisti na utilização das análises de Fourier, especialmente no uso da Transformada Discreta de Fourier – DFT, onde se pode extrair componentes de frequência das quais estejam presentes no fenômeno *El Niño / La Niña*, e assim associar direta ou indiretamente à prováveis ciclos astronômicos, e a partir daí extrair previsões.

A base de dados de temperatura utilizada foi obtida por meio da agência científica dos Estados Unidos da América, o NOAA – Administração Nacional Oceânica e Atmosférica, cuja especialidade se dá na região 3.4 do Oceano Pacífico. O período da série temporal de médias de temperatura mensal foi escolhido o período compreendendo de jan/1870 a dez/2018.

Assumiu-se a premissa de que os dados de temperatura registrados são decorrentes do somatório de várias contribuições cíclicas astronômicas simultâneas, conhecidas ou não, que alteram o balanço de radiação na superfície, com perturbação da circulação atmosférica, acarretando as variações da TSM (temperatura na superfície do mar) medidas no Oceano Pacífico.

Aplicada a DFT, nas decomposições de frequências (períodos), foram identificados ciclos astronômicos icônicos, sendo os mais conhecidos: equinócio primavera/outono, translação periélio/afélio, ciclo de Schwabe, e ciclo nodal lunar. Há diversas outras frequências (períodos) presentes na série temporal de temperatura que demandam futuras investigações e estudos. Entretanto, pode se afirmar, diante desta conjectura proposta, que o fenômeno *El Niño / La Niña* tem sua origem na composição de ciclos astronômicos que contribuem com maior ou menor radiação solar, e que afetam as condições oceano-atmosférico na região do Oceano Pacífico.

Portanto, aplicado as projeções das composições dos ciclos individuais, foram obtidas predições para o fenômeno, sendo relevante o apontamento de uma sequência de quatro *La Niña's* consecutivas a partir de 2021, e um futuro *El Niño* de maior intensidade que se dará em torno do ano de 2025/2026. Assim sendo, permite-

se de antemão realizar inúmeras aplicações no que tange a planejamento em nível local, ou mesmo global, onde sejam afetados pelo efeito do *El Niño / La Niña*, em especial no gerenciamento de recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Fenômeno *El Niño / La Niña*, Ciclos astronômicos, Fourier.

ABSTRACT

This research aims to investigate the cause as well as the prediction of the *El Niño / La Niña* phenomenon. Considering that natural phenomena are driven by cyclical events determining the climatic conditions of the planet, the method proposed here consists in the use of Fourier analyses, especially in the use of the Discrete Fourier Transform - DFT, where frequency components can be extracted from which are present in the *El Niño / La Niña phenomenon*, and thus link directly or indirectly to probable astronomical cycles, and from there extract predictions. The temperature database used was obtained through the scientific agency of the United States of America, NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration, whose spatiality is in the 3.4 region of the Pacific Ocean. The period of the time series of monthly temperature averages was chosen as the period from Jan /1870 to Dec/2018. The assumption was made that the recorded temperature data are the result of the sum of several simultaneous astronomical cyclical contributions, known or not, that alter the radiation balance at the surface, with disturbance of the atmospheric circulation, causing variations in the SST (temperature at sea surface) measured in the Pacific Ocean. Applied to DFT, in the frequency decompositions (periods), iconic astronomical cycles were identified, the best known being: spring/autumn equinox, perihelion/aphelion translation, Schwabe cycle, and lunar nodal cycle. There are several other frequencies (periods) present in the temperature time series that demand future investigations and studies. However, it can be said, given this proposed conjecture, that the *El Niño / La Niña phenomenon* has its origin in the composition of astronomical cycles that contribute with greater or lesser solar radiation, and that affect the ocean-atmospheric conditions in the Pacific Ocean region. Therefore, applying the projections

of the compositions of the individual cycles, predictions were obtained for the phenomenon, being relevant the appointment of a sequence of four consecutive *La Niña* 's from 2021, and a future *El Niño* of greater intensity that will take place around of the year 2025/2026. Therefore, it is possible in advance to carry out numerous applications regarding planning at a local, or even global, level, where they are affected by the effect of *El Niño / La Niña* , especially in the management of water resources.

KEYWORDS : *El Niño / La Niña phenomenon*, Astronomical cycles, Fourier.

INTRODUÇÃO

A perpetuidade da espécie humana no planeta, e seu modo de vida, até os tempos atuais, sempre se deu moldada e dependente das condições climáticas do planeta.

O desenvolvimento das civilizações humanas desde os primórdios do Crescente Fértil, berço da agricultura e da civilização, se fez da necessidade de compreender as estações do ano, não bastando dominar as técnicas de sementes ou variedades de plantas e seus manejos, e que tenha permitido o estabelecimento das primeiras populações sedentárias da humanidade. Foi sim a necessária criação de calendários para que efetivamente subsidiasse plenamente os plantios, entendendo o momento do semear e do colher, sempre associadas às condições de precipitações e regimes de chuvas, e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Para a elaboração de calendários, fez com que povos antigos passassem a observar e interpretar os céus e seus significados, assim adquirindo o entendimento dos ciclos. Esse entendimento permitiu se deparar com a estreita correlação existentes com aquilo que se observava ciclicamente e com os movimentos astronômicos, e por conseguinte a compreensão de seus efeitos climáticos.

Efeitos decorrente de ciclos astronômicos e orbitais nas questões climáticas, já são motivos de estudos que remontam desde o século XVII, sendo alguns bem consolidados a exemplo dos ciclos solares de Schwabe e ciclos de Milankovich, que tratam dos ciclos das manchas solares e de eras glaciais/interglaciais respectivamente. E, conforme Oliveira, Carneiro, *et al.* (2018), novos padrões de variações do clima têm sido identificados, a exemplo, o *El Niño* – Oscilação Sul (ENOS), o mais conhecido das várias oscilações decadais do sistema oceânico-atmosférico.

Afirma-se, ainda, que com a disponibilização de séries longas e detalhadas das mudanças paleoclimáticas nas últimas três décadas, novos ciclos climáticos têm sido pesquisados e identificados. E que, portanto, sendo fundamental a ampliação da noção dos ciclos climáticos para além dos ciclos diários e anuais. Contudo, ainda hoje, fenômenos climáticos e suas consequências tem afligido a humanidade a exemplo dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, pois não são compreendidos plenamente a gênese, tão pouco consegue-se realizar previsões de forma mais precisas a longo e médio prazo.

Os estudos sobre fenômenos *El Niño* e *La Niña*, de seus efeitos e consequências, possuem uma literatura bastante extensa. Tratam-se de um fenômeno climático que se apresentam em padrões rítmicos, de efeito oceânico-atmosférico, em que ocorrem respectivamente um sobreaquecimento e sub-resfriamento anômalos a partir de uma temperatura média de águas superficiais e subsuperficiais do Oceano Pacífico Tropical.

Esses fenômenos alteram diversos fatores climáticos a níveis regionais e globais, dentre eles, índices pluviométricos em regiões tropicais de latitudes médias, padrões de circulação de vento e deslocamento de massas de ar. O período de duração particularmente do *El Niño* apresenta variações na temperatura das águas superficiais do Pacífico Tropical de forma quasi-periódica, de 2 a 7 anos acontecendo de forma irregular (OLIVEIRA *et al*, 2018).

Os efeitos são diversos, sendo alguns citados: ventos alísios sopram com menor intensidade na região central do Oceano Pacífico; ocorrem acúmulo de águas com temperaturas acima da média na costa oeste da América do Sul; a indústria pesqueira é afetada em decorrência da diminuição na quantidade de peixes, tornando menos piscoso a região central e sul do Oceano Pacífico e na costa oeste do Canadá e Estados Unidos da América; há um agravamento da seca no nordeste brasileiro; o índice de chuvas na costa oeste da América do Sul é aumentado; ocorrências de mais tempestades tropicais na região central do Oceano Pacífico; secas acentuadas na região da Indonésia, Índia e costa leste da Austrália, bem como nas regiões norte e nordeste brasileiro; entre outros.

E, portanto, sob essa inquietação, é imperativo o entendimento dos processos da variação climática, e em especial dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, bem como expandir o conhecimento de ciclos climáticos a eles associados. Com essa finalidade, esta investigação teve como foco conjecturar se de fato a gênese desses fenômenos podem se dar em razão de ciclos astronômicos, e conseguinte, poder assegurar predições com maior assertividade, e a partir daí subsidiar informações para o planejamento socioeconômico e socioambiental.

Neste sentido, o objetivo geral da pesquisa foi identificar padrões astronômicos associados a ocorrência do fenômeno ENOS, com fins de realizar predições de médio prazo e auxiliar o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Como objetivos específicos, definiu-se:

- a) Adquirir dados de temperatura da superfície do mar, na série temporal de 1870 a 2018, que melhor caracterizam o fenômeno *El Niño / La Niña*.
- b) Aplicar ferramenta matemática para o processamento de previsões dos fenômenos para médio prazo.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. O Fenômeno El Niño e La Niña

Conforme Oliveira (2021), o fenômeno *El Niño*, é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Equatorial, que tem como consequência afetar o clima em escala regional e global, modificando os padrões de vento e afetando os regimes de chuva em regiões equatorial e de latitudes médias. Acrescenta, ainda, que a palavra *El Niño*, originário do espanhol, refere-se o aparecimento de águas quentes na costa norte de Peru em época de Natal. Prossegue afirmando que, na atualidade, as anomalias do sistema climático que são mundialmente conhecidas, representa uma alteração do sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico tropical trazendo consequências no tempo e no clima em todo o planeta (Figura 1 – Efeitos no Brasil).



Figura 1 – Efeitos do El Niño / La Niña no Brasil – Fonte: Wisniewski, L.F. (2016)

Por outro lado, a Administração Nacional Oceânica-Atmosférica estadunidense (NOAA) afirma que, a caracterização do *El Niño* ocorre quando as águas superficiais no Pacífico equatorial se tornam mais quentes do que a média e os ventos de leste sopram mais fracos do que o normal, sendo que a situação oposta é denominada de *La Niña* com a distinção de que a água está mais fria do que o normal e os ventos de leste se tornam mais intensificados (Figura 2), normalmente ocorrendo a cada 3 a 5 anos.

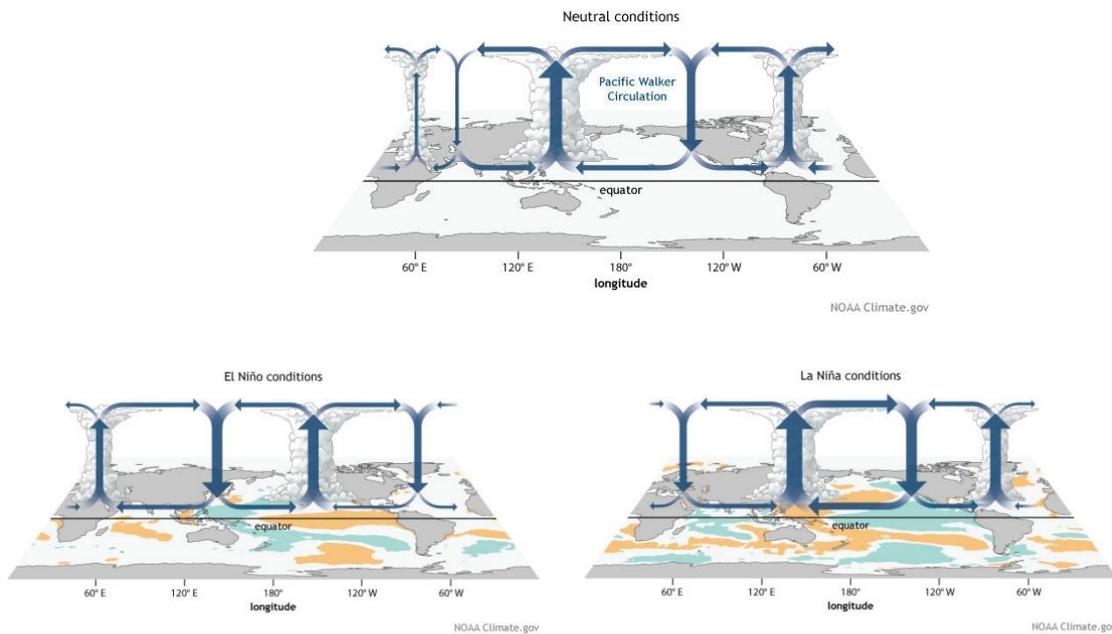


Figura 2 – Fenômeno do El Niño / La Niña no Brasil – Fonte: NOAA – Climate.gov (2014)

O NOAA assegura que *El Niño*, *La Niña* e a condição neutra produzem consequências importantes em todo o mundo, trazendo interações entre o oceano e a atmosfera alterando o clima podendo causar eventos extremos com secas ou inundações severas, e por consequência, influenciando na oferta e nos preços de alimentos, incêndios florestais, produzindo conflitos e efeitos político-econômico adicionais decorrente dessas condições ambientais, até mesmo afetando a segurança hídrica e alimentar no mundo.

Por outro lado, estudos apontam a existência de correlação entre o evento *El Niño* e conflitos civis, muito em razão da queda na produção de alimentos (HSIANG, 2011).

Ainda como consequência, em particular ao Brasil, autores afirmam que os fenômenos *El Niño* / *La Niña* exercem forte influência na formação do sistema da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, típica formação da América do Sul, com maior expressão no Brasil, sendo um importante mecanismo de distribuição de água no país. A ZCAS também é definida como sendo uma persistente faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, associada a uma zona de convergência na baixa troposfera que se estende desde o sul da Amazônia até o Atlântico Sul, bem caracterizada nos meses de verão. (SILVA, 2019).

Já Borsato et al, 2012, relata que a duração do período de dias em que o sistema ZCAS se mantém configurada, pode estar diretamente relacionada com a manifestação do fenômeno ENOS - El Niño / La Niña.

1.2 – Ciclos Astronômicos e Clima

Conforme alegam os autores Oliveira, *et al.* (2018), a variação é uma propriedade fundamental da dinâmica do sistema climático terrestre. Afirmam ainda, que as mudanças continuarão ocorrendo em tempos vindouros, de forma cíclica e intrinsecamente conectada a fatores astronômicos.

Os autores Oliveira *et al.* (2017) mencionam que, no início do século XX, os geógrafos e geólogos Albrecht Penck [1858-1945] e Eduard Brückner [1862- 1927] ofereceram evidências da existência de ciclos de eras glaciais e interglaciais, sendo que, a partir daí, o engenheiro e matemático Milutin Milankovitch [1879-1958] apresentou em 1930 a explicação do motivo das glaciações provando matematicamente que a quantidade de radiação solar recebida pela Terra variava conforme ciclos orbitais terrestres, hoje conhecida como ciclos de Milankovitch, os quais, juntamente com os ciclos de Schwabe, evidenciam a influência do Sol no clima da Terra. Esses mesmos autores afirmam também que, desde então, novos padrões de variações do clima têm sido identificados, a exemplo do *El Niño*, hoje o mais conhecido das várias oscilações decadais do sistema oceânico-atmosférico. Propõem ampliar a noção dos ciclos climáticos para além dos ciclos diários e anuais na intenção de divulgar recentes descobertas sobre diversos ciclos climáticos ainda pouco conhecidos, e que podem estarem associados na influência do clima do planeta. Elencam a existência, por exemplo, de diversos ciclos decorrente da atividade solar. Alguns deles são: ciclo de Schwabe que dura aproximadamente 11 anos, que é caracterizado pela quantidade de manchas solares, onde que quanto mais manchas solares maior energia recebida na Terra; ciclo de Hale que ocorre a cada 22 anos, onde é caracterizada pela mudança da polaridade magnética invertendo neste período; ciclo de Brückner de 35 anos de provável origem astronômica-solar; ciclo inferior de Gleissberg de 88 anos; ciclo superior de Gleissberg de 120 anos; ciclo de

de Vries de 208 anos; ciclo de Eddy com 1.000 anos de duração; e os ciclos de Hallstatt de 2.300.

No caso particular do fenômeno *El Niño / La Niña*, haveria influência desses ciclos astronômicos na formação e comportamento do mesmo? Esse questionamento já vem sendo realizado por alguns autores:

“(…), não se tem conhecimento adequado sobre as causas físicas da gênese do processo ENOS. É realmente uma oscilação natural ou há necessidade de uma força externa para que o processo se inicie? Se for uma força externa, uma possível candidata seria a força gravitacional lunar sabidamente atuante sobre as marés (..)” (MOLION, 2017, P.2)

Segundo Molion (2017), o nosso satélite natural, a Lua, possui uma oscilação no plano orbital de cerca de $5,1^\circ$ a partir de seu centro, cujo a amplitude total da sua translação é de aproximadamente $10,2^\circ$. A partir da inclinação terrestre que é de $23,5^\circ$, a Lua translada a Terra no intervalo $\pm 18,4^\circ$ a $\pm 28,6^\circ$ em relação ao equador. E esta alteração na translação da Lua é chamado de ciclo nodal lunar, e possui um período de 18,6 anos. O efeito deste movimento deste ciclo faz com espraie a água aquecida do equador em direção aos polos, e acelerando as correntes marinhas, como as do Golfo (América do norte) e a de Kuroshio, que transfere energia em forma de calor em direção aos polos, fazendo assim que as águas do Pacífico Norte e Atlântico Norte fiquem mais quentes. E, no momento em que a Lua encontra-se transladando em seu mínimo, a $18,4^\circ$, o calor recebido pela radiação solar torna-se mais concentrado na região equatorial do Oceano Pacífico possibilitando o acionamento de um “gatilho” para um evento de *El Niño* de grandes proporções a exemplo de 1997/1998 e 2015/2016. Portanto, a priori corroborando com a premissa de que o *El Niño* possui sua origem associado à mecânica celeste, e em particular moldada por eventos de ciclos astronômicos.

Complementa ainda os autores Oliveira et al (2018), que técnicas de análise avançadas recente revelam que a variabilidade natural do clima consiste na sobreposição de várias oscilações, muitas de origem astronômica (Tabela 1), que vão desde a escala decenal até a escala milenar.

Ciclo		Período		Mecanismo/causa	
		Tempo	(anos)		
Ciclos curtos	Ciclo diário	1 d.	$2,7 \cdot 10^{-3}$	Movimento de rotação terrestre	
	Ciclo sinóptico	3 a 7 d.	$1,4 \cdot 10^{-2}$	Movimentação de massas de ar	
	Oscilação Madden-Julian (OMJ)	30 a 60 d.	$1,2 \cdot 10^{-1}$	Onda atmosférica	
	Ciclo intra-estações	180 d.	$1,6 \cdot 10^{-1}$	Inclinação do eixo terrestre	
	Ciclo anual	365 d.	$1,0 \cdot 10^0$	Movimento de translação terrestre	
Ciclos médios	Oscilação Quase-Bienal (OQB)	2 a 2,5 a.	$2,3 \cdot 10^0$	Oscilação atmosférica	
	Oscilação "El Niño – Oscilação Sul (ENOS)"	2 a 7 a.	$5,0 \cdot 10^0$	Influência lunar/planetária	
	Ciclo de Schwabe	11 a.	$1,1 \cdot 10^1$	Influência planetas (Júpiter e Saturno)	
	Ciclo de Saros	18,1 a.	$1,8 \cdot 10^1$	Parâmetro orbital lunar	
	Ciclo nodal lunar (ou Ciclo Draconiano)	18,6 a.	$1,9 \cdot 10^1$	Parâmetro orbital lunar	
	Ciclo de Hale	22 a.	$2,2 \cdot 10^1$	Influência planetas (Júpiter e Saturno)	
	Ciclo de Brückner	35 a.	$3,5 \cdot 10^1$	Influência lunar/planetária	
	Oscilação Interdecadal do Pacífico (OIP)	15 a 30 a.	$2,3 \cdot 10^1$	Influência lunar/planetária	
	Oscilação do Atlântico Norte (OAN)	25 a 35 a.	$3,0 \cdot 10^1$	Influência lunar/planetária	
	Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)	50 a 70 a.	$7,0 \cdot 10^1$	Influência lunar/planetária	
	Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA)	50 a 90 a.	$7,0 \cdot 10^1$	Influência lunar/planetária	
	Ciclo inferior de Gleissberg	88 a.	$8,8 \cdot 10^1$	Influência planetas (Júpiter e Saturno)	
	Ciclo superior de Gleissberg	120 a.	$1,2 \cdot 10^2$	Influência planetas (Júpiter e Saturno)	
	Ciclo de Jose	179 a.	$1,8 \cdot 10^2$	Influência planetas (Júpiter e Saturno)	
	Ciclo de Suess (ou Ciclo de De Vries)	208 a.	$2,1 \cdot 10^2$	Influência planetas (Júpiter e Saturno)	
	Ciclo de 500 anos	500 a.	$5,0 \cdot 10^2$	Influência planetas (Júpiter e Saturno)	
	Ciclo de Eddy	1.000 a.	$1,0 \cdot 10^3$	Influência planetas (Júpiter e Saturno)	
	Eventos de Dansgaard-Oeschger	1.500 a.	$1,5 \cdot 10^3$	Influência solar, proc. atmosf./oceanos	
	Eventos de Bond	1.500 a.	$1,5 \cdot 10^3$	Influência solar, proc. atmosf./oceanos	
	Ciclo de Hallstatt	2.300 a.	$2,3 \cdot 10^3$	Influência planetas (Júpiter e Saturno)	
Eventos de Heinrich	10 ma.	$1,0 \cdot 10^4$	Influência solar, proc. atmosf./oceanos		
Ciclo longos	Ciclo de Milankovitch - Interglacial/Glacial	Interglacial	10 ma.	$1,0 \cdot 10^4$	Combinação de parâmetros orbitais terrestres
		Glacial	100 ma.	$1,0 \cdot 10^5$	Combinação de parâmetros orbitais terrestres
	C. de Milankovitch - Precessão equinócios	20 ma.	$2,0 \cdot 10^4$	Parâmetro orbital terrestre	
	C. de Milankovitch - Inclinação axial	40 ma.	$4,0 \cdot 10^4$	Parâmetro orbital terrestre	
	C. de Milankovitch - Excentricidade orbital	100 ma.	$1,0 \cdot 10^5$	Parâmetro orbital terrestre	
C. de Milankovitch - Excentricidade orbital longa	400 ma.	$4,0 \cdot 10^5$	Parâmetro orbital terrestre		
Superciclos	Impactos de grandes asteroides/meteoritos	30 Ma.	$3,0 \cdot 10^7$	Oscilação vertical do Sistema Solar através do plano galáctico	
	Modo de Estufa/Modo de Geladeira				
	Modo Quente/Modo Frio				
	Ciclo tectonismo/vulcanismo	250 a	$2,5 \cdot 10^8$	Movimento de translação do Sistema Solar em torno do centro da Galáxia	
	Ciclo de supercontinentes	500 Ma.	$5 \cdot 10^8$		
Ciclo de Wilson					

Legenda: C. = Ciclo; d. = dia(s); a. = ano(s); ma. = milhares anos; Ma. = milhões de anos.

Tabela 1 – Síntese dos Ciclos do Clima e Relacionados, seus Períodos, Mecanismos e Causas. Fonte: (Oliveira, et al, 2018)

Por outro lado, Oliveira (2021) assinalou em seus estudos que o autor Scafetta (2010) elucidou as razões dos ciclos e manchas solares, afirmando que os planetas que compõem o sistema solar, particularmente Júpiter e Saturno, em seus respectivos movimentos de translação em torno do Sol, produzem grandes oscilações gravitacionais e magnéticas, fazendo vibrar o Sistema Solar, cujo vibrações possuem frequências coincidentes às órbitas planetárias, concluindo que essas vibrações do Sistema Solar podem afetar direta ou indiretamente o sistema climático da Terra podendo fazer com que oscile sob as mesmas frequências. O autor assinala ainda, que os grandes planetas jovianos – Júpiter e Saturno – representando cerca de 92% da massa planetária do Sistema Solar, possuem extensos campos magnéticos que

interagem com o plasma do Sol e seu próprio campo magnético, sendo que as forças gravitacionais e magnéticas agem como forças externas do dínamo solar, do vento solar e do sistema Terra-Lua e podendo modular tanto a dinâmica solar e, mais uma vez, direta ou indiretamente, por intermédio do Sol, o clima da Terra. Ainda em seus estudos, Oliveira (2021), menciona que foi identificado um ciclo de 30 anos (próximo ao ciclo de Brückner – 35 anos) pelos os autores Scafetta, Milani e Bianchini (2020), cuja identificação pode estar associada ao período orbital de Saturno (29,45 anos). Conclui o autor, com base no trabalho de Scafetta (2010), que afirma que 60% do aquecimento global observado desde 1970 é devido a causas naturais decorrentes dos ciclos solares de Schwabe e Hale, além do ciclo lunar de 9,1 anos e da influência dos períodos orbitais de Júpiter e Saturno, e que, portanto, a atividade solar é provavelmente modulada por forças planetárias gravitacionais e eletromagnéticas que atuam sobre o Sol. Finalizando que a influência da radiação solar é, de fato, responsável pelo clima no planeta, inclusive àqueles de longo prazo caracterizados pelos ciclos glaciais e interglaciais, como já consolidados pelos estudos dos Ciclos de Milankovich.

Consonante a esse entendimento, em mais recentes pesquisas realizadas por cientistas alemães e russos, Stefani et al (2020), reforçam o questionamento se de fato a existência de muitos ciclos já observados teriam mesmo origem em peculiaridades especiais do dínamo solar ou se eventualmente o Sol se submeteria a um controle externo influenciado pela composição planetária em torno dele. A consequência da pesquisa resultou na conclusão de que a variabilidade da radiação solar está associada a ambas condições, de forma simultânea, ao movimento inercial solar e ao dínamo solar, sendo uma combinação de dois mecanismos – as forças das marés gravitacionais dos planetas e a própria oscilação do Sol – indicadas pelos autores como o ciclo de Suess-de Vries. É verificado em seus estudos, que o ciclo de 11,07 anos (ciclo de Schwabe), associam-se às forças das marés gravitacionais dos planetas Vênus, Terra e Júpiter, sendo seu efeito mais expressivo se dando quando esses planetas estão alinhados em uma conjunção coincidente a cada 11,07 anos. E que, portanto, corroborando com a premissa de que os ciclos astronômicos podem influenciar na dinâmica do clima da Terra provocada pela variabilidade da radiação a eles associados.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Conforme define Ehlers (2009), uma série temporal é uma coleção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo. O atributo mais importante deste tipo de dados é que as observações adjacentes são dependentes e relevantes para sua análise, de modo que a ordem dos dados com que se apresentam é decisivo em sua análise. Esse mesmo autor, assegura ainda, que as séries temporais surgem em várias áreas do conhecimento, inclusive no campo da meteorologia (precipitação pluviométrica, temperatura, velocidade do vento, etc.) e climatologia.

Por outro lado, o autor Migon (2004), afirma que os objetivos de uma análise de séries temporais têm por finalidade compreender o mecanismo gerador da série, e prever o comportamento futuro da série.

E, ao compreender o mecanismo da série possibilita descrever efetivamente o seu comportamento, encontrando periodicidades, obtendo as razões de seu comportamento, e se for o caso, controlar sua trajetória. Alega, ainda, que a predição permite planos a longo, médio e curto prazo, bem como tomada de decisões de maior assertividade.

Por meio de dados disponíveis de séries temporais de medidas de temperatura da superfície do mar (fenômeno *El Niño / La Niña*), o método aqui aplicado consiste na utilização de ferramenta matemática de análise de Fourier, e em particular, o método Transformada Discreta de Fourier (Discrete Fourier Transform – DFT), que de acordo com os autores Pereira, et al (2017), é largamente utilizado para detecção de frequências presentes em séries temporais.

Sob a declaração dos autores Kukla e Fairbridge (2005), alegando que a máquina do clima terrestre não é caótica nem imprevisível, e que ela é movida pelos fatores extraterrestres, geralmente com comportamento cíclico, é considerado ao método aqui aplicado, a premissa de que os dados de temperatura medidos são decorrentes de várias contribuições cíclicas astronômicas (atuando de forma simultânea), conhecidas ou não, das quais contribuem como maior ou menor incidência de irradiação solar que acarretam nas variações da TSM (temperatura na

superfície do mar) em especial as medidas na região 3.4 do Oceano Pacífico que vem caracterizar o fenômeno *El Niño / La Niña*.

2.1. Base de Dados

A base de dados aplicada a partir da série temporal de temperatura da superfície do mar (TSM), medida na região 3.4 do Oceano Pacífico, foi obtida por meio da agência científica dos Estados Unidos da América, o NOAA – Administração Nacional Oceânica e Atmosférica) (https://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/Data/Niño34.long.data), conforme Anexo 1, sendo que a taxa de amostragem da série temporal é mensal.

A série temporal escolhida foi de jan/1870 a dez/2018, quase em sua totalidade disponíveis (Anexo 1), em razão da possibilidade ciclos maiores, quando estando eventualmente presentes, poderem ser identificados no método aplicado.

Embora sendo a temperatura do Oceano Pacífico monitorada em quatro regiões (1.2; 3; 4 e 3.4), a série temporal espacializada foi escolhida na região 3.4 situada entre às latitudes 5° Norte e 5° Sul e às longitudes 170° e 120° Oeste em razão da mesma estar posicionada de forma mais central no Oceano Pacífico apresentando menor influência da continentalidade com produção de dados mais isentos a eventuais perturbações, conforme assinalado por Baptista (2009).

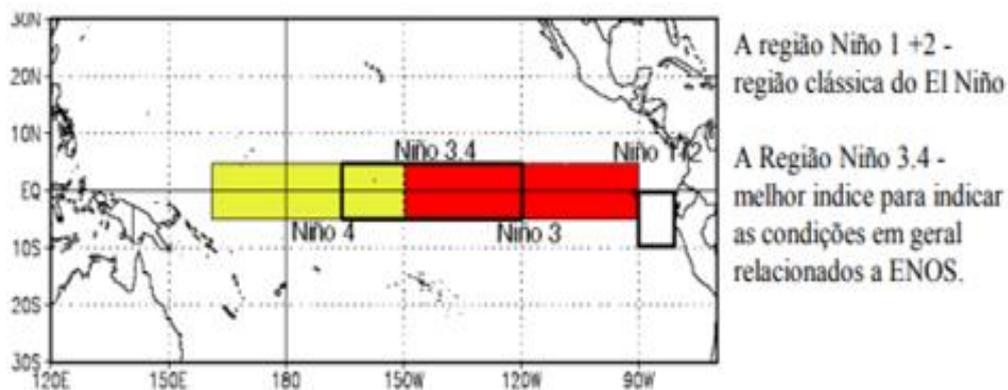


Figura 3 – Região de El Niño – Fonte: INMET – El Niño / Oscilação Sul

2.2 Software utilizado

Para a extração das componentes de frequências presente na série temporal

utilizada, foi aplicada a Transformada Discreta de Fourier (DFT) utilizando o *software* NUMXL (suplemento de análise de séries temporais para o Microsoft Excel, desenvolvido pela *Spider Financial Corp* – <https://numxl.com> – (versão gratuita para teste), cujo tutorial se encontra no Anexo 2.

2.3 Análise de Fourier

A análise de Fourier é um conjunto de técnicas matemáticas, sendo elas baseadas na decomposição de sinais em senóides. A Transformada Discreta de Fourier (Discrete Fourier Transform - DFT) é um dos membros desse conjunto utilizado para sinais discretos. Os sinais de modo geral por sua vez podem ser classificados como sinais contínuos ou discretos, ou ainda, em sinais periódicos ou aperiódicos, possibilitando a reclassificação em um conjunto de quatro elementos da análise das transformadas de Fourier. São eles: sinais contínuos e aperiódicos – transformada de Fourier, sinais contínuos e periódicos – série de Fourier, sinais discretos e aperiódicos – transformada de Fourier de tempo discreto, e por fim, sinais discretos e periódicos – transformada discreta de Fourier (DFT).

Em resumo, a análise de Fourier pode se apresentar nas seguintes classes: Transformada de Fourier (aperiódico, contínuo), Série de Fourier (periódico, contínuo), Transformada de Fourier de Tempo Discreto (DTFT) (aperiódico, discreto), e Transformada Discreta de Fourier (DFT) (periódico, discreto).

Todos os quatro membros do conjunto de transformadas de Fourier admitem que os sinais sob análise possuem duração infinita. Por outro lado, para analisar sinais, a exemplo de séries temporais, quando feito por meio de recurso computacional ou mesmo por um processador digital de sinais, os sinais devem necessariamente possuir duração finita. Desta forma, para a efetiva aplicação na prática, faz-se necessário com que os sinais se assemelhem a uma duração infinita, podendo ser feitas de dois modos: o sinal é nulo fora do intervalo de análise (aperiódico - DTFT), ou considerar que o sinal se repete periodicamente (periódico - DFT). Tecnicamente, ao se fazer uso de métodos computacionais, os sinais se apresentam de forma amostrada em séries temporais, na forma digital discretizados. Sendo assim, para representar sinais aperiódicos são necessárias infinitas senóides,

o que torna a aplicação no caso da DTFT impraticável. Deste modo, para fazer uso de recursos computacionais, só é possível por meio de sinais discretos e finitos em comprimento, e, portanto, sendo a DFT a única transformada que efetivamente pode ser utilizada na prática. A abordagem aqui empregada é corroborada pela afirmação dos autores Rocha, Carvalho, *et al.* (2008) alegando que, em processamento de sinais normalmente se usa a transformada DFT, que é discreta não só no tempo, mas também na frequência, tornando possível representá-la na forma de uma sequência de números e calculá-la usando um microprocessador. A Figura 4 traz a ilustração da aplicação da DFT.

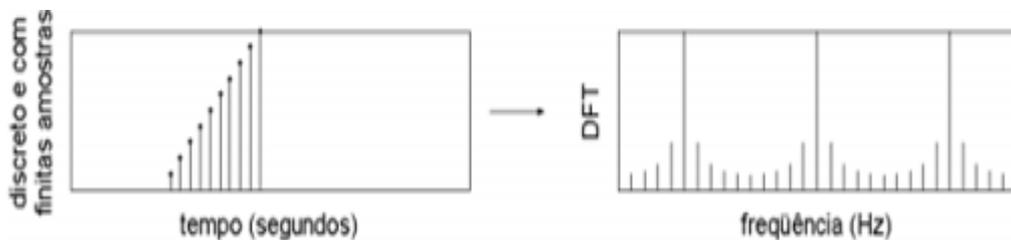


Figura 4 – Aplicação da DFT- Fonte: Rocha, et al (2008) – Adaptada pelo autor

2.4 Condições para Aplicação a DFT

A condição de se aplicar a DFT em uma determinada série temporal, é pressuposto de que a mesma é periódica. De fato, não se pode afirmar ou garantir que fenômeno como um todo volte a ocorrer ao longo do tempo, repetindo a mesma janela de dados temporais àquela previamente selecionada, e que, portanto, não sendo em princípio apropriado sua aplicação ao fenômeno *El Niño / La Niña* na série temporal escolhida. Entretanto, conforme os autores Oliveira E Favero (2002), no caso de séries não-estacionárias, onde o conteúdo de frequência muda com o tempo, eventualmente no caso do *El Niño / La Niña*, a conclusão é que a transformada de Fourier pode ser usada em sinais não-estacionários quando houver apenas o interesse em qual o espectro de componentes existe no sinal, permitindo fazer uso para identificar os ciclos presentes na série temporal escolhida. De toda forma, como é o pressuposto de que o fenômeno é decorrente da composição de um somatório de contribuições individuais cíclicas, e estes sendo estritamente periódicos repetindo indefinidamente, aquecendo ou resfriando a região 3.4 do Oceano Pacífico,

necessariamente haverá de se identificar que ciclos astronômicos mais conhecidos estarão presentes no espectro de frequência, caso contrário, o método da DFT será refutado.

Outra condição exigida para a efetiva aplicação da DFT é o cumprimento das condições do princípio de amostragem de Nysquist. De acordo com o Teorema de Nyquist (1928), a quantidade de amostras por unidade de tempo de um sinal, chamada taxa ou frequência de amostragem, deve ser maior que o dobro da maior frequência observável no sinal a ser amostrado, para que possa ser reproduzido integralmente sem erro. A metade da frequência de amostragem é chamada frequência de Nyquist e corresponde ao limite máximo de frequência do sinal que pode ser reproduzido. Quando não é possível garantir que o sinal não contenha sinais acima deste limite (distorções, interferências, ruídos, etc...), é necessário filtrar o sinal com um filtro passa baixo com frequência de corte igual (ou menor) a frequência de Nyquist, ou filtro *anti-aliasing*. O não cumprimento da exigência de Nyquist, acarretará o fenômeno denominado *aliasing*, no qual as componentes de maiores frequências que foram desprezadas introduzirão distorções nas frequências mais baixas, de forma que a correta reconstrução do sinal ou a estimação de seu espectro a partir de suas amostras não será possível. A demonstração desse teorema pode ser encontrada nos livros (Discrete-Time Signal Processing) e (Modern Digital and Analog Communication Systems).

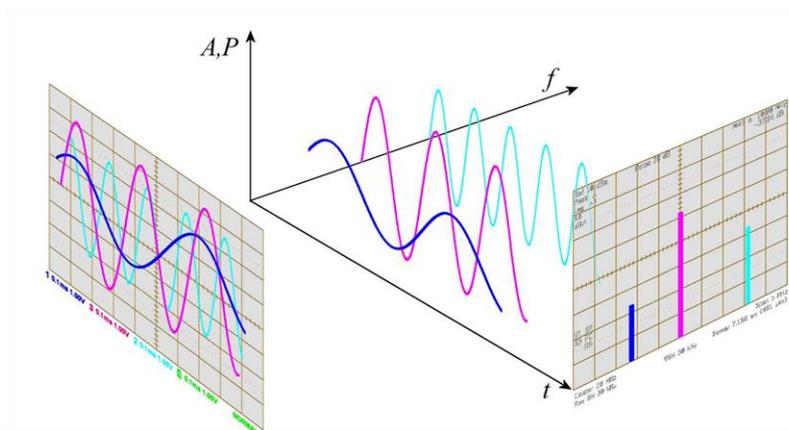


Figura 5 – Ilustração da Aplicação da Transformada Discreta de Fourier

Portanto, verificado e cumprido essas exigências, ao aplicar a DFT sobre os dados da série temporal escolhida, obteremos as componentes no domínio da

frequência, quando será observado, em seu espectro de frequência, possíveis componentes / contribuições cujo períodos podem estarem associados a ciclos astronômicos.

2.5. Função Inversa de Fourier

Para realizar possíveis previsões investigativas, após aplicada a DFT e obter as componentes espectral em suas respectivas amplitudes e fases, faz-se uso da forma compacta da função inversa de Fourier, conforme Equação 1.

$$x_m = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N A_k \times \cos(\phi_k + k \times \omega \times m) \quad (1)$$

Sendo que na k-ésima saída da DFT tem-se o $A_k \angle \phi_k$, e o A_k é referido como a amplitude, e o ϕ_k como a fase (em radianos). A série temporal de entrada pode agora ser expressa como uma sequência de tempo de valores, ou como uma sequência de frequência de $[A_k \angle \phi_k]$ pares. Conhecendo o conjunto de $[A_k \angle \phi_k]$, podemos recuperar a série temporal de entrada exata, inclusive permitindo verificar individualmente cada contribuição das respectivas componentes.

- ω é a frequência fundamental ou principal do radiano. É expresso da seguinte forma:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2)$$

Onde, T é o número de observações na série temporal de entrada igualmente espaçada.

- N é o número de $[A_k \angle \phi_k]$ pares que precisamos ter, para que possamos recuperar a série temporal.

3. RESULTADOS

O período da série temporal escolhido compreende anos completos de jan/1870 a dez/2018. Foram utilizados a totalidade dos dados, pois assim há garantia de que os ciclos maiores podem ser capturados pela DFT, quando estando eventualmente presentes no espectro de frequência. Caso contrário, quanto menor a “janela” temporal de dados, não serão percebidas as variações dos ciclos médios baixos (Tabela 1). Os ciclos médios altos, longos e superciclos, maiores que “janela” temporal de 149 anos, eventualmente presentes, não são detectados expressamente pela aplicação da DFT, sendo esses contribuindo apenas para a média de temperatura, portanto, não colaborando para o índice de variação verificado no fenômeno *El Niño / La Niña*. A exemplo dos ciclos longos, tais como excentricidade, inclinação e precessão – ciclos de Milankovitch, que ocorrem em milhares de anos, não podem ser capturados, estando os mesmos contidos na contribuição da média da TSM.

3.1. Cálculo de Índice de Temperatura

Inicialmente, para o tratamento dos dados de temperatura mensal a partir da série temporal escolhida (região 3.4 – 1870 a 2019 – NOAA – Anexo 1), foi analisado uma medida para caracterização da chamada anomalia de temperatura, ou seja, é verificado a partir de uma média de temperatura o comportamento não habitual ao longo do período selecionado, produzindo um Índice de Temperatura, indicando o quanto atípico a TMS possa estar caracterizada a partir do que se considera normalidade.

Para distinguir esse índice, aplica-se uma escala de anomalias, sendo habitual adotar como situação de anomalia fraca +/- (0,5 a 0,9)°C, moderada +/- (1,0 a 1,4)°C, forte +/- (1,5 e 1,9)°C, e muito forte a partir +/- 2 °C, constituindo respectivamente, índice positivo, aquecimento anormal, para *El Niño* e índice negativo, resfriamento anormal, para *La Niña*, e para situação de neutralidade a variação é de +/- 5°C a partir da média.

Para o cálculo do índice foi somado todas as medições mensais compreendidas de jan/1870 a dez/2108 (Anexo 1), dividido pelo o total de 1.788 medidas, obtendo a média do período em 26,96°C, e em seguida subtraindo a média de todos os valores mensais respectivamente resultando no Índice de Temperatura (ver Apêndice 1 e Gráfico 1).

Portanto, para avaliar o comportamento e identificar anomalias de temperatura do fenômeno *El Niño / La Niña*, o Índice de Temperatura é o suficiente e adequado.

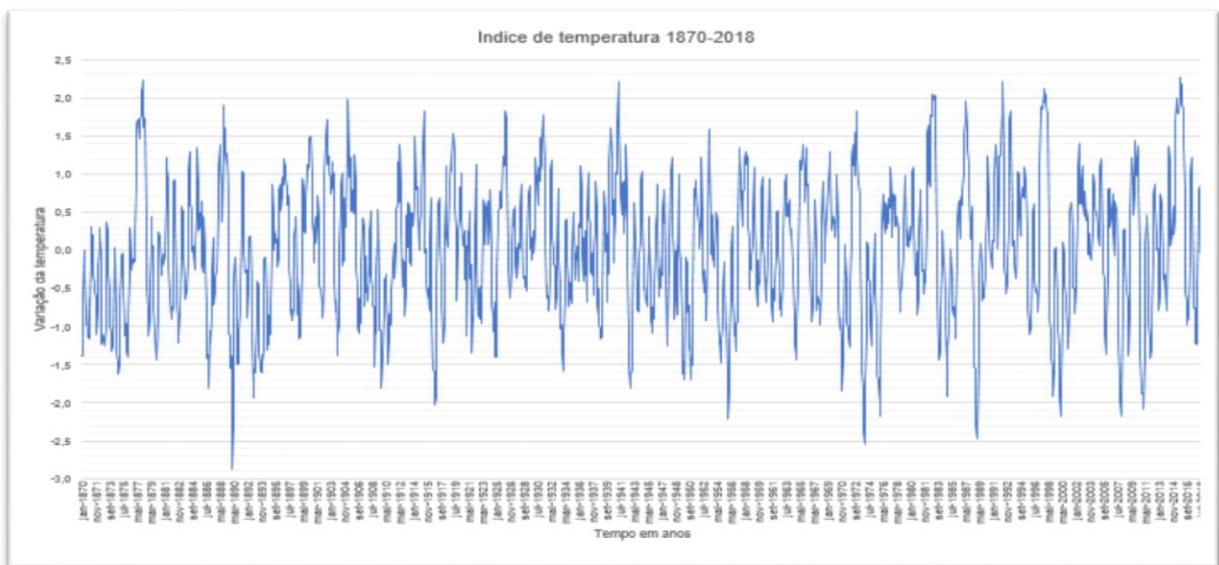


Gráfico 1 - Índice de Temperatura *El Niño / La Niña*. Fonte: Elaborado pelo autor

3.2. Aplicação da Transformada Discreta de Fourier – DFT

Seguidamente, de posse do Índice de Temperatura obtido (Apêndice 1), aplicou-se esses dados como entrada no *software* NUMXL, transformando os dados no domínio de tempo para o domínio de frequência.

Para efeito de verificação de possíveis erro de *aliasing*, a DFT operou com 3.000 componentes de saídas, permitindo a visualização de um espectro de frequência mais amplo, conforme Gráfico 2.

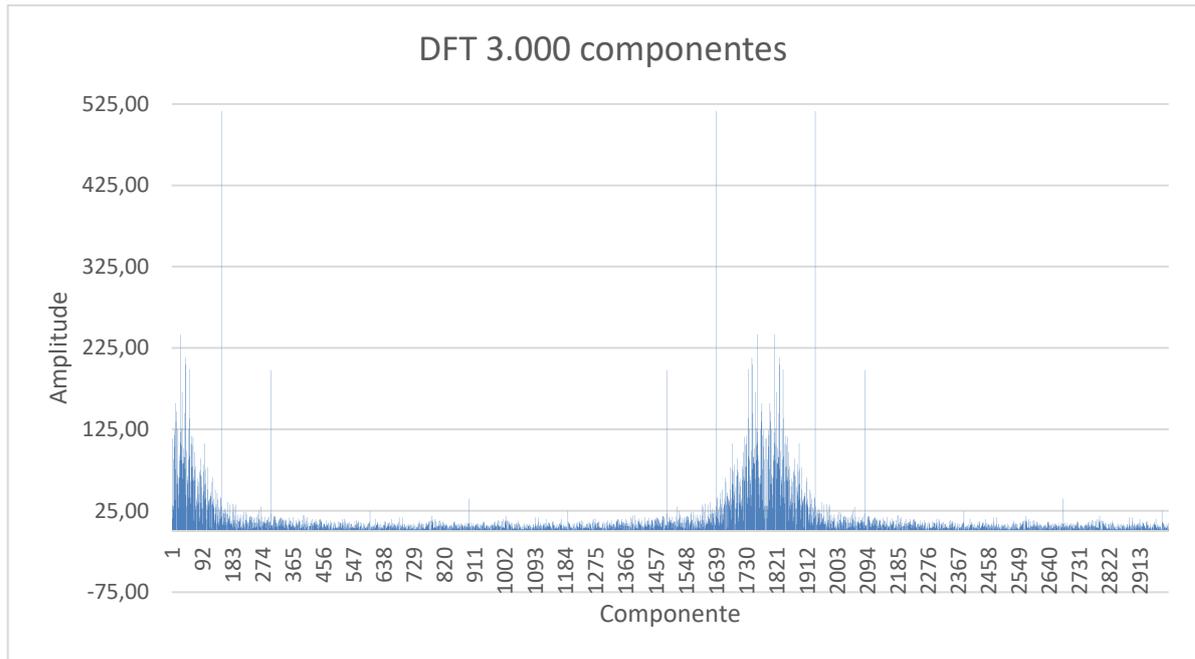


Gráfico 2 – Verificação de *Aliasing*. Fonte: Elaborado pelo autor

Ao se utilizar a taxa de amostragem mensal é verificado que, na distribuição espectral de frequências, não há sobreposições e, portanto, cumprindo a condição do princípio de Nyquist, respeitando previamente a condição de que a taxa de amostragem (mensal) é no mínimo duas vezes a maior frequência contida no sinal (série do Índice de Temperatura), assegurando que a taxa de amostragem é adequada e suficiente, permitindo sua recuperação no domínio do tempo sem distorções ou incorreções.

Para melhor visualização e análise, aplicou-se uma nova DFT (ver Gráfico 3), sendo que o espectro de frequência foi restringido a 300 componentes de saídas, vez que foi o suficiente para verificar todas as componentes contidas em seu espectro no domínio de frequência. Foi obtido as suas respectivas amplitude e fases correspondentes aos seus períodos, convertidos em ano (ver Apêndice 2). Observou-se que a componente de número 300, a de menor período (maior frequência), se dá em 5,96 meses, oscilando 300 vezes no período total de 149 anos, garantindo a condição de Nyquist.

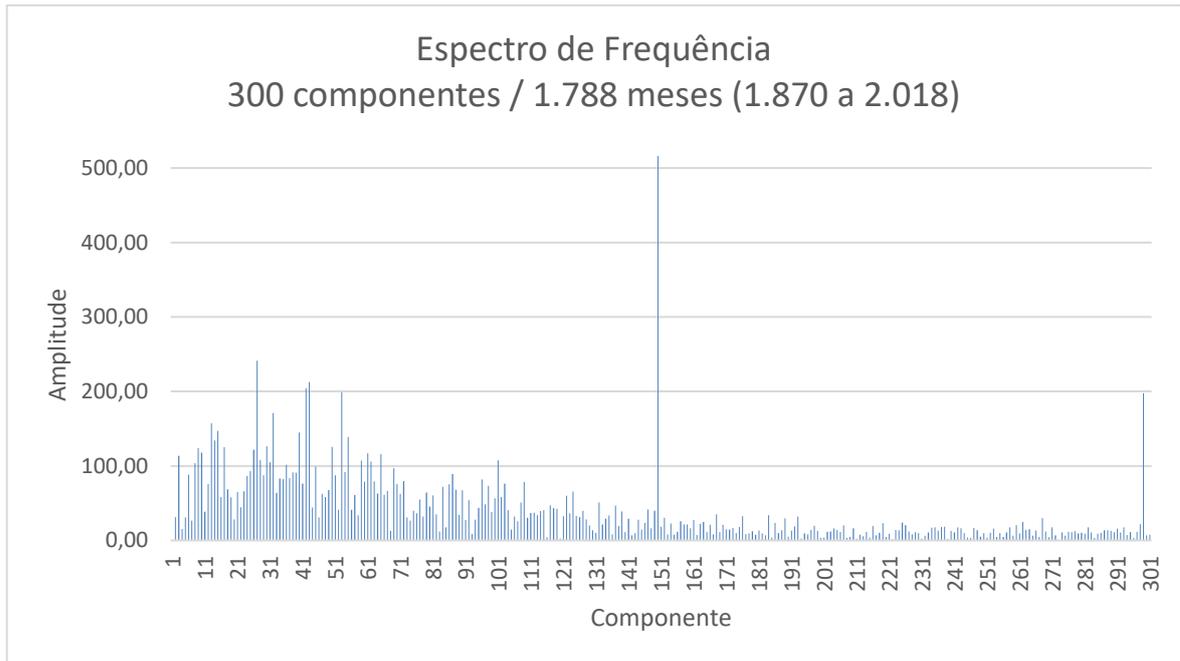


Gráfico 3 – Espectro de Frequência Presente na Série Temporal (1870 a 2018). Fonte: Elaborado pelo autor

3.3. Recuperação da Série Temporal

Para verificar se a aplicação do método se encontra coerente, fez o uso da forma compacta da Função Inversa de Fourier (Equação 1), que retorna do domínio da frequência para o domínio do tempo, permitindo a recuperação da série Índice de Temperatura (Gráfico 4). Foram gerados dados individuais para as 300 componentes em suas respectivas amplitudes e fases para o período aplicado de 1.870 a 2018, produzindo 536.400 dados temperatura (Apêndice 3).

É constado que, na aplicação da Função Inversa de Fourier (Gráfico 4), a expressão temporal possui caráter fidedigno quanto à tendência do fenômeno comparativamente à série temporal original (Gráfico 1). Entretanto, as amplitudes da variação de temperatura não são plenamente correspondidas, apresentando-se em valores menores. Infere-se que o *software* utilizado, NUMXL, possa eventualmente conter algumas limitações que possam incorrer em aproximações. Salienta-se que a diferença dessas amplitudes se mantém homogênea de forma que não compromete a análise propriamente dita.

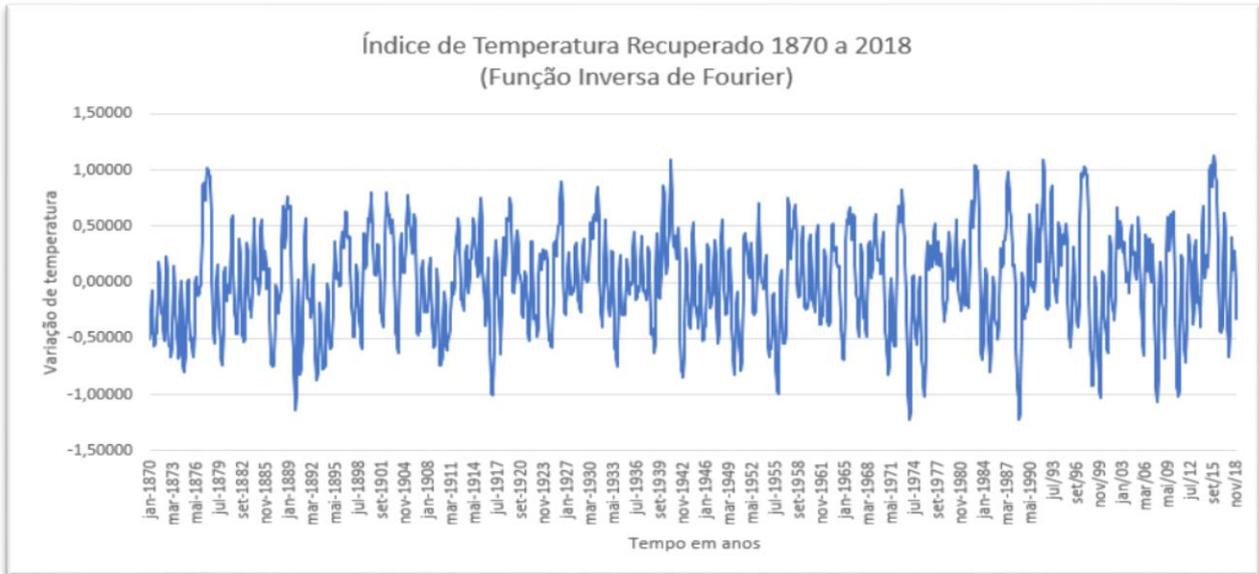


Gráfico 4 – Índice de Temperatura Recuperado (1870 a 2018). Fonte: Elaborado pelo autor

3.4. Identificação de Ciclos Astronômicos

De posse de todas as componentes espectral associadas às suas respectivas intensidades (amplitudes) e períodos (Apêndice 2), pode-se avaliar ou reconhecer quais eventuais Ciclos Astronômicos possam estarem presentes na variação de temperatura caracterizando o fenômeno *El Niño / La Niña*.

De antemão, ao analisar superficialmente os dados da composição espectral de frequência, é verificado que entre eles, alguns ciclos são manifestos conhecidos (Tabela 2).

Componentes Cíclicos				
Componente	Amplitude	Fase	Período (ano)	Ciclo Astronômico
8	123,7056711	1,495198992	18,6	Nodal Lunar
13	134,2889115	1,606482958	11,5	Manchas Solares
149	516,1677945	4,158031061	1,0	Translação (afélio / periélio)
298	197,5724295	2,307814193	0,5	Estações (Solstício / equinócio)

Tabela 2 – Identificação de Ciclos Astronômicos. Fonte: Elaborado pelo autor

Particularmente quando observadas as componentes 149 e 298, que corresponde respectivamente aos períodos de 1,0 e 0,5 ano, nota-se explicitamente que se associam diretamente aos os ciclos de translação terrestre (periélio / afélio) e das estações do ano (equinócios / solstícios). Especialmente o ciclo de translação (componente 149), cuja magnitude é a de maior intensidade de todo o espectro, ou

seja, o de maior contribuição na temperatura, é inequívoco, sendo o mesmo um marcador referencial do método aplicado. Por outro lado, a sua maior contribuição, é uma constatação bastante coerente visto que, e conforme os autores Ynoue, Ambrizzi, *et al.* (2017), a faixa de intensidade da radiação solar devido à variação de 3% da distância Terra-Sol, entre o periélio (janeiro) e o afélio (junho), é de 6% maior.

Contudo, em análise mais rigorosa, é notado que os dados se apresentam em vários conjuntos de harmônicos (múltiplos inteiros das frequências fundamentais). Sendo assim, foram analisados e identificados os possíveis ciclos astronômicos concomitante aos seus respectivos conjuntos de harmônicos, como segue.

- **Translação Terrestre:** é identificado que na translação terrestre há fenômenos astronômicos bem icônicos, dos quais possam contribuir para a temperatura do *El Niño / La Niña* 3.4. Possui dois harmônicos (Tabela 3 – Apêndice 4), sendo eles: o primeiro (1ª harmônica, ou harmônica fundamental), período de 1,0 ano, decorrente da apside (órbita elíptica) incorrendo no periélio e afélio; o segundo efeito astronômico, de período de 0,5 ano, se dá pela obliquidade do planeta ($23,5^\circ$) implicando nas estações do ano - solstício / equinócio (2ª harmônica – metade do período da 1ª harmônica).

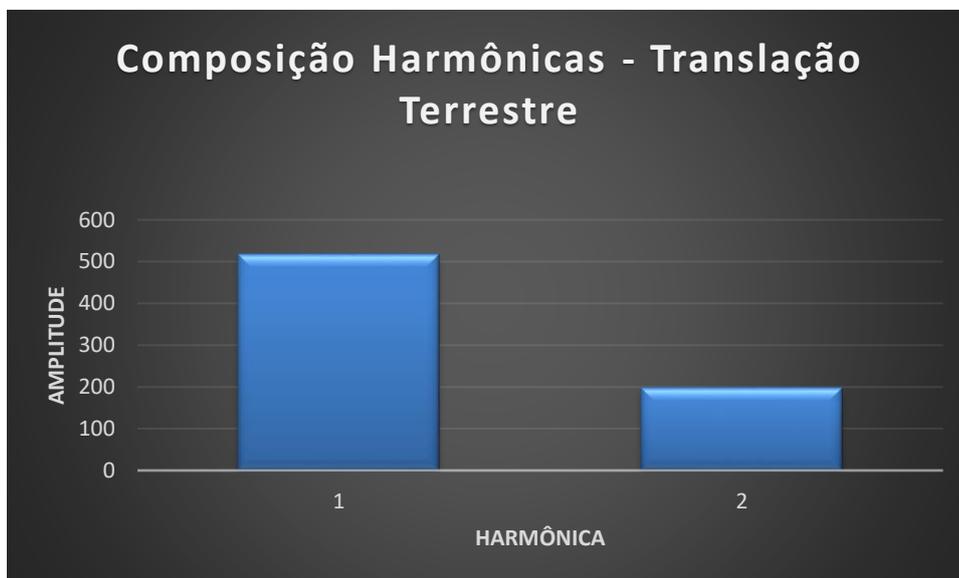


Gráfico 5 – Composição Harmônicas – Translação Terrestre. Fonte: Elaborado pelo autor

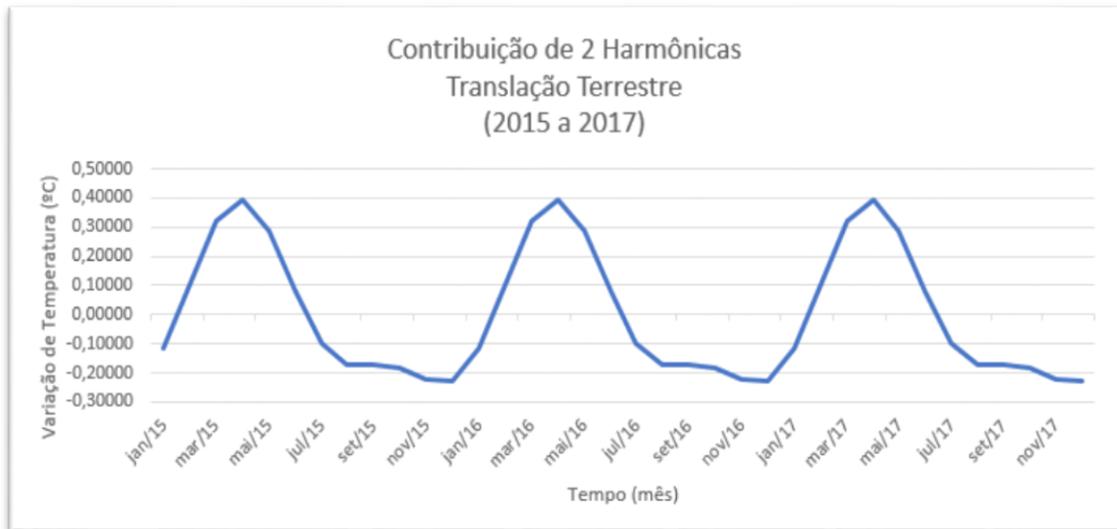


Gráfico 6 – Variação de Temperatura – Translação Terrestre. Fonte: Elaborado pelo autor

Os picos de temperatura, dado pela translação terrestre, ocorrem pela combinação do Ciclo das Estações (periélio em janeiro e equinócio de março) com a aproximação ou distanciamento Terra-Sol (periélio / afélio). Essa combinação é a mais importante para o efeito *El Niño* / *La Niña* em razão de sua intensidade. Observa-se que o ponto de inflexão, início de aquecimento, se dá no mês de dezembro – a vinda do “menino Jesus – *El Niño*” – conferindo com as percepções empíricas de pescadores na costa Peruana no passado.

- **Translação de Júpiter:** nota-se que o ciclo de manchas solares (Ciclo de Schwabe), que possui um período aproximado de 11 anos, encontra-se muito próximo do período de translação do planeta Júpiter (11,86 anos). É verificado que o suposto ciclo de translação de Júpiter é composto de 23 harmônicas (Tabela 4 – Apêndice 5). O período encontrado nos dados do Ciclo de Schwabe foi de 11,46 anos;

Embora que na translação de Júpiter, o Ciclo de Schwabe esteja bem caracterizado no conjunto harmônicos identificados, as demais, inclusive a 2ª, 3ª e 4ª harmônicas (componentes 26, 39 e 52 respectivamente) de maiores intensidades que a harmônica fundamental, não há possíveis causas identificadas, inferindo que eventualmente sejam decorrentes de Interações planetárias (conjunções / ressonância orbital) a serem investigadas no futuro.

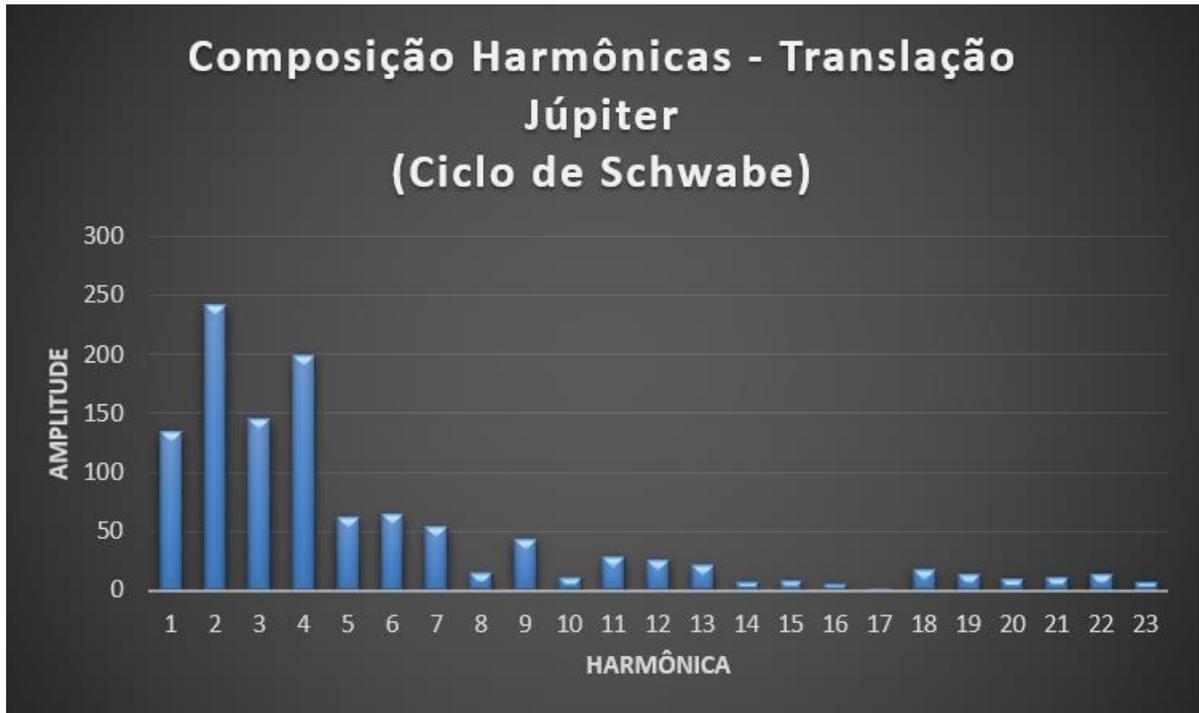


Gráfico 7 – Composição Harmônicas – Translação de Júpiter. Fonte: Elaborado pelo autor



Gráfico 8 – Variação de Temperatura – Translação de Júpiter. Fonte: Elaborado pelo autor

- **Ciclo Magnético Solar:** no conjunto de harmônicos de esta verificação, a primeira harmônica deste ciclo se dá em 21,29 anos, o que se apresenta muito próximo ao chamado Ciclo de Hale de aproximadamente 22 anos, cujo efeito astronômico é decorrente da inversão cíclica do campo magnético solar. É

encontrado nos dados uma composição de 42 harmônicas (Tabela 5 – Apêndice 6).

A exceção da identificação do Ciclo de Hale nesta composição harmônicas, também não há possíveis causas identificadas para as demais componentes. Chama atenção as harmônicas de ordem 2, 6 e 7, pois contribuem com maior intensidade que o próprio Ciclo de Hale (primeira harmônica).

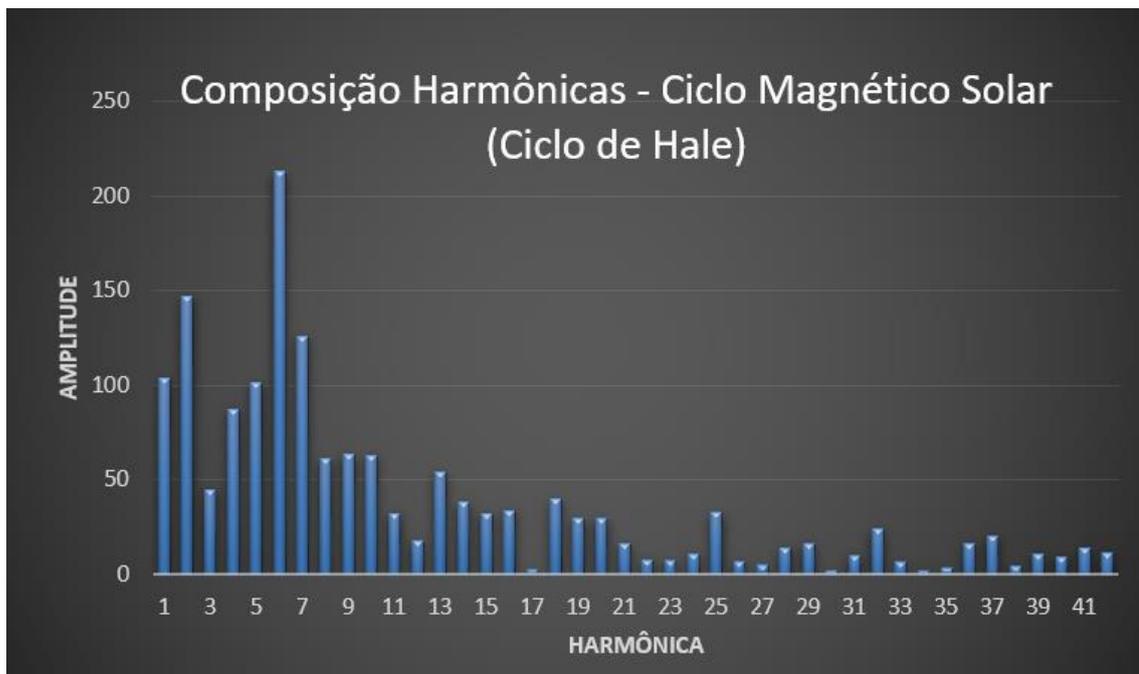


Gráfico 9 – Composição Harmônicas – Ciclo Magnético Solar. Fonte: Elaborado pelo autor

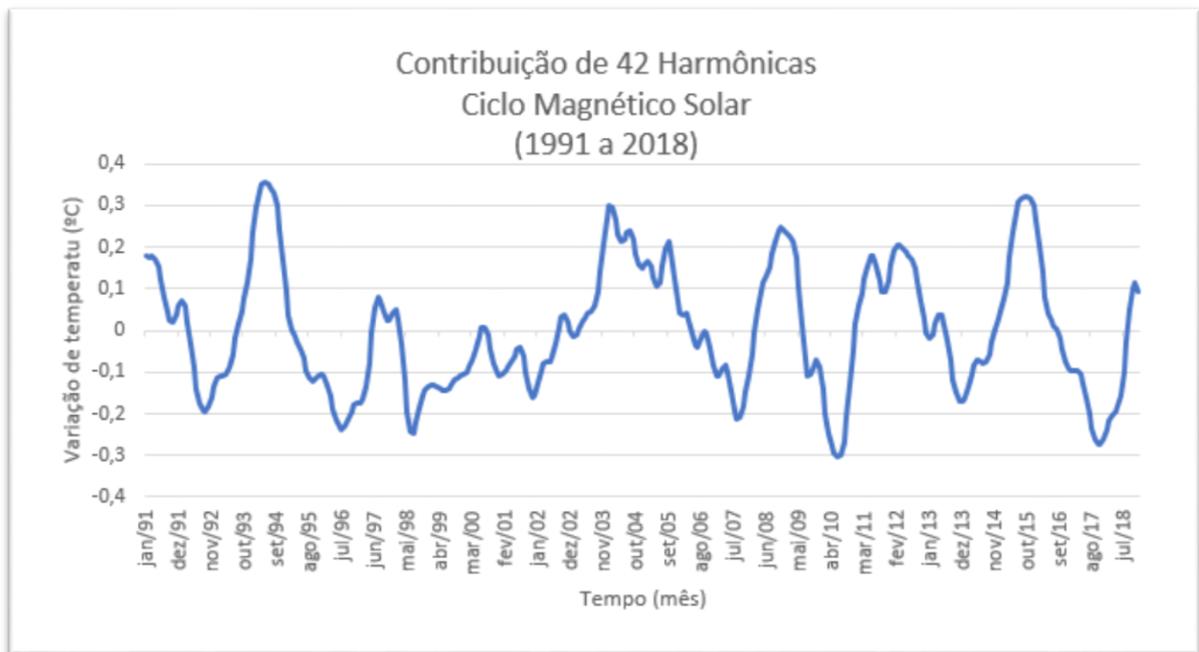


Gráfico 10 – Variação de Temperatura – Ciclo Magnético Solar – Fonte: Elaborado pelo autor

- **Translação Lunar:** neste ciclo (Tabela 6 – Apêndice 7), já em sua harmônica fundamental, é explicitamente evidenciado o Ciclo Nodal Lunar de 18,6 anos. Apresenta também, em sua segunda harmônica, 9,3 anos, o ciclo da rotação da apside lunar (perigeu / apogeu). As demais harmônicas, total de 35 restantes, não são identificadas, podendo estarem relacionadas com fatores lunar / planetárias das quais também eventualmente contribuem com a temperatura na região 3.4 do Pacífico.

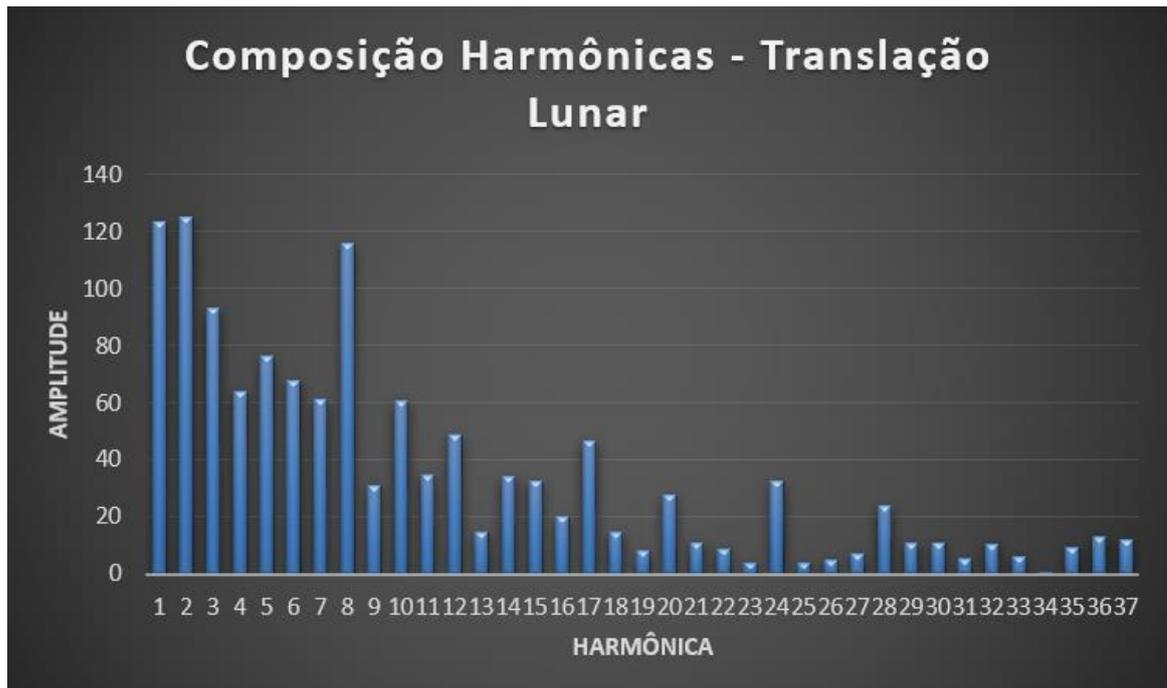


Gráfico 11 – Composição Harmônicas – Translação Lunar. Fonte: Elaborado pelo autor

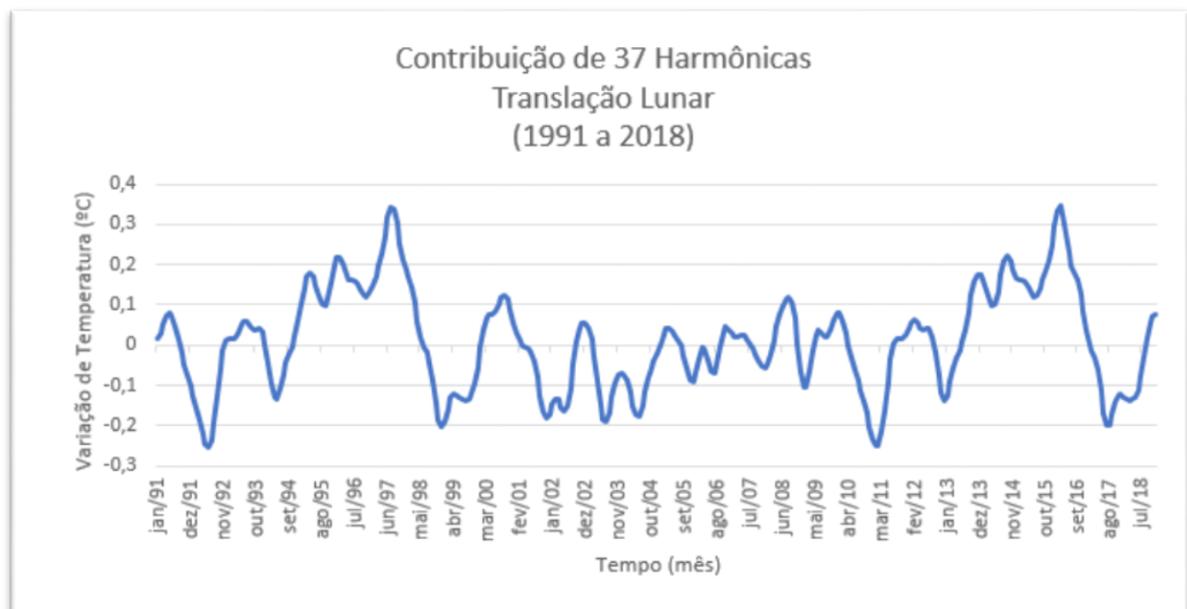


Gráfico 12 – Variação de Temperatura – Translação Lunar. Fonte: Elaborado pelo autor

Obs.: verifica-se que o conjunto de harmônicas do Ciclo de Translação Lunar, contribuíram com variações positivas de temperatura, estando presentes nos dois últimos eventos de *El Niño* muito fortes (1997/1998 e 2015/2016).

- **Translação de Saturno:** a partir dos dados gerados, do total de 300 componentes, é verificado um conjunto de 60 harmônicas (Tabela 7 – Apêndice 8), cujo harmônica principal (29,80 anos) se dá muito próximo ao período de translação do planeta Saturno (29,46 anos), que remete ao de Ciclo de Brückner, sugerindo a influência indireta desse planeta, afetando a temperatura medida na série temporal *El Niño* 3.4.

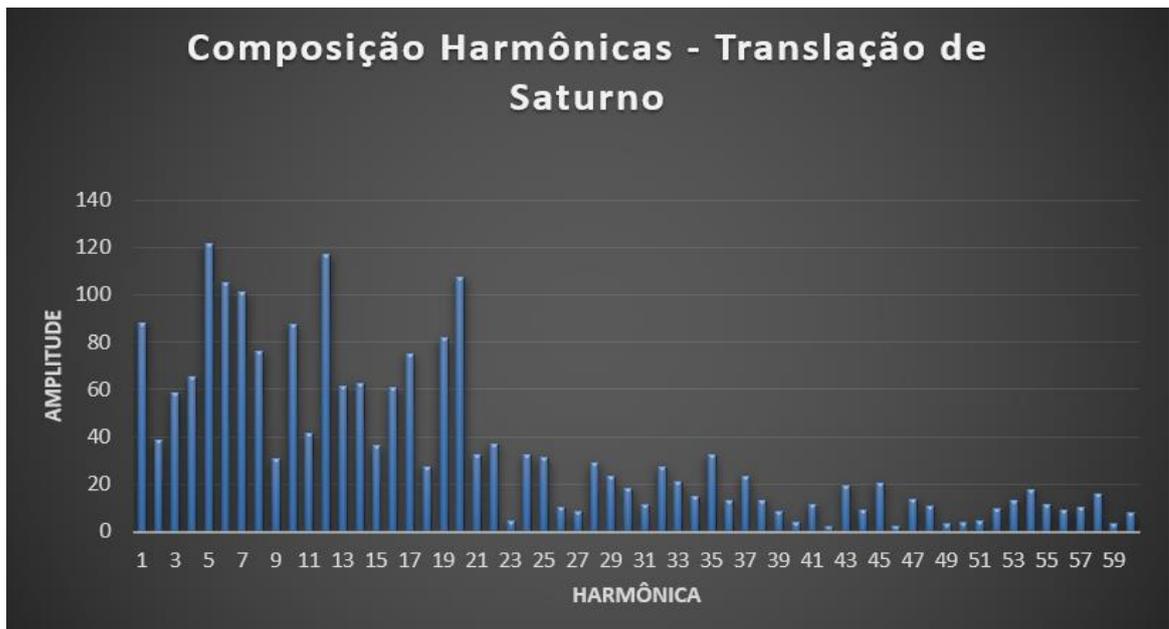


Gráfico 13 – Composição Harmônicas – Translação de Saturno. Fonte: Elaborado pelo autor

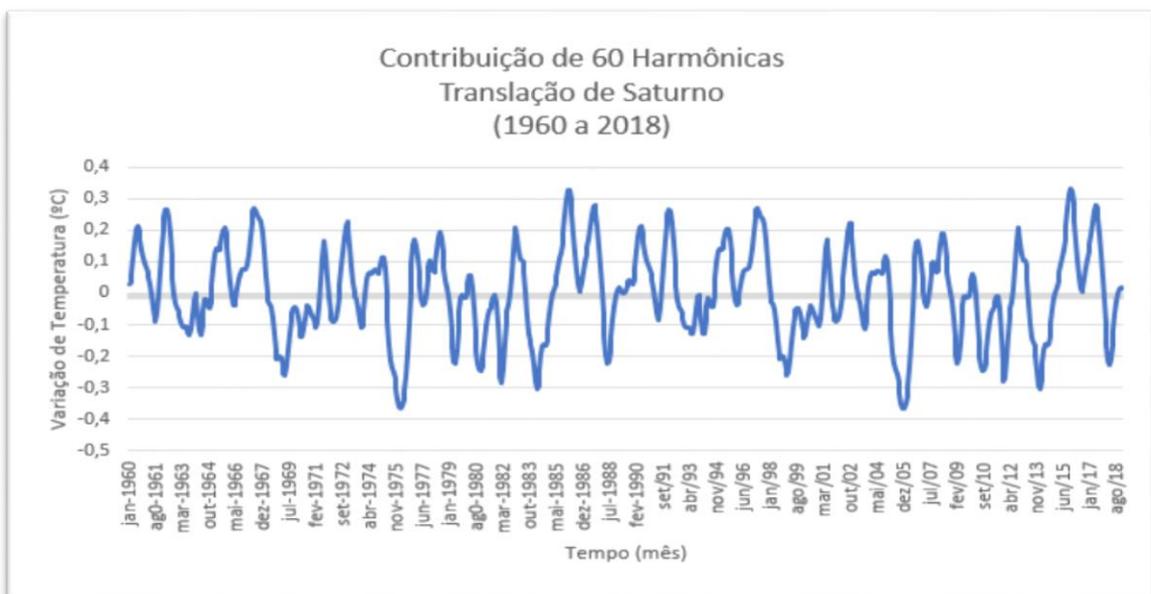


Gráfico 14 – Variação de Temperatura – Translação de Saturno. Fonte: Elaborado pelo autor

Todos os gráficos dos ciclos respectivos acima identificados foram elaborados com os seus conjuntos de contribuições harmônicas por meio dos dados da Transformada Inversa de Fourier (Apêndice 3). Os intervalos de tempo dos gráficos foram adequadamente escolhidos de modo a explicitar que cada conjunto de ciclos são de fato periódico repetindo indefinidamente. Isto é, pressupõem que os movimentos astronômicos envolvidos são repetidos há de eterno, e, portanto, sendo possível projetar o comportamento futuro, seja eles individualmente, ou em um somatório geral caracterizando o Fenômeno *El Niño / La Niña* como um todo, possibilitando a sua predição.

Diante desses resultados verificados, pode fazer o pressuposto de que o fenômeno *El Niño / La Niña* não seja considerado meramente uma anomalia de temperatura produzido estritamente pelo efeito da interação oceânico-atmosférico no Oceano Pacífico. Apresenta ser um sistema natural, sendo composto de um somatório de vários fenômenos oscilatórios, quiçá de fato ciclos astronômicos, que influenciam indiretamente na variação da TSM do Pacífico, e, a partir daí as suas consequências climáticas moldando o fenômeno em pauta.

3.5. Predição de Eventos Futuros

Após identificação de alguns ciclos astronômicos no item acima, totalizando o reconhecimento de sete, e pressupondo que estejam corretos, pode-se conjecturar que as demais componentes presentes no espectro de frequência, e ainda não identificadas, também possuem comportamento oscilatório contínuo e que repetem permanentemente. A partir daí, é possível fazer projeções preditivas para eventos futuros do fenômeno *El Niño / La Niña*.

Fazendo-se uso novamente da Função Inversa de Fourier, e utilizando projeções de meses futuros a partir de jan/2019, é admissível recuperar a função temporal com as possíveis tendências e comportamento vindouros do fenômeno.

Dentro do espectro de frequência obtida a partir da DFT, a exceção da componente 298 (Translação Terrestre – solstício/equinócio) é verificado que a maioria delas possuem pouca expressão em suas intensidades, geralmente as de

frequências mais elevadas. Para tanto, para realizar previsões, adotou-se o uso apenas das maiores contribuições, sendo que as demais foram desconsideradas por serem resultantes de possíveis erros de medições dentro dos 149 anos, especialmente quando, à época, de emprego de tecnologias de medições poucas precisas no final do século XIX e início do XX, implicando menor acurácia.

Desta forma, foi realizada uma normalização em referência à maior contribuição – componente 149 (Gráfico 15), sendo selecionadas um total de 78 maiores contribuições (Apêndice 9), adotando o critério de componentes acima de 10% da maior amplitude encontrada.

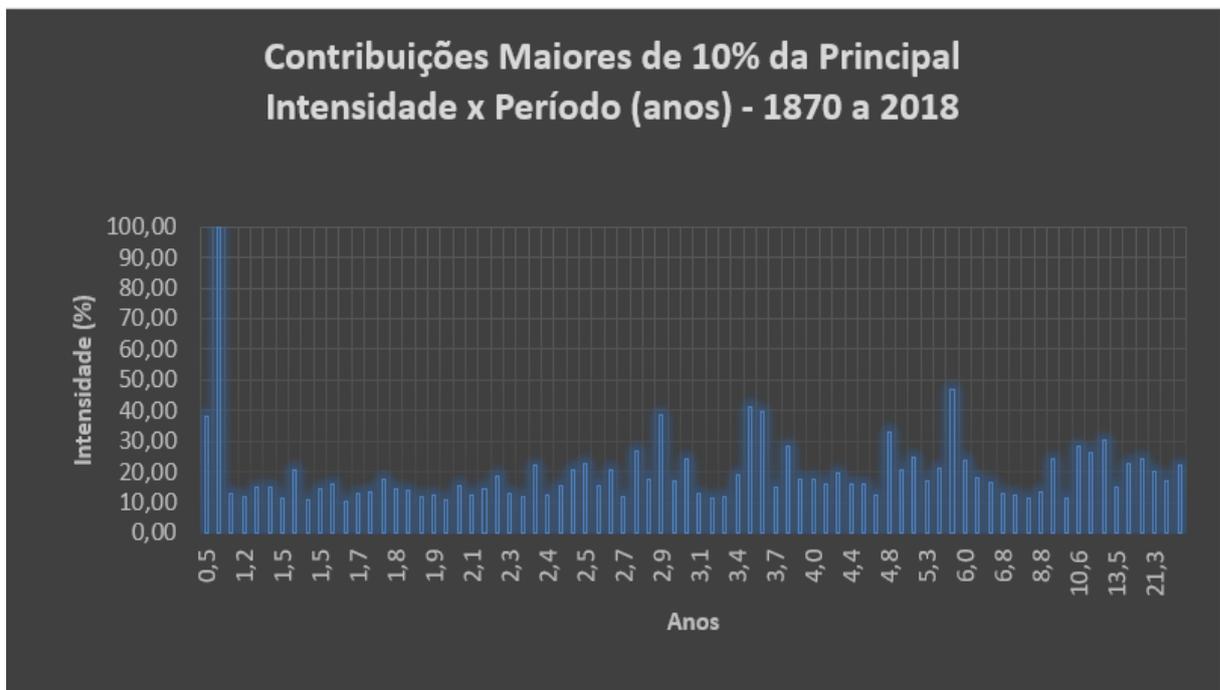


Gráfico 15 – 78 Componentes de Maior Relevância – Fonte: Elaborado pelo autor

Ao utilizar das 78 maiores componentes (Apêndice 9), verifica-se que a expressão temporal (Gráfico 16) continua fidedigna quanto à tendência do fenômeno em relação à série temporal original (Gráfico 1).

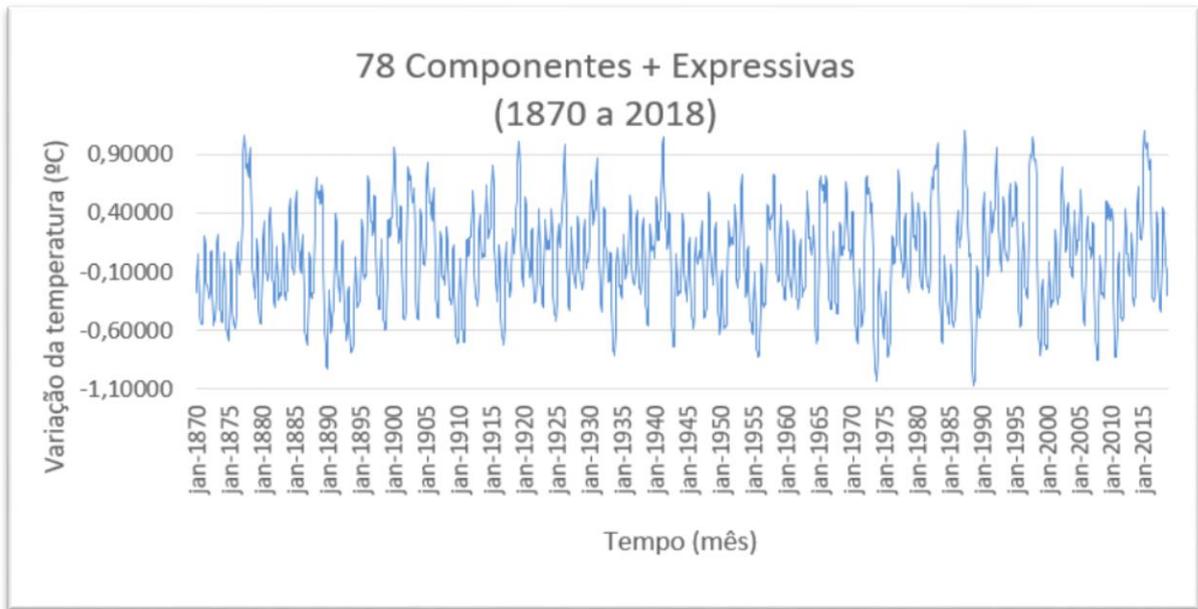


Gráfico 16 - Representação temporal - 78 componentes mais expressivas Fonte: elaborado pelo autor

Os gráficos que se seguem (Gráfico 17 e Gráfico 18), destacam comparativamente por meio de um período mais estreito, de 2010 a 2018, demonstrando que a composição de 78 maiores componentes possui as mesmas tendências e comportamento de variação de temperaturas do fenômeno *El Niño / La Niña*.

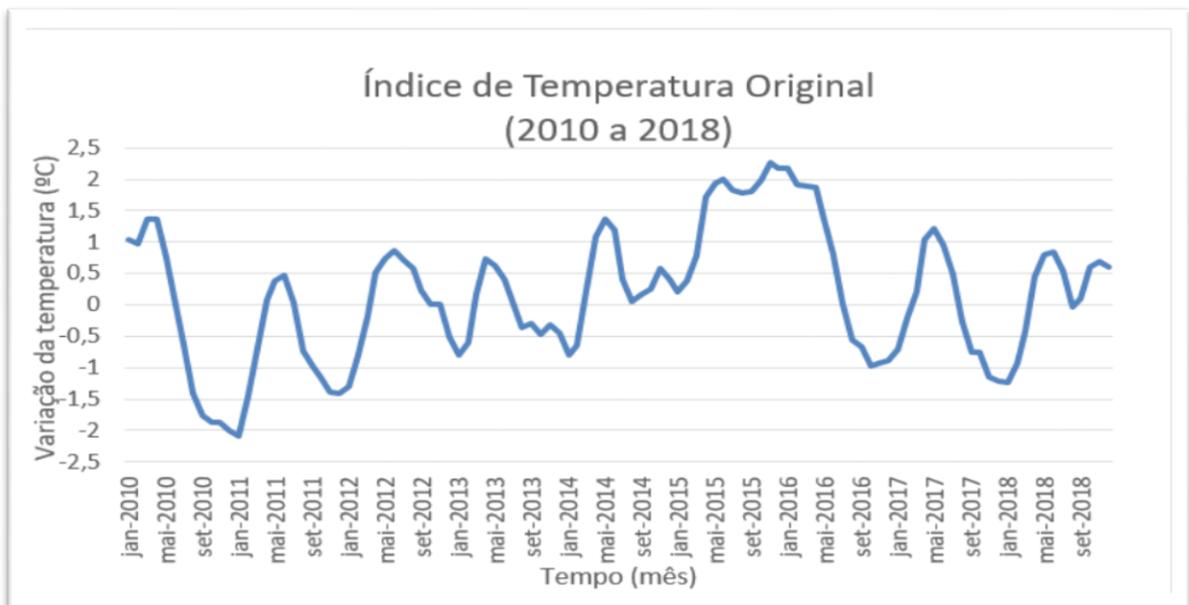


Gráfico 17 – Índice Variação da Série Temporal Original (2010 a 2018). Fonte: Elaborado pelo autor

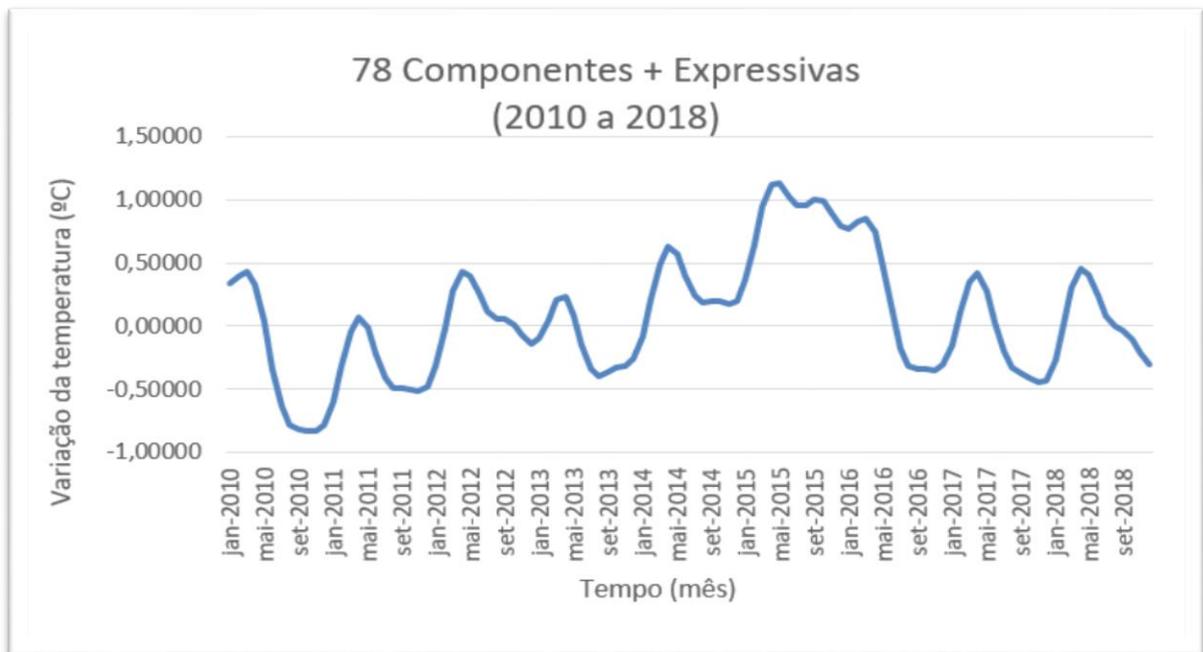


Gráfico 18 – Índice de Variação de 78 Componentes mais Expressivas (2010 a 2018). Fonte: Elaborado pelo autor

A ilustração que se segue (Gráfico 19), traz as oscilações simultâneas da composição dos 78 termos selecionados, mostrando de forma conjunta sua dinâmica em suas respectivas intensidades de temperatura e períodos atuando para formar, quando em sobreposição, o efeito total do fenômeno *El Niño / La Niña*.

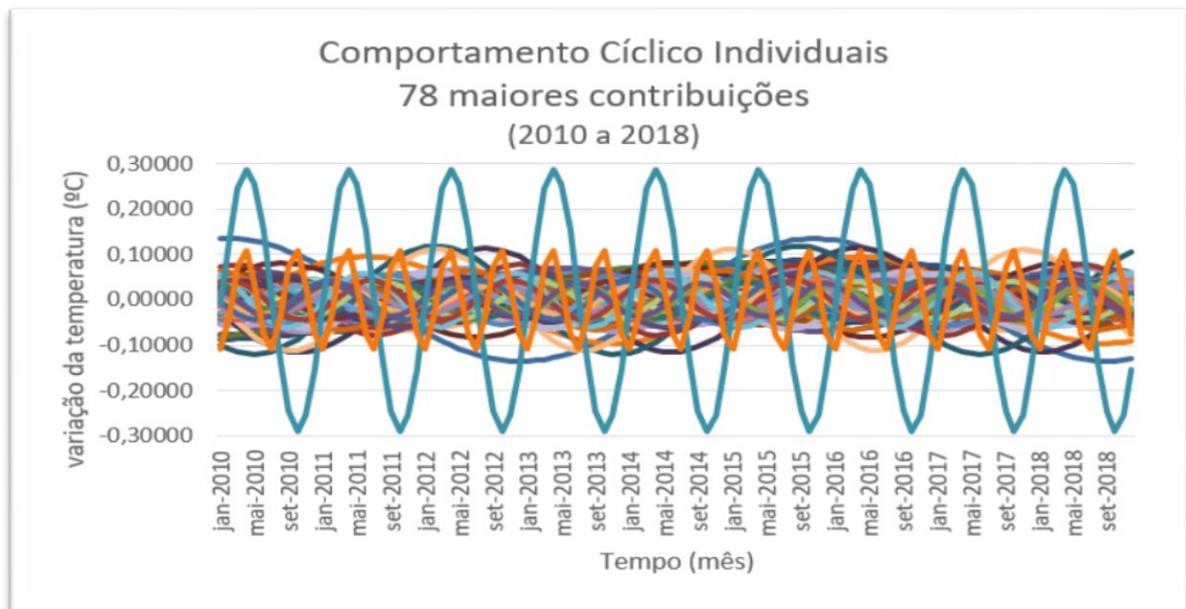


Gráfico 19 – 78 Maiores Intensidade Espectral e suas Respectivas Frequências. Fonte: Elaborado pelo autor

Aplicando a Transformada Inversa de Fourier, exclusivamente para as 78 componentes selecionadas (Apêndice 9), escolhendo o intervalo de tempo de 2010 a 2050, pois permite-se verificar concordância de eventos passados recentes a partir de 2010, inclusive o *El Niño* muito forte de 2015/2016, temos o Gráfico 18.

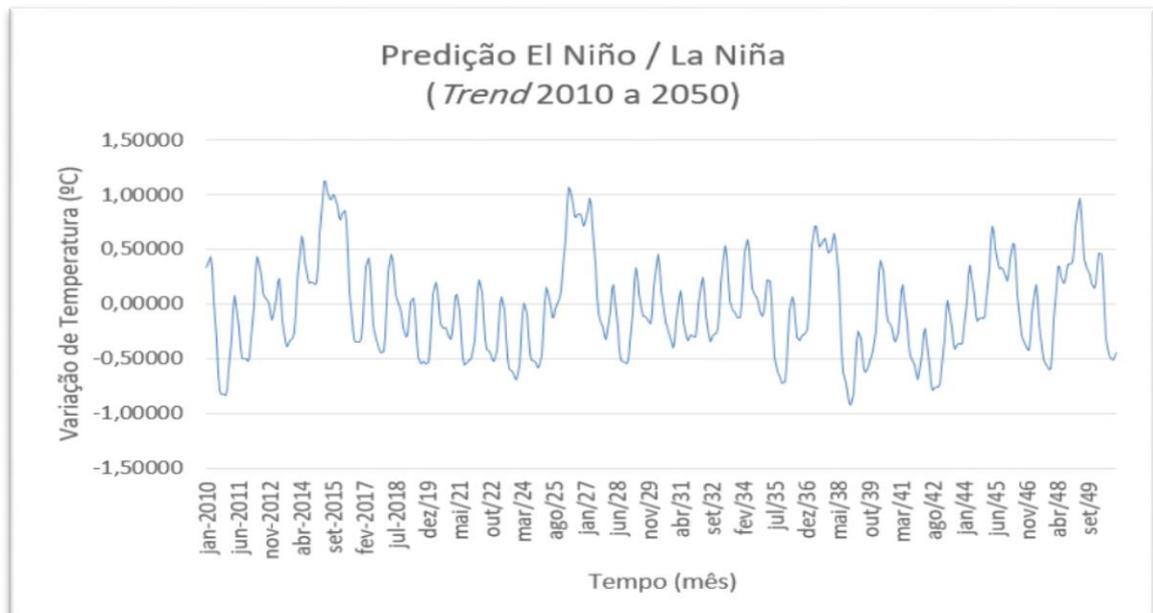


Gráfico 20 – Predição para Fenômeno *El Niño/La Niña*. Fonte: Elaborado pelo autor

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Primeiramente, é relevante salientar que os ciclos explicitamente identificados (item 3.4) – translação terrestre, lunar, Júpiter, Saturno, e inversão magnética do Sol – não são ciclos autênticos puros, ou seja, se apresentam como um efeito de uma composição de vários ciclos periódicos em um conjunto de harmônicas, que possivelmente definidos pela mecânica celeste. Ainda que nem todas componentes espectrais presentes não estejam devidamente identificadas em sua totalidade, é improvável que esses ciclos astronômicos não estejam associados às variações de temperaturas medidas na região 3.4, e que, portanto, o *El Niño / La Niña*, já não pode ser considerado meramente sendo um fenômeno de anomalia de temperatura de efeito oceânico-atmosférico como afirmam diversos autores.

Isto posto, e considerando que as variações de temperaturas na superfície do mar (TMS) no Oceano Pacífico, sendo essas temperaturas manifestações da variabilidade da radiação solar, e que podem ser decorrentes de modulações advindas de cíclicos astronômicos, assegurar-se que individualmente, cada fração, cada componente, repetindo simultaneamente a longo prazo, e ao se somarem, essas combinações podem resultar em um conjunto de elementos interdependentes de modo a formar um todo organizado, o fenômeno *El Niño / La Niña*, e que portanto sendo um fenômeno previsível.

Diante dos resultados encontrados, é verificado que as predições do comportamento fenômeno *El Niño / La Niña* tem conferido com que se tem observado a partir de 2019 até presente momento da pesquisa. A predição tem seguido segura, pelo menos em tendência, embora ainda não sendo possível, neste método, ter valores acurados, que podem ser aprimorados com a utilização de *software's* mais robustos futuramente.

Conforme demonstrado (Gráfico 18), uma importante verificação a ser notada, diante da predição, são os episódios subsequentes de *La Niña's* que vem sendo registradas e que ainda ocorrerão até 2025, e se de fato confirmarem, trarão efeitos importantes. Curiosamente confere previamente com o comportamento da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) divulgado pelo NOAA, que registra anomalias negativas,

demonstrando nesta pesquisa um resultado coerente, com temperaturas mais amenas nos dois hemisférios. Por outro lado, é coincidência ao período de mínimo solar do atual ciclo 25 de Schwabe?

A continuar as previsões, mantendo-se corretas a partir do presente momento desta pesquisa, a sequência de quatro *La Niña*'s consecutivas previstas até o ano de 2025, trará eventualmente sérias consequências quanto ao planejamento hídrico – redução de chuvas e umidade no centro-sul do país (regiões de maior adensamento populacional e de maiores expressões em atividades econômicas e P.I.B.) implicando em maior agravamento dos níveis dos reservatórios comprometendo ainda mais a matriz energética hidráulica, bem como prejuízo econômico-financeiros dado redução de safras agrícolas, e ainda, acentuando ocorrências ambientais, a exemplo de incêndios de maior proporções principalmente no bioma Pantanal.

E, decorrente do cenário estabelecido de *La Niña* desde meados de 2021, a Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS encontrou-se bem configurada para a estação chuvosa do verão 2021/2022. Foi observado, em razão das ZCAS, que é potencializada pela *La Niña*, precipitações anômalas positivas acima da média, com severos transtornos socioeconômicos, nas regiões do norte do estado de Minas Gerais e sul da Bahia. Também foram registrados, na primeira quinzena de janeiro/2022, eventos pluviométricos severos na área geoeconômica da grande São Paulo, bem como, na segunda quinzena de fevereiro do mesmo ano, evento catastrófico na cidade serrana de Petrópolis do estado do Rio de Janeiro, inclusive contabilizando mais de duas centenas de óbitos e desaparecidos, além de famílias desabrigadas e desalojadas.

Ao tempo que, no cone sul-americano, é verificado ainda rigorosa escassez hídrica registrando medidas de estado de emergência e desastre agrícola, a exemplo da Argentina, agravado inclusive por incêndios florestais de grandes proporções.

Outrossim, diante dos resultados, há previsão de que em 2026/2027 apresentará um *El Niño* de proporções semelhante a que ocorreu em 2015/2016 do qual trouxe severos transtornos à época, inclusive registrando crise hídrica para a região centro-oeste, quando particularmente para o Distrito Federal, foi aplicado plano contingencial com racionamento de água junto a sua população.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a abordagem feita pela pesquisa, corroborado pela robustez analítica do método aplicado, é confirmado preliminarmente que o comportamento da série temporal de temperatura região 3.4 (NOAA – período de 1870 a 2018) é indiretamente decorrente minimamente dos ciclos astronômicos identificados de antemão (translações – terrestre, lunar, Júpiter, Saturno, e ciclo magnético solar). E, portanto, atingindo previamente a premissa, a hipótese de que o fenômeno *El Niño / La Niña* possa ser regido indiretamente por ciclos astronômicos, conferindo o pressuposto de que a radiação solar é afetada modulando o comportamento da TSM medida no Oceano Pacífico região 3.4.

Há ainda de se verificar e identificar outras componentes presentes em estudos futuros, pois do total das 300 contribuições obtidas, restam avaliar cerca de 130 outras frequências que também se apresentam em conjuntos de componentes harmônicos. Ao tempo que, não há ainda como conjecturar um percentual de acerto para as predições futuras, sendo elas baseadas em tendências projetadas, muito em razão do *software* utilizado que podem possuir aproximações em seu algoritmo como anteriormente mencionado.

Entretanto, o mais relevante da pesquisa, até esse momento, é apresentação de um método preditivo bastante promissor, pois os dados utilizados foram aplicados até dez/2018, onde a partir daí, todos os eventos preditos estão em concordância, pelo menos em tendência, com que estão sendo observados empiricamente e anunciados por órgãos competentes, especialmente dados do NOAA.

Em futuro próximo, haverá de se validar ou refutar efetivamente a hipótese, método e resultados apresentado em esta pesquisa. Entretanto, configurando-se correto, no que tange às ocorrências e consequências de *El Niño / La Niña*, oferta-se uma nova ferramenta mitigadora às problemáticas do gerenciamento de recursos hídricos, e por consequência, político-sócio-econômico-ambientais – catástrofes naturais, secas e inundações, segurança alimentar e fome de povos, investimentos e atividades financeiras, agricultura, energia, em nível local, regional ou mesmo mundial.

Ainda, com respeito às pesquisas e investigações futuras, há de se verificar, também, os efeitos de radiação solar modulados pelos ciclos astronômicos para outras regiões, pois haveria, respeitadas as suas respectivas características latitudinais, de afetar todas as partes do planeta igualmente. Pois, estando correto os resultados da pesquisa, ao compreender os efeitos decorrentes, trarão entendimentos mais precisos a cada parte e região da Terra em suas respectivas singularidades e particularidades, e, por outro lado, indicando eventualmente que o fenômeno *El Niño* / *La Niña* é uma manifestação exclusiva do Oceano Pacífico, incluindo aí a Oceania e leste da África.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, G. M. **Aquecimento global: Ciência ou religião?** 1. ed. Brasília: Hinterlândia editorial, 2009.

BORSATO, V. A.; HIERA, M. D.; MARCON, L. da S. A zona de convergência do atlântico sul e a dinâmica atmosférica para o noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 8, Vol. 11, p. 104 – 118, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307691279_A_ZONA_DE_CONVERGENCIA_DO_ATLANTICO_SUL_ZCAS_SE_INTENSIFICA_NOS_VEROES_DE_LA_NINA_O_ESTUDO_DE_CASO/fulltext/57cea41a08aed6789700d5af/A-ZONA-DE-CONVERGENCIA-DO-ATLANTICO-SUL-ZCAS-SE-INTENSIFICA-NOS-VEROES-DE-LA-NINA-O-ESTUDO-DE-CASO.pdf. Acesso em maio/2021.

EHLERS, R. S. **Análise de séries temporais**. 5ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

HSIANG, S. M.; MENG, K. C.; CANE, M. A. Civil conflicts are associated with the global climate. *Nature*, v. 476, p. 438-441, ago. 2011. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature10311>. Acesso em mai/2021.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. El Niño. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/elnino/pt>. Acesso em maio 2021.

INMET. Instituto nacional de meteorologia. <http://www.inmet.gov.br>. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=tempo_clima. Acesso em junho 2019.

KUKLA, G.; FAIRBRIDGE, R. W. Milankovitch, Milutin. In: OLIVER, J. E. **Encyclopedia of World Climatology**. Dordrecht: Springer, p. 500 – 503, 2005. Disponível em: <https://link.springer.com/referencework/10.1007/1-4020-3266-8>. Acesso em junho 2019.

LATHI, B. P. **Modern Digital and Analog Communication Systems**. 3. ed. New york: Oxford University Press, 1998.

MAZOYER, M. ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo do neolítico a crise contemporânea**. 4. ed. Rio de janeiro: UNESP, v. I, 2009.

MIGON, H. D. S. **Análise de séries temporais**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2004.

MINAKI, C; MONTANHER, O. C. Influência do El Niño-Oscilação Sul na Precipitação em Maringá-PR, no Período de 1980 a 2016. **Caminhos da Geografia**, v. 20, p. 266-281, 2019. Disponível em <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/41220>. Acesso em jan 2022.

MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13, Vol. 21, jul/dez 2017. Disponível em <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/51873>. Acesso em maio 2019.

NOAA. El niño theme page: Pacific marine environmental laboratory. www.pmel.noaa.gov. Disponível em: <https://www.pmel.noaa.gov/elniño/what-is-el-niño> Acesso em junho 2019.

OLIVEIRA, G. S. de. **O El Niño e Você - o fenômeno climático**. São José dos Campos: Editora Transtec, 2001.

OLIVEIRA, M. A.; FAVERO, L. P. L. **Uma breve descrição de algumas técnicas para análise de séries temporais: Séries de Fourier, Wavelets, Arima, Modelos Estruturais para séries de tempos e redes neurais**. VI SEMEAD Ensaio MQI, São Paulo: Edusp, 2002.

OLIVEIRA, M. J.; BAPTISTA, G. M. de M.; CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. S. História geológica e Ciência do clima: métodos e origens do estudo dos ciclos climáticos na Terra. **Terrae Didática**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 3-26, 2015. Disponível em <https://www.ige.unicamp.br/terrae/V12/PDFv11/T056-1.pdf>. Acesso em julho 2021.

OLIVEIRA, M. J. et al. CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. S.; BAPTISTA, G. M. de M. Ciclos climáticos e causas naturais das mudanças do clima. **Terrae Didática**, v. 13, n. 3, p. 149-184, 2018. Disponível em https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v13_3/PDF13_3/td13-3-171-1.pdf. Acesso em julho 2021.

OLIVEIRA, M. J. **Mudanças climáticas e ciclos naturais do clima: passado, presente e futuro da temperatura no Brasil**. São Carlos, 2021, Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

PEREIRA, D. N. B.; NEVES, G. Z. de F.; VECCHIA, F. A. da S. Variabilidade climática e a influência do ciclo nodal lunar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17, 2107, Campinas. **Anais...** Campinas, 2017, p. 2698-2704. Disponível em <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2448>. Acesso em julho 2021.

PEREIRA, D. N. B.; VECCHIA, F. A. S. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO CICLO NODAL LUNAR NA VARIABILIDADE CLIMATOLÓGICA. In: SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL, 15, 2016, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2016, p. 1 – 11. Disponível em: <http://soac.eesc.usp.br/index.php/PPGSEA/PPGSEA/paper/view/248/186>. Acesso em maio 2021.

ROCHA, A. F. D.; CARVALHO, J. L. A.; BERGER, P. A.; NASCIMENTO, F. A. O. Processamento de Sinais Biológicos. In: BRASIL, L. M. (Org.). **Informática em Saúde**. 1ed. Brasília: Universa/Eduel, 2008, v. 1, p. 397-426. Disponível em <http://www.ene.unb.br/joaoluiz/pdf/adson-psb-capitulo.pdf>. Acesso em jun. 2019.

SCAFETTA, N. Empirical Evidence for a Celestial Origin of the Climate Oscillations and Its Implications. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 72, n. 13, p. 951–970, ago. 2010. Disponível em <https://arxiv.org/abs/1005.4639>. Acesso em jun 2019.

SCAFETTA, N.; MILANI, F.; BIANCHINI, A. A 60-Year Cycle in the Meteorite Fall Frequency Suggests a Possible Interplanetary Dust Forcing of the Earth's Climate Driven by Planetary Oscillations. **Geophysical Research Letters**, v. 47, n. 18, 23 set. 2020. Disponível em <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020GeoRL..4789954S/abstract>. Acesso em jun 2019.

STEFANI, F; STEPANOV, F; WEIER, T. Shaken and stirred: When Bond meets Suess-de Vries and Gnevyshev-Ohl. *Solar Physics*, vol. 296, Article number: 88, jun. 2020. Disponível em <https://arxiv.org/abs/2006.08320>. Acesso em jan 2021.

SILVA, F. F.; SANTOS, FRANCÍLIO de A. dos; SANTOS, J. M. dos. Índice de Anomalia de Chuva (Iac) Aplicado ao Estudo das Precipitações no Município de Caridade, Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, Ano 16, Vol. 27, p. 426 - 442, 2020. Disponível em <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/74274>. Acesso em jan 2022.

SILVA, C. A. da. **Precipitações no Cerrado: Análise da variabilidade pluviométrica e influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul**. Brasília, 2018. 190 p. Tese (Doutorado em Geografia) Departamento de Geografia, Universidade de Brasília. Disponível em <https://repositorio.unb.br/handle/10482/34580>. Acesso em jan 2022.

SILVA, J. P.; REBOITA, M. S.; ECOBAR, G. C. J. Caracterização da zona de convergência do atlântico sul em campos atmosféricos recentes. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 15, Vol. 25, p. 355-377, 2019. Disponível em <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/64101>. Acesso em fev 2021.

SOUSA, J. W. de; ANDRADE, A. V. C.; COSTA, D. B. da. Análise de episódios El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a variabilidade interanual de chuvas em Rio Branco, Acre, intervalo 1971-2010. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 3, n. 5, p. 2260-2272, 2021. Disponível em <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5281>. Acesso em jan 2022.

V.OPPENHEIM, A.; SCHAFER, R. W.; BUCK, J. R. **Discrete-Time Signal Processing**. 2. ed. New jersey: Prendice hall, 1999.

YNOUE, R. Y.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, G. A. M. da. **Meteorologia noções básicas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

ANEXO 1

Dados de temperatura média mensal medida na região 3.4 (1870 a 2019 – NOAA)

1870	25.58	25.57	26.43	26.96	26.59	26.61	26.19	25.99	26.22	25.82	25.86	25.79
1871	26.33	26.18	26.83	27.27	27.16	27.16	26.62	26.54	26.51	26.40	26.35	26.01
1872	25.86	26.14	26.76	27.00	27.25	27.16	26.91	26.02	25.73	25.79	25.86	25.71
1873	25.79	25.75	25.95	27.10	27.33	27.21	26.65	26.48	26.41	25.96	25.88	25.89
1874	25.64	25.70	25.85	26.83	27.00	26.96	26.22	25.82	25.62	25.49	25.33	25.45
1875	25.87	26.39	26.66	26.90	26.77	26.92	26.37	26.06	25.84	25.90	26.01	25.83
1876	25.63	25.56	26.13	26.59	26.78	27.25	26.88	26.71	26.73	26.85	26.80	26.81
1877	26.93	27.22	27.78	28.27	28.62	28.67	28.64	28.42	28.50	28.68	28.74	29.07
1878	28.99	29.19	28.57	28.69	28.69	28.61	27.48	26.76	26.43	26.20	25.95	25.83
1879	26.03	26.58	27.02	27.40	27.03	27.02	26.46	26.18	25.93	25.80	25.52	25.56
1880	25.58	26.03	26.63	27.20	27.15	27.08	26.70	26.63	26.72	26.90	26.90	26.77
1881	26.87	26.99	27.58	28.18	28.03	27.92	26.96	26.71	26.42	26.31	26.06	26.22
1882	26.13	26.21	26.73	27.87	27.88	27.29	26.65	26.55	26.24	26.08	25.74	25.83
1883	26.12	26.27	26.86	27.54	27.49	27.48	27.21	26.85	26.58	26.32	26.43	26.44
1884	26.47	26.75	27.26	28.03	28.26	27.55	27.51	27.08	26.94	27.02	26.95	26.93
1885	26.70	27.03	27.38	27.75	28.30	27.85	27.30	27.21	27.27	27.45	27.46	27.61
1886	26.75	26.67	27.15	27.40	27.02	26.79	26.25	25.85	25.54	25.59	25.31	25.15
1887	25.90	25.74	26.08	26.59	26.72	27.12	26.68	26.25	26.41	26.61	26.69	26.74
1888	26.73	27.42	27.66	28.07	28.34	28.09	27.78	27.80	27.33	28.16	28.86	28.26
1889	28.56	28.24	28.09	28.23	28.19	27.78	26.47	25.88	25.83	25.42	25.57	25.34
1890	24.09	24.65	26.11	26.63	26.87	26.82	26.30	25.50	25.46	25.47	25.58	25.90
1891	26.13	26.51	27.19	27.92	27.99	27.97	27.34	26.93	26.67	26.70	26.71	26.60
1892	26.08	26.42	26.68	27.12	27.14	27.12	26.60	26.25	25.68	25.19	25.03	25.41
1893	25.35	25.60	26.02	26.47	26.55	26.50	25.91	25.58	25.48	25.37	25.35	25.59
1894	25.49	25.63	26.20	26.85	26.87	26.85	26.34	26.07	25.65	25.91	25.73	26.11
1895	25.85	26.28	26.86	27.60	27.83	27.47	26.96	27.23	27.17	27.05	27.10	27.07
1896	26.74	26.85	27.41	27.76	27.82	27.48	27.66	27.92	27.79	27.83	28.16	28.14
1897	28.07	27.90	27.80	27.55	27.69	27.66	27.29	26.73	26.51	26.17	26.04	26.19
1898	26.07	26.19	26.47	27.16	27.28	27.40	26.59	26.11	26.56	26.40	26.00	25.80
1899	25.83	26.05	26.69	27.43	27.90	27.78	27.20	27.51	27.18	27.66	27.94	28.09
1900	27.99	28.06	28.25	28.43	28.40	28.45	27.97	27.65	27.31	27.15	26.79	27.19
1901	27.40	27.06	27.30	27.64	27.68	27.43	26.93	26.50	26.45	26.42	26.26	26.24
1902	26.08	26.50	26.99	27.97	28.34	28.45	28.67	28.09	28.19	28.13	28.19	27.98
1903	27.91	27.69	28.05	28.13	27.77	27.98	26.74	26.55	26.15	26.31	25.89	25.57
1904	25.84	25.97	26.40	27.05	27.47	27.83	27.98	27.42	26.76	27.65	26.81	27.44
1905	27.26	27.48	28.18	28.06	28.94	28.28	28.05	27.92	28.18	27.85	27.48	27.76
1906	27.47	27.44	28.06	28.22	27.88	27.83	26.73	26.51	25.94	25.87	26.33	26.07
1907	26.01	26.36	26.83	27.21	27.39	27.28	26.68	26.22	26.88	26.48	26.40	26.49
1908	26.30	26.83	26.63	27.22	27.41	27.47	26.59	26.48	26.23	26.23	25.78	25.43
1909	26.29	25.88	26.72	27.09	27.50	26.59	26.22	25.90	25.90	25.49	25.15	25.51
1910	25.65	26.12	26.46	26.59	26.46	26.65	26.35	25.98	25.46	25.80	26.13	25.95
1911	26.01	26.18	26.44	26.66	26.82	27.05	27.01	26.59	26.97	26.93	27.50	27.55
1912	28.13	27.59	27.95	28.35	27.87	27.44	27.12	26.48	26.85	26.60	26.82	26.10
1913	26.38	26.94	27.42	27.00	27.58	27.53	27.08	26.79	26.80	26.76	27.45	27.43
1914	27.28	27.56	27.58	28.46	27.87	27.77	27.75	27.80	27.43	26.99	26.96	27.27
1915	27.46	27.41	27.75	28.24	28.38	28.78	27.29	26.93	26.92	26.97	26.51	26.36
1916	26.46	26.16	26.72	27.14	27.64	27.32	26.12	25.39	25.39	25.37	24.93	24.95
1917	25.02	25.56	26.62	27.48	27.57	27.65	27.18	27.03	26.73	26.77	26.23	25.87
1918	25.74	25.94	26.30	27.21	27.70	28.06	27.15	27.00	27.16	27.66	27.89	27.89
1919	28.18	28.00	28.16	28.46	28.49	28.29	27.63	27.50	27.26	26.87	26.29	26.93
1920	27.22	27.37	27.79	27.61	27.66	27.98	27.37	27.01	27.02	27.22	26.57	26.57
1921	27.01	26.25	25.84	27.22	26.94	27.47	26.95	26.59	26.58	26.77	25.62	26.09
1922	26.04	26.69	27.33	27.23	28.09	27.25	26.78	26.09	26.38	26.48	26.34	26.06
1923	26.17	26.00	26.41	27.22	27.62	27.54	27.03	27.07	27.40	27.52	27.52	27.60
1924	27.04	27.39	27.65	27.75	27.02	27.02	26.25	26.09	25.89	26.28	25.56	25.93
1925	25.55	26.29	26.73	27.25	27.47	27.51	27.73	27.55	27.52	27.58	27.66	28.19
1926	28.10	28.06	28.44	28.78	28.69	28.29	27.86	27.03	26.68	26.34	26.38	26.36
1927	26.68	27.00	27.08	27.50	27.28	27.54	26.92	26.78	26.60	27.00	26.61	26.84
1928	27.05	26.97	27.01	27.55	27.83	27.43	27.25	26.59	26.62	26.61	26.49	26.56
1929	26.43	26.69	27.11	27.62	27.70	27.81	27.21	26.98	27.05	27.13	26.84	27.22
1930	26.93	27.15	27.55	28.18	27.83	27.95	27.86	27.56	28.04	27.87	28.44	28.00
1931	28.07	28.10	28.44	28.73	28.49	28.16	27.63	27.02	26.33	26.51	26.38	26.31
1932	26.16	26.57	27.51	28.02	28.14	27.87	27.11	26.97	26.77	26.75	26.61	26.18
1933	26.36	26.68	27.05	27.78	27.46	26.83	26.56	25.93	25.98	25.63	25.59	25.38
1934	25.64	25.89	26.31	27.35	27.37	27.35	26.80	26.55	26.23	26.48	26.54	26.34
1935	26.26	26.57	26.98	27.45	27.32	27.28	26.58	26.93	26.83	27.01	26.94	26.55
1936	27.32	27.25	27.26	28.06	27.80	27.33	26.88	26.55	26.65	27.12	26.62	27.22
1937	26.27	27.06	27.51	27.98	27.44	27.39	27.32	26.67	26.93	26.63	26.87	26.80
1938	26.37	26.99	27.20	27.86	27.53	26.80	26.24	26.07	26.47	25.98	25.93	25.79
1939	25.91	25.81	26.41	27.50	27.61	27.74	27.48	26.94	27.19	26.27	26.98	26.64
1940	27.76	28.14	28.44	28.57	28.21	28.24	27.43	27.63	26.80	27.06	27.35	27.98
1941	27.95	28.11	28.67	29.13	29.18	28.57	27.95	27.66	27.43	27.72	27.83	27.86
1942	27.19	27.29	27.51	28.34	27.76	27.17	26.67	25.92	25.58	25.41	25.15	25.35
1943	25.38	25.58	26.16	27.17	27.51	27.58	27.13	26.93	26.52	26.29	26.16	26.17
1944	26.15	26.92	27.05	27.88	28.00	27.72	27.30	26.88	26.44	26.51	26.31	26.33
1945	26.22	26.29	26.47	27.01	27.41	27.09	26.62	26.03	25.93	25.87	26.23	26.05
1946	26.14	26.53	26.90	27.29	27.47	27.83	27.26	26.36	26.56	26.73	26.47	26.61
1947	26.97	26.63	27.54	27.70	27.32	27.75	26.83	26.51	25.70	25.92	25.93	26.77

1948	26.63	27.13	27.89	28.02	28.17	27.75	27.16	26.85	26.73	26.06	26.35	26.96
1949	26.12	27.02	26.70	27.96	27.79	26.97	26.84	26.56	26.10	26.01	25.33	25.39
1950	25.53	25.26	26.18	26.86	26.56	26.82	26.14	26.24	25.65	25.90	25.27	25.55
1951	25.45	26.02	26.48	27.60	27.77	27.60	27.88	27.77	27.42	27.52	27.44	27.30
1952	26.97	27.00	27.30	28.18	27.48	27.03	26.63	26.45	26.40	26.70	26.33	26.04
1953	26.94	27.00	27.48	28.54	28.21	28.10	27.42	26.91	27.42	26.84	26.96	26.74
1954	26.97	26.98	27.27	27.45	27.34	26.88	26.20	25.80	25.72	25.82	25.49	25.79
1955	25.92	25.98	26.46	26.82	26.64	26.49	25.91	25.96	25.42	25.14	24.75	25.07
1956	25.35	25.79	26.32	26.99	27.28	26.85	26.28	26.06	25.84	26.04	25.64	26.01
1957	26.02	26.52	27.34	28.19	28.31	28.22	27.91	27.66	27.28	27.48	27.74	27.76
1958	28.12	28.16	28.25	28.08	28.19	27.99	27.26	27.12	26.44	26.70	26.71	26.89
1959	27.01	27.26	27.52	28.04	27.85	27.36	26.95	26.47	26.22	26.84	26.48	26.54
1960	26.60	26.52	27.17	27.78	27.92	27.48	26.98	26.87	26.79	26.67	26.27	26.60
1961	26.43	26.80	27.16	27.90	27.86	27.79	26.90	26.62	26.23	26.02	26.46	26.30
1962	26.33	26.60	26.85	27.45	27.45	27.47	26.92	26.74	26.19	26.41	26.22	26.09
1963	26.26	26.50	27.20	27.71	27.86	27.81	27.95	27.78	27.40	27.57	27.40	27.63
1964	27.33	27.31	27.10	27.24	27.13	26.81	26.58	26.11	25.82	25.73	25.55	25.52
1965	26.01	26.41	26.92	27.68	28.05	28.14	28.03	28.12	28.01	28.34	28.20	28.04
1966	27.71	27.59	28.08	28.31	27.81	27.82	27.45	26.77	26.70	26.69	26.28	26.32
1967	26.02	26.20	26.79	27.24	27.63	27.56	27.12	26.57	26.17	26.35	26.32	26.24
1968	25.98	26.02	26.50	27.30	27.43	27.87	27.54	27.20	26.80	27.05	27.42	27.35
1969	27.48	27.79	27.86	28.10	28.25	27.95	27.32	27.39	27.22	27.39	27.40	27.27
1970	27.13	27.12	27.52	27.95	27.87	27.38	26.25	25.92	25.97	26.08	25.81	25.47
1971	25.11	25.48	25.96	26.80	27.04	26.91	26.59	26.22	26.00	25.95	25.80	25.69
1972	26.00	26.55	27.00	27.98	28.19	28.35	28.06	28.18	27.94	28.50	28.53	28.78
1973	28.18	27.84	27.83	27.70	27.30	26.83	26.08	25.66	25.35	25.15	24.58	24.41
1974	24.56	25.26	25.82	26.77	27.07	26.99	26.58	26.56	26.40	25.98	25.70	25.73
1975	26.21	26.43	26.66	27.18	26.87	26.43	25.99	25.72	25.31	25.26	25.19	24.95
1976	24.78	25.71	26.58	27.35	27.37	27.69	27.38	27.18	27.32	27.59	27.54	27.23
1977	27.42	27.31	27.65	27.52	27.84	28.05	27.67	27.13	27.19	27.62	27.69	27.67
1978	27.30	27.27	27.32	27.40	27.37	27.23	26.75	26.26	26.15	26.39	26.50	26.66
1979	26.63	26.86	27.38	27.94	27.77	27.72	27.02	27.09	27.23	27.05	27.00	27.28
1980	27.13	27.09	27.35	27.97	28.00	28.05	27.25	26.65	26.63	26.63	26.75	26.94
1981	26.12	26.31	27.24	27.60	27.76	27.54	26.79	26.70	26.68	26.70	26.39	26.65
1982	26.54	26.64	27.24	28.01	28.51	28.61	27.86	27.80	28.14	28.73	28.72	28.92
1983	29.01	28.98	28.95	28.89	28.99	28.31	27.11	26.75	26.26	25.70	25.52	25.64
1984	25.78	26.23	26.78	27.17	27.22	26.79	26.82	26.47	26.40	25.90	25.48	25.05
1985	25.69	25.85	26.30	26.79	26.97	26.93	26.62	26.38	26.18	26.09	26.22	26.19
1986	25.79	26.12	26.75	27.36	27.39	27.61	27.38	27.11	27.34	27.63	27.70	27.56
1987	27.77	27.94	28.50	28.66	28.77	28.92	28.56	28.36	28.28	28.10	27.94	27.64
1988	27.27	27.11	27.54	27.28	26.82	26.23	25.69	25.43	25.42	24.65	24.48	24.60
1989	24.63	25.39	25.93	26.66	27.06	27.04	26.76	26.29	26.37	26.33	26.36	26.46
1990	26.60	27.12	27.46	28.03	28.19	27.69	27.37	27.05	26.87	26.86	26.73	26.90
1991	27.09	27.08	27.36	27.98	28.30	28.34	27.84	27.30	26.98	27.64	27.79	28.20
1992	28.19	28.39	28.76	29.18	29.13	28.22	27.50	26.73	26.61	26.39	26.51	26.63
1993	26.86	27.18	27.73	28.68	28.79	28.33	27.55	27.04	27.01	27.09	26.94	26.77
1994	26.61	26.60	27.19	27.80	28.00	27.96	27.38	27.40	27.15	27.63	27.79	27.80
1995	27.68	27.64	27.75	28.04	27.89	27.77	27.26	26.50	26.18	26.01	25.87	25.86
1996	25.93	26.10	26.78	27.43	27.46	27.57	27.08	26.58	26.41	26.46	26.35	26.16
1997	26.15	26.53	27.19	28.11	28.74	28.84	28.83	28.81	28.85	29.02	29.08	28.89
1998	29.00	28.84	28.75	28.67	28.55	27.30	26.49	26.04	25.93	25.54	25.43	25.08
1999	25.05	25.35	26.34	26.96	26.99	26.74	26.39	25.89	25.91	25.70	25.24	25.04
2000	24.79	25.23	26.00	26.97	27.07	26.93	26.65	26.52	26.36	26.18	25.91	25.67
2001	25.70	26.13	26.78	27.47	27.57	27.58	27.24	26.80	26.47	26.47	26.37	26.13
2002	26.44	26.76	27.36	27.91	28.07	28.37	27.80	27.57	27.57	27.89	28.06	28.00
2003	27.56	27.40	27.74	27.74	27.34	27.50	27.37	26.92	26.90	27.19	27.05	26.91
2004	26.84	26.93	27.16	27.83	27.96	27.82	27.64	27.54	27.42	27.46	27.27	27.30
2005	27.14	27.02	27.54	28.05	28.16	27.91	27.22	26.83	26.67	26.59	26.21	25.83
2006	25.60	26.05	26.53	27.47	27.76	27.78	27.25	27.25	27.38	27.49	27.64	27.69
2007	27.17	26.88	27.11	27.61	27.47	27.52	26.86	26.31	25.71	25.33	25.07	24.98
2008	24.79	25.07	26.09	26.88	27.22	27.24	27.19	26.83	26.47	26.43	26.29	25.69
2009	25.58	26.05	26.54	27.52	28.04	28.17	27.91	27.49	27.43	27.69	28.15	28.40
2010	28.00	27.94	28.33	28.33	27.72	27.07	26.34	25.55	25.19	25.08	25.08	24.95
2011	24.88	25.50	26.27	27.03	27.34	27.43	27.00	26.22	25.99	25.81	25.56	25.54
2012	25.65	26.15	26.78	27.48	27.69	27.82	27.66	27.54	27.19	26.96	26.98	26.45
2013	26.16	26.36	27.12	27.69	27.59	27.36	26.94	26.59	26.66	26.49	26.64	26.50
2014	26.16	26.31	27.19	28.05	28.32	28.16	27.36	27.02	27.12	27.22	27.54	27.36
2015	27.17	27.34	27.73	28.67	28.90	28.96	28.78	28.75	28.76	28.94	29.23	29.14
2016	29.14	28.87	28.86	28.82	28.32	27.75	26.97	26.40	26.29	25.99	26.02	26.07
2017	26.24	26.75	27.17	27.99	28.17	27.91	27.44	26.69	26.20	26.21	25.81	25.74
2018	25.72	26.03	26.53	27.41	27.75	27.81	27.49	26.93	27.05	27.57	27.65	27.56
2019	27.09	27.38	28.06	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99

NINA34

5N-5S 170W-120W

HadISST

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/gcqs/wgsp/Timeseries/Nino34/>

APÊNDICE 1

ÍNDICE DE VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

(1.870 a 2.018 - Niño 3.4 - NOAA)

Temperatura Média (°C): 26,959

Período Total (ano): 149

Período Total (mês): 1.788

ANO	MÊS											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1870	-1,3791	-1,3891	-0,5291	0,0009	-0,3691	-0,3491	-0,7691	-0,9691	-0,7391	-1,1391	-1,0991	-1,1691
1871	-0,6291	-0,7791	-0,1291	0,3109	0,2009	0,2009	-0,3391	-0,4191	-0,4491	-0,5591	-0,6091	-0,9491
1872	-1,0991	-0,8191	-0,1991	0,0409	0,2909	0,2009	-0,0491	-0,9391	-1,2291	-1,1691	-1,0991	-1,2491
1873	-1,1691	-1,2091	-1,0091	0,1409	0,3709	0,2509	-0,3091	-0,4791	-0,5491	-0,9991	-1,0791	-1,0691
1874	-1,3191	-1,2591	-1,1091	-0,1291	0,0409	0,0009	-0,7391	-1,1391	-1,3391	-1,4691	-1,6291	-1,5091
1875	-1,0891	-0,5691	-0,2991	-0,0591	-0,1891	-0,0391	-0,5891	-0,8991	-1,1191	-1,0591	-0,9491	-1,1291
1876	-1,3291	-1,3991	-0,8291	-0,3691	-0,1791	0,2909	-0,0791	-0,2491	-0,2291	-0,1091	-0,1591	-0,1491
1877	-0,0291	0,2609	0,8209	1,3109	1,6609	1,7109	1,6809	1,4609	1,5409	1,7209	1,7809	2,1109
1878	2,0309	2,2309	1,6109	1,7309	1,7309	1,6509	0,5209	-0,1991	-0,5291	-0,7591	-1,0091	-1,1291
1879	-0,9291	-0,3791	0,0609	0,4409	0,0709	0,0609	-0,4991	-0,7791	-1,0291	-1,1591	-1,4391	-1,3991
1880	-1,3791	-0,9291	-0,3291	0,2409	0,1909	0,1209	-0,2591	-0,3291	-0,2391	-0,0591	-0,0591	-0,1891
1881	-0,0891	0,0309	0,6209	1,2209	1,0709	0,9609	0,0009	-0,2491	-0,5391	-0,6491	-0,8991	-0,7391
1882	-0,8291	-0,7491	-0,2291	0,9109	0,9209	0,3309	-0,3091	-0,4091	-0,7191	-0,8791	-1,2191	-1,1291
1883	-0,8391	-0,6891	-0,0991	0,5809	0,5309	0,5209	0,2509	-0,1091	-0,3791	-0,6391	-0,5291	-0,5191
1884	-0,4891	-0,2091	0,3009	1,0709	1,3009	0,5909	0,5509	0,1209	-0,0191	0,0609	-0,0091	-0,0291
1885	-0,2591	0,0709	0,4209	0,7909	1,3409	0,8909	0,3409	0,2509	0,3109	0,4909	0,5009	0,6509
1886	-0,2091	-0,2891	0,1909	0,4409	0,0609	-0,1691	-0,7091	-1,1091	-1,4191	-1,3691	-1,6491	-1,8091
1887	-1,0591	-1,2191	-0,8791	-0,3691	-0,2391	0,1609	-0,2791	-0,7091	-0,5491	-0,3491	-0,2691	-0,2191
1888	-0,2291	0,4609	0,7009	1,1109	1,3809	1,1309	0,8209	0,8409	0,3709	1,2009	1,9009	1,3009
1889	1,6009	1,2809	1,1309	1,2709	1,2309	0,8209	-0,4891	-1,0791	-1,1291	-1,5391	-1,3891	-1,6191
1890	-2,8691	-2,3091	-0,8491	-0,3291	-0,0891	-0,1391	-0,6591	-1,4591	-1,4991	-1,4891	-1,3791	-1,0591
1891	-0,8291	-0,4491	0,2309	0,9609	1,0309	1,0109	0,3809	-0,0291	-0,2891	-0,2591	-0,2491	-0,3591
1892	-0,8791	-0,5391	-0,2791	0,1609	0,1809	0,1609	-0,3591	-0,7091	-1,2791	-1,7691	-1,9291	-1,5491
1893	-1,6091	-1,3591	-0,9391	-0,4891	-0,4091	-0,4591	-1,0491	-1,3791	-1,4791	-1,5891	-1,6091	-1,3691
1894	-1,4691	-1,3291	-0,7591	-0,1091	-0,0891	-0,1091	-0,6191	-0,8891	-1,3091	-1,0491	-1,2291	-0,8491
1895	-1,1091	-0,6791	-0,0991	0,6409	0,8709	0,5109	0,0009	0,2709	0,2109	0,0909	0,1409	0,1109
1896	-0,2191	-0,1091	0,4509	0,8009	0,8609	0,5209	0,7009	0,9609	0,8309	0,8709	1,2009	1,1809
1897	1,1109	0,9409	0,8409	0,5909	0,7309	0,7009	0,3309	-0,2291	-0,4491	-0,7891	-0,9191	-0,7691
1898	-0,8891	-0,7691	-0,4891	0,2009	0,3209	0,4409	-0,3691	-0,8491	-0,3991	-0,5591	-0,9591	-1,1591
1899	-1,1291	-0,9091	-0,2691	0,4709	0,9409	0,8209	0,2409	0,5509	0,2209	0,7009	0,9809	1,1309
1900	1,0309	1,1009	1,2909	1,4709	1,4409	1,4909	1,0109	0,6909	0,3509	0,1909	-0,1691	0,2309
1901	0,4409	0,1009	0,3409	0,6809	0,7209	0,4709	-0,0291	-0,4591	-0,5091	-0,5391	-0,6991	-0,7191
1902	-0,8791	-0,4591	0,0309	1,0109	1,3809	1,4909	1,7109	1,1309	1,2309	1,1709	1,2309	1,0209
1903	0,9509	0,7309	1,0909	1,1709	0,8109	1,0209	-0,2191	-0,4091	-0,8091	-0,6491	-1,0691	-1,3891

1904	-1,1191	-0,9891	-0,5591	0,0909	0,5109	0,8709	1,0209	0,4609	-0,1991	0,6909	-0,1491	0,4809
1905	0,3009	0,5209	1,2209	1,1009	1,9809	1,3209	1,0909	0,9609	1,2209	0,8909	0,5209	0,8009
1906	0,5109	0,4809	1,1009	1,2609	0,9209	0,8709	-0,2291	-0,4491	-1,0191	-1,0891	-0,6291	-0,8891
1907	-0,9491	-0,5991	-0,1291	0,2509	0,4309	0,3209	-0,2791	-0,7391	-0,0791	-0,4791	-0,5591	-0,4691
1908	-0,6591	-0,1291	-0,3291	0,2609	0,4509	0,5109	-0,3691	-0,4791	-0,7291	-0,7291	-1,1791	-1,5291
1909	-0,6691	-1,0791	-0,2391	0,1309	0,5409	-0,3691	-0,7391	-1,0591	-1,0591	-1,4691	-1,8091	-1,4491
1910	-1,3091	-0,8391	-0,4991	-0,3691	-0,4991	-0,3091	-0,6091	-0,9791	-1,4991	-1,1591	-0,8291	-1,0091
1911	-0,9491	-0,7791	-0,5191	-0,2991	-0,1391	0,0909	0,0509	-0,3691	0,0109	-0,0291	0,5409	0,5909
1912	1,1709	0,6309	0,9909	1,3909	0,9109	0,4809	0,1609	-0,4791	-0,1091	-0,3591	-0,1391	-0,8591
1913	-0,5791	-0,0191	0,4609	0,0409	0,6209	0,5709	0,1209	-0,1691	-0,1591	-0,1991	0,4909	0,4709
1914	0,3209	0,6009	0,6209	1,5009	0,9109	0,8109	0,7909	0,8409	0,4709	0,0309	0,0009	0,3109
1915	0,5009	0,4509	0,7909	1,2809	1,4209	1,8209	0,3309	-0,0291	-0,0391	0,0109	-0,4491	-0,5991
1916	-0,4991	-0,7991	-0,2391	0,1809	0,6809	0,3609	-0,8391	-1,5691	-1,5691	-1,5891	-2,0291	-2,0091
1917	-1,9391	-1,3991	-0,3391	0,5209	0,6109	0,6909	0,2209	0,0709	-0,2291	-0,1891	-0,7291	-1,0891
1918	-1,2191	-1,0191	-0,6591	0,2509	0,7409	1,1009	0,1909	0,0409	0,2009	0,7009	0,9309	0,9309
1919	1,2209	1,0409	1,2009	1,5009	1,5309	1,3309	0,6709	0,5409	0,3009	-0,0891	-0,6691	-0,0291
1920	0,2609	0,4109	0,8309	0,6509	0,7009	1,0209	0,4109	0,0509	0,0609	0,2609	-0,3891	-0,3891
1921	0,0509	-0,7091	-1,1191	0,2609	-0,0191	0,5109	-0,0091	-0,3691	-0,3791	-0,1891	-1,3391	-0,8691
1922	-0,9191	-0,2691	0,3709	0,2709	1,1309	0,2909	-0,1791	-0,8691	-0,5791	-0,4791	-0,6191	-0,8991
1923	-0,7891	-0,9591	-0,5491	0,2609	0,6609	0,5809	0,0709	0,1109	0,4409	0,5609	0,5609	0,6409
1924	0,0809	0,4309	0,6909	0,7909	0,0609	0,0609	-0,7091	-0,8691	-1,0691	-0,6791	-1,3991	-1,0291
1925	-1,4091	-0,6691	-0,2291	0,2909	0,5109	0,5509	0,7709	0,5909	0,5609	0,6209	0,7009	1,2309
1926	1,1409	1,1009	1,4809	1,8209	1,7309	1,3309	0,9009	0,0709	-0,2791	-0,6191	-0,5791	-0,5991
1927	-0,2791	0,0409	0,1209	0,5409	0,3209	0,5809	-0,0391	-0,1791	-0,3591	0,0409	-0,3491	-0,1191
1928	0,0909	0,0109	0,0509	0,5909	0,8709	0,4709	0,2909	-0,3691	-0,3391	-0,3491	-0,4691	-0,3991
1929	-0,5291	-0,2691	0,1509	0,6609	0,7409	0,8509	0,2509	0,0209	0,0909	0,1709	-0,1191	0,2609
1930	-0,0291	0,1909	0,5909	1,2209	0,8709	0,9909	0,9009	0,6009	1,0809	0,9109	1,4809	1,0409
1931	1,1109	1,1409	1,4809	1,7709	1,5309	1,2009	0,6709	0,0609	-0,6291	-0,4491	-0,5791	-0,6491
1932	-0,7991	-0,3891	0,5509	1,0609	1,1809	0,9109	0,1509	0,0109	-0,1891	-0,2091	-0,3491	-0,7791
1933	-0,5991	-0,2791	0,0909	0,8209	0,5009	-0,1291	-0,3991	-1,0291	-0,9791	-1,3291	-1,3691	-1,5791
1934	-1,3191	-1,0691	-0,6491	0,3909	0,4109	0,3909	-0,1591	-0,4091	-0,7291	-0,4791	-0,4191	-0,6191
1935	-0,6991	-0,3891	0,0209	0,4909	0,3609	0,3209	-0,3791	-0,0291	-0,1291	0,0509	-0,0191	-0,4091
1936	0,3609	0,2909	0,3009	1,1009	0,8409	0,3709	-0,0791	-0,4091	-0,3091	0,1609	-0,3391	0,2609
1937	-0,6891	0,1009	0,5509	1,0209	0,4809	0,4309	0,3609	-0,2891	-0,0291	-0,3291	-0,0891	-0,1591
1938	-0,5891	0,0309	0,2409	0,9009	0,5709	-0,1591	-0,7191	-0,8891	-0,4891	-0,9791	-1,0291	-1,1691
1939	-1,0491	-1,1491	-0,5491	0,5409	0,6509	0,7809	0,5209	-0,0191	0,2309	-0,6891	0,0209	-0,3191
1940	0,8009	1,1809	1,4809	1,6109	1,2509	1,2809	0,4709	0,6709	-0,1591	0,1009	0,3909	1,0209
1941	0,9909	1,1509	1,7109	2,1709	2,2209	1,6109	0,9909	0,7009	0,4709	0,7609	0,8709	0,9009
1942	0,2309	0,3309	0,5509	1,3809	0,8009	0,2109	-0,2891	-1,0391	-1,3791	-1,5491	-1,8091	-1,6091
1943	-1,5791	-1,3791	-0,7991	0,2109	0,5509	0,6209	0,1709	-0,0291	-0,4391	-0,6691	-0,7991	-0,7891
1944	-0,8091	-0,0391	0,0909	0,9209	1,0409	0,7609	0,3409	-0,0791	-0,5191	-0,4491	-0,6491	-0,6291
1945	-0,7391	-0,6691	-0,4891	0,0509	0,4509	0,1309	-0,3391	-0,9291	-1,0291	-1,0891	-0,7291	-0,9091
1946	-0,8191	-0,4291	-0,0591	0,3309	0,5109	0,8709	0,3009	-0,5991	-0,3991	-0,2291	-0,4891	-0,3491
1947	0,0109	-0,3291	0,5809	0,7409	0,3609	0,7909	-0,1291	-0,4491	-1,2591	-1,0391	-1,0291	-0,1891

1948	-0,3291	0,1709	0,9309	1,0609	1,2109	0,7909	0,2009	-0,1091	-0,2291	-0,8991	-0,6091	0,0009
1949	-0,8391	0,0609	-0,2591	1,0009	0,8309	0,0109	-0,1191	-0,3991	-0,8591	-0,9491	-1,6291	-1,5691
1950	-1,4291	-1,6991	-0,7791	-0,0991	-0,3991	-0,1391	-0,8191	-0,7191	-1,3091	-1,0591	-1,6891	-1,4091
1951	-1,5091	-0,9391	-0,4791	0,6409	0,8109	0,6409	0,9209	0,8109	0,4609	0,5609	0,4809	0,3409
1952	0,0109	0,0409	0,3409	1,2209	0,5209	0,0709	-0,3291	-0,5091	-0,5591	-0,2591	-0,6291	-0,9191
1953	-0,0191	0,0409	0,5209	1,5809	1,2509	1,1409	0,4609	-0,0491	0,4609	-0,1191	0,0009	-0,2191
1954	0,0109	0,0209	0,3109	0,4909	0,3809	-0,0791	-0,7591	-1,1591	-1,2391	-1,1391	-1,4691	-1,1691
1955	-1,0391	-0,9791	-0,4991	-0,1391	-0,3191	-0,4691	-1,0491	-0,9991	-1,5391	-1,8191	-2,2091	-1,8891
1956	-1,6091	-1,1691	-0,6391	0,0309	0,3209	-0,1091	-0,6791	-0,8991	-1,1191	-0,9191	-1,3191	-0,9491
1957	-0,9391	-0,4391	0,3809	1,2309	1,3509	1,2609	0,9509	0,7009	0,3209	0,5209	0,7809	0,8009
1958	1,1609	1,2009	1,2909	1,1209	1,2309	1,0309	0,3009	0,1609	-0,5191	-0,2591	-0,2491	-0,0691
1959	0,0509	0,3009	0,5609	1,0809	0,8909	0,4009	-0,0091	-0,4891	-0,7391	-0,1191	-0,4791	-0,4191
1960	-0,3591	-0,4391	0,2109	0,8209	0,9609	0,5209	0,0209	-0,0891	-0,1691	-0,2891	-0,6891	-0,3591
1961	-0,5291	-0,1591	0,2009	0,9409	0,9009	0,8309	-0,0591	-0,3391	-0,7291	-0,9391	-0,4991	-0,6591
1962	-0,6291	-0,3591	-0,1091	0,4909	0,4909	0,5109	-0,0391	-0,2191	-0,7691	-0,5491	-0,7391	-0,8691
1963	-0,6991	-0,4591	0,2409	0,7509	0,9009	0,8509	0,9909	0,8209	0,4409	0,6109	0,4409	0,6709
1964	0,3709	0,3509	0,1409	0,2809	0,1709	-0,1491	-0,3791	-0,8491	-1,1391	-1,2291	-1,4091	-1,4391
1965	-0,9491	-0,5491	-0,0391	0,7209	1,0909	1,1809	1,0709	1,1609	1,0509	1,3809	1,2409	1,0809
1966	0,7509	0,6309	1,1209	1,3509	0,8509	0,8609	0,4909	-0,1891	-0,2591	-0,2691	-0,6791	-0,6391
1967	-0,9391	-0,7591	-0,1691	0,2809	0,6709	0,6009	0,1609	-0,3891	-0,7891	-0,6091	-0,6391	-0,7191
1968	-0,9791	-0,9391	-0,4591	0,3409	0,4709	0,9109	0,5809	0,2409	-0,1591	0,0909	0,4609	0,3909
1969	0,5209	0,8309	0,9009	1,1409	1,2909	0,9909	0,3609	0,4309	0,2609	0,4309	0,4409	0,3109
1970	0,1709	0,1609	0,5609	0,9909	0,9109	0,4209	-0,7091	-1,0391	-0,9891	-0,8791	-1,1491	-1,4891
1971	-1,8491	-1,4791	-0,9991	-0,1591	0,0809	-0,0491	-0,3691	-0,7391	-0,9591	-1,0091	-1,1591	-1,2691
1972	-0,9591	-0,4091	0,0409	1,0209	1,2309	1,3909	1,1009	1,2209	0,9809	1,5409	1,5709	1,8209
1973	1,2209	0,8809	0,8709	0,7409	0,3409	-0,1291	-0,8791	-1,2991	-1,6091	-1,8091	-2,3791	-2,5491
1974	-2,3991	-1,6991	-1,1391	-0,1891	0,1109	0,0309	-0,3791	-0,3991	-0,5591	-0,9791	-1,2591	-1,2291
1975	-0,7491	-0,5291	-0,2991	0,2209	-0,0891	-0,5291	-0,9691	-1,2391	-1,6491	-1,6991	-1,7691	-2,0091
1976	-2,1791	-1,2491	-0,3791	0,3909	0,4109	0,7309	0,4209	0,2209	0,3609	0,6309	0,5809	0,2709
1977	0,4609	0,3509	0,6909	0,5609	0,8809	1,0909	0,7109	0,1709	0,2309	0,6609	0,7309	0,7109
1978	0,3409	0,3109	0,3609	0,4409	0,4109	0,2709	-0,2091	-0,6991	-0,8091	-0,5691	-0,4591	-0,2991
1979	-0,3291	-0,0991	0,4209	0,9809	0,8109	0,7609	0,0609	0,1309	0,2709	0,0909	0,0409	0,3209
1980	0,1709	0,1309	0,3909	1,0109	1,0409	1,0909	0,2909	-0,3091	-0,3291	-0,3291	-0,2091	-0,0191
1981	-0,8391	-0,6491	0,2809	0,6409	0,8009	0,5809	-0,1691	-0,2591	-0,2791	-0,2591	-0,5691	-0,3091
1982	-0,4191	-0,3191	0,2809	1,0509	1,5509	1,6509	0,9009	0,8409	1,1809	1,7709	1,7609	1,9609
1983	2,0509	2,0209	1,9909	1,9309	2,0309	1,3509	0,1509	-0,2091	-0,6991	-1,2591	-1,4391	-1,3191
1984	-1,1791	-0,7291	-0,1791	0,2109	0,2609	-0,1691	-0,1391	-0,4891	-0,5591	-1,0591	-1,4791	-1,9091
1985	-1,2691	-1,1091	-0,6591	-0,1691	0,0109	-0,0291	-0,3391	-0,5791	-0,7791	-0,8691	-0,7391	-0,7691
1986	-1,1691	-0,8391	-0,2091	0,4009	0,4309	0,6509	0,4209	0,1509	0,3809	0,6709	0,7409	0,6009
1987	0,8109	0,9809	1,5409	1,7009	1,8109	1,9609	1,6009	1,4009	1,3209	1,1409	0,9809	0,6809
1988	0,3109	0,1509	0,5809	0,3209	-0,1391	-0,7291	-1,2691	-1,5291	-1,5391	-2,3091	-2,4791	-2,3591
1989	-2,3291	-1,5691	-1,0291	-0,2991	0,1009	0,0809	-0,1991	-0,6691	-0,5891	-0,6291	-0,5991	-0,4991
1990	-0,3591	0,1609	0,5009	1,0709	1,2309	0,7309	0,4109	0,0909	-0,0891	-0,0991	-0,2291	-0,0591
1991	0,1309	0,1209	0,4009	1,0209	1,3409	1,3809	0,8809	0,3409	0,0209	0,6809	0,8309	1,2409

1992	1,2309	1,4309	1,8009	2,2209	2,1709	1,2609	0,5409	-0,2291	-0,3491	-0,5691	-0,4491	-0,3291
1993	-0,0991	0,2209	0,7709	1,7209	1,8309	1,3709	0,5909	0,0809	0,0509	0,1309	-0,0191	-0,1891
1994	-0,3491	-0,3591	0,2309	0,8409	1,0409	1,0009	0,4209	0,4409	0,1909	0,6709	0,8309	0,8409
1995	0,7209	0,6809	0,7909	1,0809	0,9309	0,8109	0,3009	-0,4591	-0,7791	-0,9491	-1,0891	-1,0991
1996	-1,0291	-0,8591	-0,1791	0,4709	0,5009	0,6109	0,1209	-0,3791	-0,5491	-0,4991	-0,6091	-0,7991
1997	-0,8091	-0,4291	0,2309	1,1509	1,7809	1,8809	1,8709	1,8509	1,8909	2,0609	2,1209	1,9309
1998	2,0409	1,8809	1,7909	1,7109	1,5909	0,3409	-0,4691	-0,9191	-1,0291	-1,4191	-1,5291	-1,8791
1999	-1,9091	-1,6091	-0,6191	0,0009	0,0309	-0,2191	-0,5691	-1,0691	-1,0491	-1,2591	-1,7191	-1,9191
2000	-2,1691	-1,7291	-0,9591	0,0109	0,1109	-0,0291	-0,3091	-0,4391	-0,5991	-0,7791	-1,0491	-1,2891
2001	-1,2591	-0,8291	-0,1791	0,5109	0,6109	0,6209	0,2809	-0,1591	-0,4891	-0,4891	-0,5891	-0,8291
2002	-0,5191	-0,1991	0,4009	0,9509	1,1109	1,4109	0,8409	0,6109	0,6109	0,9309	1,1009	1,0409
2003	0,6009	0,4409	0,7809	0,7809	0,3809	0,5409	0,4109	-0,0391	-0,0591	0,2309	0,0909	-0,0491
2004	-0,1191	-0,0291	0,2009	0,8709	1,0009	0,8609	0,6809	0,5809	0,4609	0,5009	0,3109	0,3409
2005	0,1809	0,0609	0,5809	1,0909	1,2009	0,9509	0,2609	-0,1291	-0,2891	-0,3691	-0,7491	-1,1291
2006	-1,3591	-0,9091	-0,4291	0,5109	0,8009	0,8209	0,2909	0,2909	0,4209	0,5309	0,6809	0,7309
2007	0,2109	-0,0791	0,1509	0,6509	0,5109	0,5609	-0,0991	-0,6491	-1,2491	-1,6291	-1,8891	-1,9791
2008	-2,1691	-1,8891	-0,8691	-0,0791	0,2609	0,2809	0,2309	-0,1291	-0,4891	-0,5291	-0,6691	-1,2691
2009	-1,3791	-0,9091	-0,4191	0,5609	1,0809	1,2109	0,9509	0,5309	0,4709	0,7309	1,1909	1,4409
2010	1,0409	0,9809	1,3709	1,3709	0,7609	0,1109	-0,6191	-1,4091	-1,7691	-1,8791	-1,8791	-2,0091
2011	-2,0791	-1,4591	-0,6891	0,0709	0,3809	0,4709	0,0409	-0,7391	-0,9691	-1,1491	-1,3991	-1,4191
2012	-1,3091	-0,8091	-0,1791	0,5209	0,7309	0,8609	0,7009	0,5809	0,2309	0,0009	0,0209	-0,5091
2013	-0,7991	-0,5991	0,1609	0,7309	0,6309	0,4009	-0,0191	-0,3691	-0,2991	-0,4691	-0,3191	-0,4591
2014	-0,7991	-0,6491	0,2309	1,0909	1,3609	1,2009	0,4009	0,0609	0,1609	0,2609	0,5809	0,4009
2015	0,2109	0,3809	0,7709	1,7109	1,9409	2,0009	1,8209	1,7909	1,8009	1,9809	2,2709	2,1809
2016	2,1809	1,9109	1,9009	1,8609	1,3609	0,7909	0,0109	-0,5591	-0,6691	-0,9691	-0,9391	-0,8891
2017	-0,7191	-0,2091	0,2109	1,0309	1,2109	0,9509	0,4809	-0,2691	-0,7591	-0,7491	-1,1491	-1,2191
2018	-1,2391	-0,9291	-0,4291	0,4509	0,7909	0,8509	0,5309	-0,0291	0,0909	0,6109	0,6909	0,6009

APÊNDICE 2

Amplitude	Amplitude	Fase (radiano)	Período (ano)
1	31,29868076	2,259267678	149,0000
2	113,7115274	2,118597499	74,5000
3	15,49139365	3,68292781	49,6667
4	30,69403918	2,118278837	37,2500
5	88,29314777	-0,585862108	29,8000
6	26,64058074	2,347324673	24,8333
7	103,7215653	3,032044225	21,2857
8	123,7056711	1,495198992	18,6250
9	117,7196241	1,531905845	16,5556
10	38,47123923	0,057423577	14,9000
11	76,05905466	-1,441619218	13,5455
12	157,3193189	1,522312279	12,4167
13	134,2889115	1,606482958	11,4615
14	146,9216011	2,385022072	10,6429
15	58,36979937	1,576999448	9,9333
16	125,1190367	2,108702078	9,3125
17	68,59762555	-0,000746859	8,7647
18	58,07044553	-1,305626883	8,2778
19	28,36445854	3,460278329	7,8421
20	65,22323038	1,242128332	7,4500
21	44,66780189	0,459838873	7,0952
22	66,08006395	-1,306772865	6,7727
23	86,38119748	1,955073061	6,4783
24	93,03573254	4,234559014	6,2083
25	121,5789967	4,448999488	5,9600
26	241,3981222	3,417694372	5,7308
27	108,0426387	-0,910472301	5,5185
28	87,37759299	4,174112704	5,3214
29	126,3984043	0,547621039	5,1379
30	105,1717615	2,634381504	4,9667
31	170,9528348	3,512057783	4,8065
32	64,06276221	-1,21839986	4,6563
33	83,14351235	0,868104659	4,5152
34	82,44844497	0,032440971	4,3824
35	101,4244129	3,468640924	4,2571
36	83,63183727	-0,131269981	4,1389
37	91,41347487	1,62614486	4,0270
38	90,87019348	1,47843789	3,9211
39	145,0985571	1,13488375	3,8205
40	76,28239399	-1,224945962	3,7250
41	204,5876157	4,66579087	3,6341
42	212,8183431	-0,486664458	3,5476
43	44,00154654	3,908477506	3,4651
44	98,86604312	3,454848617	3,3864
45	30,71136606	3,527172104	3,3111
46	62,49644916	0,174124641	3,2391
47	58,19088504	4,073740523	3,1702
48	67,8158106	-0,156890481	3,1042
49	125,7304417	0,991054285	3,0408
50	87,58583671	0,003681631	2,9800
51	40,94507786	0,138069426	2,9216
52	198,9421302	2,358735295	2,8654
53	91,73327282	2,137961809	2,8113
54	138,8716109	1,143589204	2,7593
55	41,34691865	0,923370139	2,7091
56	60,99820382	-0,63558642	2,6607
57	33,76096192	-1,049549999	2,6140
58	107,3387293	1,68187328	2,5690
59	78,66871935	3,368966229	2,5254
60	117,1233874	3,889216718	2,4833
61	105,7835785	-1,288732898	2,4426
62	79,29307554	0,7660107	2,4032

63	63,18600737	1,960082891	2,3651
64	115,643191	-0,28552197	2,3281
65	61,42865331	3,076696569	2,2923
66	66,61290277	1,885089952	2,2576
67	12,78649522	3,124009732	2,2239
68	96,96814975	1,931034396	2,1912
69	75,81678056	3,410156325	2,1594
70	62,7565399	4,622915137	2,1286
71	79,68298709	1,053436206	2,0986
72	30,97977243	2,135311973	2,0694
73	26,41718563	3,786877237	2,0411
74	39,68924429	2,350860108	2,0135
75	36,37156922	-0,583055547	1,9867
76	55,07014747	2,114807782	1,9605
77	32,20979364	-0,467635866	1,9351
78	64,40026901	0,332103052	1,9103
79	45,38144627	3,331429039	1,8861
80	60,63322846	3,909383665	1,8625
81	35,31967811	-0,913008376	1,8395
82	11,86478069	0,330153951	1,8171
83	72,21015362	-1,030783898	1,7952
84	17,66319397	-0,291428913	1,7738
85	75,33973001	1,088915584	1,7529
86	89,18214613	-1,312917532	1,7326
87	68,36754982	1,208645231	1,7126
88	34,50182365	1,294016104	1,6932
89	67,25008033	3,407856509	1,6742
90	27,36901863	3,427348136	1,6556
91	53,95933277	0,028369331	1,6374
92	8,48728348	0,547861317	1,6196
93	27,89675291	1,531431518	1,6022
94	43,88669054	-0,080211178	1,5851
95	81,70573717	-0,140770835	1,5684
96	48,56035633	3,992511428	1,5521
97	73,24198056	-1,425173326	1,5361
98	37,99313659	-0,223025279	1,5204
99	56,56326596	0,560157684	1,5051
100	107,6692943	0,344631065	1,4900
101	58,10814738	1,783443072	1,4752
102	76,36223883	2,344717325	1,4608
103	40,81110925	1,782746913	1,4466
104	14,3715965	1,646937254	1,4327
105	32,28474347	1,967022089	1,4190
106	25,57703187	2,046845861	1,4057
107	51,14757736	1,735392157	1,3925
108	78,3855211	2,507159433	1,3796
109	30,53071029	1,891415487	1,3670
110	37,03268098	-0,135798834	1,3545
111	37,37150873	-0,900545544	1,3423
112	33,85729248	-0,017026402	1,3304
113	39,59583044	0,793370451	1,3186
114	40,62438365	2,782226589	1,3070
115	4,491231623	2,784110091	1,2957
116	47,16939099	0,19384249	1,2845
117	43,49661866	1,641708711	1,2735
118	42,4073821	3,24126415	1,2627
119	2,650919468	0,035771143	1,2521
120	32,37861434	0,806827518	1,2417
121	60,07908772	2,316356749	1,2314
122	36,25717459	1,281993007	1,2213
123	65,72201336	3,026342809	1,2114
124	33,21577463	1,720437078	1,2016
125	31,28348219	3,122649186	1,1920
126	39,75811268	4,261327241	1,1825
127	28,46650807	2,328409176	1,1732
128	20,20588145	-1,30858934	1,1641

129	13,83160642	0,975273697	1,1550
130	10,3892299	3,372827265	1,1462
131	50,93911682	1,812431289	1,1374
132	21,58402793	-0,813981548	1,1288
133	29,22375223	-0,988101654	1,1203
134	33,25533151	-0,656049774	1,1119
135	8,364680538	4,598357493	1,1037
136	46,74120721	4,205425797	1,0956
137	19,34225102	4,047428059	1,0876
138	39,10517801	1,094607332	1,0797
139	11,34083933	-1,413420911	1,0719
140	29,16157667	1,794375167	1,0643
141	6,768032003	2,735121441	1,0567
142	10,04373825	-1,562298815	1,0493
143	27,87064957	3,39780324	1,0420
144	14,59367195	0,867401877	1,0347
145	23,39276097	0,051940713	1,0276
146	41,67718907	1,590889381	1,0205
147	16,21809688	4,132889279	1,0136
148	39,76989346	2,404201212	1,0068
149	516,1677945	4,158031061	1,0000
150	18,23506767	2,739238153	0,9933
151	30,36474333	4,105240183	0,9868
152	8,101715351	2,662013659	0,9803
153	22,8400369	3,762920536	0,9739
154	7,720237176	-0,216808159	0,9675
155	11,3829683	0,891675011	0,9613
156	25,85800624	-0,309523274	0,9551
157	21,2723161	0,751008542	0,9490
158	21,47270082	2,50611869	0,9430
159	16,1570414	1,207728778	0,9371
160	27,5896662	0,43749604	0,9313
161	7,167860072	4,501568708	0,9255
162	22,16564429	2,187314812	0,9198
163	24,7372368	2,705689099	0,9141
164	11,08571645	2,724987494	0,9085
165	20,85447219	3,385488147	0,9030
166	8,253501528	0,2619417	0,8976
167	35,36485931	0,082635856	0,8922
168	11,01778133	-0,188026533	0,8869
169	21,09509697	2,252255111	0,8817
170	14,9065682	-0,598301146	0,8765
171	14,59215903	1,915364729	0,8713
172	16,56408384	1,546951153	0,8663
173	9,735496722	2,433119545	0,8613
174	18,2013945	-0,255959931	0,8563
175	32,37135906	3,401895155	0,8514
176	8,761300628	0,066169744	0,8466
177	9,349770511	0,243820741	0,8418
178	12,36319695	-0,155958133	0,8371
179	7,827751959	0,530875076	0,8324
180	13,25789954	3,482626878	0,8278
181	9,478792996	-1,453378919	0,8232
182	7,02112246	0,974269847	0,8187
183	33,76183198	-1,453325356	0,8142
184	4,064614795	4,312656399	0,8098
185	23,49201694	-0,651052618	0,8054
186	10,07857056	1,858118931	0,8011
187	13,64248832	2,022517322	0,7968
188	29,49136918	1,486015397	0,7926
189	5,052607207	1,881498397	0,7884
190	13,1828639	3,727326892	0,7842
191	18,96109317	-0,735601158	0,7801
192	32,33082897	2,781402813	0,7760
193	2,519083333	-1,026510961	0,7720
194	9,425393879	-1,244451123	0,7680

195	8,322947188	1,901034453	0,7641
196	14,07611476	1,458204167	0,7602
197	19,7336276	0,016982757	0,7563
198	12,7971497	1,247053863	0,7525
199	3,489810192	-0,187175855	0,7487
200	4,032497162	-0,536414699	0,7450
201	11,75289959	1,765567014	0,7413
202	12,15577439	2,357866248	0,7376
203	16,11901327	1,638308886	0,7340
204	14,07549445	0,535521363	0,7304
205	11,58797393	1,414794689	0,7268
206	20,02748846	-0,787173715	0,7233
207	3,551732813	2,352482996	0,7198
208	4,928248533	2,172632167	0,7163
209	16,35021516	4,05908687	0,7129
210	2,219200818	2,576728896	0,7095
211	7,638258361	0,463969138	0,7062
212	5,376685243	-1,308321938	0,7028
213	11,62584468	-1,263338627	0,6995
214	3,700153993	-0,931153582	0,6963
215	19,36526978	3,240818574	0,6930
216	6,954189325	2,132311843	0,6898
217	10,13961964	0,97517301	0,6866
218	23,29064471	2,659314281	0,6835
219	4,526959094	1,624418511	0,6804
220	9,208444663	0,283478067	0,6773
221	1,898299718	-1,305416486	0,6742
222	14,10578843	2,477862353	0,6712
223	13,6251772	1,638862516	0,6682
224	23,81138338	2,265688462	0,6652
225	20,75568863	1,4804879	0,6622
226	12,11967521	3,815407839	0,6593
227	8,184663512	0,906732757	0,6564
228	11,22292489	2,214925455	0,6535
229	9,741750644	4,517393629	0,6507
230	2,482076688	-0,912475437	0,6478
231	6,52789214	1,663563964	0,6450
232	10,71453047	-1,155920742	0,6422
233	17,2193755	1,579617944	0,6395
234	17,44104489	0,127817341	0,6368
235	13,42810371	-1,348702017	0,6340
236	18,19137697	1,996525836	0,6314
237	18,54156109	1,514004179	0,6287
238	2,047915812	2,166363746	0,6261
239	13,07598267	3,082105391	0,6234
240	10,91548604	1,871250488	0,6208
241	17,58132984	4,155469686	0,6183
242	16,39193592	2,043206052	0,6157
243	9,960671343	0,359942865	0,6132
244	3,697387952	-0,066070906	0,6107
245	3,414153192	3,905503856	0,6082
246	16,74019515	3,803564587	0,6057
247	13,76143938	-0,262156371	0,6032
248	5,205060924	0,6163737	0,6008
249	9,94485895	0,917441756	0,5984
250	3,813008088	2,556129114	0,5960
251	10,44256699	-0,221203908	0,5936
252	15,96477773	2,352971676	0,5913
253	4,850429666	2,698844082	0,5889
254	10,01845496	-0,290222671	0,5866
255	4,520893278	0,296523028	0,5843
256	10,55677873	-1,216424211	0,5820
257	17,70727446	1,734358678	0,5798
258	6,580746287	2,237701656	0,5775
259	20,45554334	0,417761251	0,5753
260	9,548404226	-0,490261353	0,5731

261	24,81853809	1,246426684	0,5709
262	14,31116781	1,206758678	0,5687
263	15,10867647	1,267840364	0,5665
264	6,232265121	-0,174733992	0,5644
265	13,31611117	-0,551560906	0,5623
266	4,709574732	1,170566793	0,5602
267	30,22207889	3,033907353	0,5581
268	11,89578032	-1,560343343	0,5560
269	4,337794787	1,689965164	0,5539
270	17,73297064	2,512394655	0,5519
271	6,693435585	-0,78317493	0,5498
272	0,464228925	0,312418597	0,5478
273	10,7540465	2,559960786	0,5458
274	6,316749169	2,617187355	0,5438
275	11,54716189	3,46797585	0,5418
276	11,03433659	3,028229149	0,5399
277	12,28830943	-0,27484743	0,5379
278	9,421353406	4,497539823	0,5360
279	10,45871089	-0,02676982	0,5341
280	9,150010678	-0,132868424	0,5321
281	17,46980328	4,516017849	0,5302
282	10,54169379	2,17512753	0,5284
283	3,624676159	3,870045038	0,5265
284	9,173277443	4,231325709	0,5246
285	10,17192186	-0,583809723	0,5228
286	13,6517032	1,34969121	0,5210
287	13,92377999	3,055199176	0,5192
288	12,88588846	2,564067434	0,5174
289	11,05615513	3,060876476	0,5156
290	15,87191652	0,966507835	0,5138
291	10,8793208	2,606953447	0,5120
292	17,69013418	0,91973033	0,5103
293	7,338219192	-0,294924848	0,5085
294	11,0699232	0,4372446	0,5068
295	3,410140843	-0,914178572	0,5051
296	11,69781444	2,139358936	0,5034
297	21,70874043	1,686603924	0,5017
298	197,5724295	2,307814193	0,5000
299	6,82063615	2,37116801	0,4983
300	7,807937232	3,604642939	0,4967

APÊNDICE 3

Recuperação da Série Temporal (Índice de Temperatura 1870 a 2018)

Comp	1	2	3	•	•	298	299	300
Amp	31,29868	113,7115	15,49139	•	•	197,5724	6,820636	7,8079372
Phase	2,259268	2,118597	3,682928	•	•	2,307814	2,371168	3,6046429
jan-1870	-0,011169	-0,033503	-0,007378			-0,107992	-0,003666	-0,0002336
fev-1870	-0,011217	-0,033882	-0,00733			-0,033728	-0,000906	0,0036762
mar-1870	-0,011264	-0,034259	-0,00728			0,074265	0,002765	0,003865
abr-1870	-0,011311	-0,034635	-0,007231			0,107992	0,003654	0,0001416
mai-1870	-0,011358	-0,035009	-0,00718			0,033728	0,000867	-0,0037251
jun-1870	-0,011404	-0,035381	-0,007128			-0,074265	-0,002793	-0,0038213
jul-1870	-0,011451	-0,035752	-0,007076			-0,107992	-0,003643	-4,957E-05
ago-1870	-0,011497	-0,036121	-0,007023			-0,033728	-0,000828	0,0037723
set-1870	-0,011544	-0,036488	-0,006969			0,074265	0,00282	0,0037759
out-1870	-0,01159	-0,036853	-0,006914			0,107992	0,003631	-4,25E-05
nov-1870	-0,011636	-0,037216	-0,006859			0,033728	0,000788	-0,0038179
dez-1870	-0,011682	-0,037578	-0,006803			-0,074265	-0,002847	-0,0037288
•								•
•								•
•								•
•								•
•								•
•								•
jan/18	-0,010591	-0,02883	-0,007892			-0,107992	-0,003707	-0,0006001
fev/18	-0,01064	-0,029228	-0,007854			-0,033728	-0,001061	0,0034646
mar/18	-0,010689	-0,029624	-0,007815			0,074265	0,002652	0,0040225
abr/18	-0,010737	-0,030019	-0,007775			0,107992	0,003697	0,0005088
mai/18	-0,010786	-0,030412	-0,007734			0,033728	0,001023	-0,0035199
jun/18	-0,010834	-0,030804	-0,007693			-0,074265	-0,002681	-0,0039858
jul/18	-0,010883	-0,031194	-0,00765			-0,107992	-0,003687	-0,0004172
ago/18	-0,010931	-0,031583	-0,007607			-0,033728	-0,000984	0,0035736
set/18	-0,010979	-0,03197	-0,007563			0,074265	0,002709	0,0039473
out/18	-0,011027	-0,032356	-0,007518	•	•	0,107992	0,003677	0,0003255
nov/18	-0,011074	-0,03274	-0,007472	•	•	0,033728	0,000945	-0,0036257
dez/18	-0,011122	-0,033122	-0,007425	•	•	-0,074265	-0,002737	-0,003907

APÊNDICE 4

INFLUÊNCIA DA TRANSLAÇÃO DA TERRA NA SÉRIE TEMPORAL EL NIÑO 3.4 (1870 a 2018)				
COMPOSIÇÃO HARMÔNICAS - TRANSLAÇÃO TERRESTRE				
Componente	Amplitude	Período (ano)	Harmônica	Possível Causa
149	516,1677945	1,00	1ª	Apside (periélio / afélio)
298	197,5724295	0,50	2ª	Inclinação Eixo 23,5° (equinócio / solstício)

Tabela 3 – Identificação de Ciclos astronômicos - Translação Terrestre Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE 5

INFLUÊNCIA DE JÚPITER NA SÉRIE TEMPORAL EL NIÑO 3.4 (1870 a 2018)				
COMPOSIÇÃO HARMÔNICAS - TRANSLAÇÃO JÚPITER				
Componente	Amplitude	Período (ano)	Harmônica	Possível Causa
13	134,2889115	11,4615	1ª	Ciclo Solar de Schwabe
26	241,3981222	5,7308	2ª	Interações planetária (conjunções) / Ressonância Orbital?
39	145,0985571	3,8205	3ª	
52	198,9421302	2,8654	4ª	
65	61,42865331	2,2923	5ª	
78	64,40026901	1,9103	6ª	
91	53,95933277	1,6374	7ª	
104	14,3715965	1,4327	8ª	
117	43,49661866	1,2735	9ª	
130	10,3892299	1,1462	10ª	
143	27,87064957	1,0420	11ª	
156	25,85800624	0,9551	12ª	
169	21,09509697	0,8817	13ª	
182	7,02112246	0,8187	14ª	
195	8,322947188	0,7641	15ª	
208	4,928248533	0,7163	16ª	
221	1,898299718	0,6742	17ª	
234	17,44104489	0,6368	18ª	
247	13,76143938	0,6032	19ª	
260	9,548404226	0,5731	20ª	
273	10,7540465	0,5458	21ª	
286	13,6517032	0,5210	22ª	
299	6,82063615	0,4983	23ª	

Tabela 4 – Identificação de Ciclos astronômicos – Translação de Júpiter - Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE 6

INFLUÊNCIA MAGNÉTICA SOLAR NA SÉRIE TEMPORAL EL NIÑO 3.4 (1870 a 2018)				
COMPOSIÇÃO DE HARMÔNICOS - CICLO MAGNÉTICO SOLAR				
Comp	Amp	Período (ano)	Harmônica	Possível Causa
7	103,7215653	21,2857	1ª	Ciclo de Hale
14	146,9216011	10,6429	2ª	
21	44,66780189	7,0952	3ª	
28	87,37759299	5,3214	4ª	
35	101,4244129	4,2571	5ª	
42	212,8183431	3,5476	6ª	
49	125,7304417	3,0408	7ª	
56	60,99820382	2,6607	8ª	
63	63,18600737	2,3651	9ª	
70	62,7565399	2,1286	10ª	
77	32,20979364	1,9351	11ª	
84	17,66319397	1,7738	12ª	
91	53,95933277	1,6374	13ª	
98	37,99313659	1,5204	14ª	
105	32,28474347	1,4190	15ª	
112	33,85729248	1,3304	16ª	
119	2,650919468	1,2521	17ª	
126	39,75811268	1,1825	18ª	
133	29,22375223	1,1203	19ª	
140	29,16157667	1,0643	20ª	
147	16,21809688	1,0136	21ª	
154	7,720237176	0,9675	22ª	
161	7,167860072	0,9255	23ª	
168	11,01778133	0,8869	24ª	
175	32,37135906	0,8514	25ª	
182	7,02112246	0,8187	26ª	
189	5,052607207	0,7884	27ª	
196	14,07611476	0,7602	28ª	
203	16,11901327	0,7340	29ª	
210	2,219200818	0,7095	30ª	
217	10,13961964	0,6866	31ª	
224	23,81138338	0,6652	32ª	
231	6,52789214	0,6450	33ª	
238	2,047915812	0,6261	34ª	
245	3,414153192	0,6082	35ª	
252	15,96477773	0,5913	36ª	
259	20,45554334	0,5753	37ª	

266	4,709574732	0,5602	38 ^a
273	10,7540465	0,5458	39 ^a
280	9,150010678	0,5321	40 ^a
287	13,92377999	0,5192	41 ^a
294	11,0699232	0,5068	42 ^a

Tabela 5 – Identificação de Ciclos astronômicos - Ciclo Magnético Solar - Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE 7

INFLUÊNCIA LUNAR NA SÉRIE TEMPORAL EL NIÑO 3.4 (1870 a 2018)				
COMPOSIÇÃO HARMÔNICAS - TRANSLAÇÃO LUNAR				
Comp	Amp	Período (ano)	Harmônica	Possível Causa
8	123,7056711	18,6250	1ª	Ciclo Nodal
16	125,1190367	9,3125	2ª	Rotação apsida (perigeu/apogeu)
24	93,03573254	6,2083	3ª	Influência lunar/planetária?
32	64,06276221	4,6563	4ª	
40	76,28239399	3,7250	5ª	
48	67,8158106	3,1042	6ª	
56	60,99820382	2,6607	7ª	
64	115,643191	2,3281	8ª	
72	30,97977243	2,0694	9ª	
80	60,63322846	1,8625	10ª	
88	34,50182365	1,6932	11ª	
96	48,56035633	1,5521	12ª	
104	14,3715965	1,4327	13ª	
112	33,85729248	1,3304	14ª	
120	32,37861434	1,2417	15ª	
128	20,20588145	1,1641	16ª	
136	46,74120721	1,0956	17ª	
144	14,59367195	1,0347	18ª	
152	8,101715351	0,9803	19ª	
160	27,5896662	0,9313	20ª	
168	11,01778133	0,8869	21ª	
176	8,761300628	0,8466	22ª	
184	4,064614795	0,8098	23ª	
192	32,33082897	0,7760	24ª	
200	4,032497162	0,7450	25ª	
208	4,928248533	0,7163	26ª	
216	6,954189325	0,6898	27ª	
224	23,81138338	0,6652	28ª	
232	10,71453047	0,6422	29ª	
240	10,91548604	0,6208	30ª	
248	5,205060924	0,6008	31ª	
256	10,55677873	0,5820	32ª	
264	6,232265121	0,5644	33ª	
272	0,464228925	0,5478	34ª	
280	9,150010678	0,5321	35ª	
288	12,88588846	0,5174	36ª	
296	11,69781444	0,5034	37ª	

Tabela 6 – Identificação de Ciclos astronômicos – Translação Lunar - Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE 8

INFLUÊNCIA DE SATURNO NA SÉRIE TEMPORAL EL NIÑO 3.4 (1870 a 2018)				
COMPOSIÇÃO HARMÔNICAS - TRANSLAÇÃO SATURNO				
Comp	Amp	Período (ano)	Harmônica	Possível Causa
5	88,29314777	29,8000	1ª	Ciclo de Bruckner?
10	38,47123923	14,9000	2ª	
15	58,36979937	9,9333	3ª	
20	65,22323038	7,4500	4ª	
25	121,5789967	5,9600	5ª	
30	105,1717615	4,9667	6ª	
35	101,4244129	4,2571	7ª	
40	76,28239399	3,7250	8ª	
45	30,71136606	3,3111	9ª	
50	87,58583671	2,9800	10ª	
55	41,34691865	2,7091	11ª	
60	117,1233874	2,4833	12ª	
65	61,42865331	2,2923	13ª	
70	62,7565399	2,1286	14ª	
75	36,37156922	1,9867	15ª	
80	60,63322846	1,8625	16ª	
85	75,33973001	1,7529	17ª	
90	27,36901863	1,6556	18ª	
95	81,70573717	1,5684	19ª	
100	107,6692943	1,4900	20ª	
105	32,28474347	1,4190	21ª	
110	37,03268098	1,3545	22ª	
115	4,491231623	1,2957	23ª	
120	32,37861434	1,2417	24ª	
125	31,28348219	1,1920	25ª	
130	10,3892299	1,1462	26ª	
135	8,364680538	1,1037	27ª	
140	29,16157667	1,0643	28ª	
145	23,39276097	1,0276	29ª	
150	18,23506767	0,9933	30ª	
155	11,3829683	0,9613	31ª	
160	27,5896662	0,9313	32ª	
165	20,85447219	0,9030	33ª	
170	14,9065682	0,8765	34ª	
175	32,37135906	0,8514	35ª	
180	13,25789954	0,8278	36ª	
185	23,49201694	0,8054	37ª	

190	13,1828639	0,7842	38 ^a
195	8,322947188	0,7641	39 ^a
200	4,032497162	0,7450	40 ^a
205	11,58797393	0,7268	41 ^a
210	2,219200818	0,7095	42 ^a
215	19,36526978	0,6930	43 ^a
220	9,208444663	0,6773	44 ^a
225	20,75568863	0,6622	45 ^a
230	2,482076688	0,6478	46 ^a
235	13,42810371	0,6340	47 ^a
240	10,91548604	0,6208	48 ^a
245	3,414153192	0,6082	49 ^a
250	3,813008088	0,5960	50 ^a
255	4,520893278	0,5843	51 ^a
260	9,548404226	0,5731	52 ^a
265	13,31611117	0,5623	53 ^a
270	17,73297064	0,5519	54 ^a
275	11,54716189	0,5418	55 ^a
280	9,150010678	0,5321	56 ^a
285	10,17192186	0,5228	57 ^a
290	15,87191652	0,5138	58 ^a
295	3,410140843	0,5051	59 ^a
300	7,807937232	0,4967	60 ^a

Tabela 7 – Identificação de Ciclos astronômicos – Translação de Saturno - Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE 9

Componentes de 78 Maiores Contribuições			
Componente	Amplitude	Fase (radiano)	Período (ano)
2	113,7115274	2,118597499	74,5
5	88,29314777	-0,585862108	29,8
7	103,7215653	3,032044225	21,3
8	123,7056711	1,495198992	18,6
9	117,7196241	1,531905845	16,6
11	76,05905466	-1,441619218	13,5
12	157,3193189	1,522312279	12,4
13	134,2889115	1,606482958	11,5
14	146,9216011	2,385022072	10,6
15	58,36979937	1,576999448	9,9
16	125,1190367	2,108702078	9,3
17	68,59762555	-0,000746859	8,8
18	58,07044553	-1,305626883	8,3
20	65,22323038	1,242128332	7,5
22	66,08006395	-1,306772865	6,8
23	86,38119748	1,955073061	6,5
24	93,03573254	4,234559014	6,2
25	121,5789967	4,448999488	6,0
26	241,3981222	3,417694372	5,7
27	108,0426387	-0,910472301	5,5
28	87,37759299	4,174112704	5,3
29	126,3984043	0,547621039	5,1
30	105,1717615	2,634381504	5,0
31	170,9528348	3,512057783	4,8
32	64,06276221	-1,21839986	4,7
33	83,14351235	0,868104659	4,5
34	82,44844497	0,032440971	4,4
35	101,4244129	3,468640924	4,3
36	83,63183727	-0,131269981	4,1
37	91,41347487	1,62614486	4,0
38	90,87019348	1,47843789	3,9
39	145,0985571	1,13488375	3,8
40	76,28239399	-1,224945962	3,7
41	204,5876157	4,66579087	3,6
42	212,8183431	-0,486664458	3,5
44	98,86604312	3,454848617	3,4
46	62,49644916	0,174124641	3,2
47	58,19088504	4,073740523	3,2
48	67,8158106	-0,156890481	3,1
49	125,7304417	0,991054285	3,0

50	87,58583671	0,003681631	3,0
52	198,9421302	2,358735295	2,9
53	91,73327282	2,137961809	2,8
54	138,8716109	1,143589204	2,8
56	60,99820382	-0,63558642	2,7
58	107,3387293	1,68187328	2,6
59	78,66871935	3,368966229	2,5
60	117,1233874	3,889216718	2,5
61	105,7835785	-1,288732898	2,4
62	79,29307554	0,7660107	2,4
63	63,18600737	1,960082891	2,4
64	115,643191	-0,28552197	2,3
65	61,42865331	3,076696569	2,3
66	66,61290277	1,885089952	2,3
68	96,96814975	1,931034396	2,2
69	75,81678056	3,410156325	2,2
70	62,7565399	4,622915137	2,1
71	79,68298709	1,053436206	2,1
76	55,07014747	2,114807782	2,0
78	64,40026901	0,332103052	1,9
80	60,63322846	3,909383665	1,9
83	72,21015362	-1,030783898	1,8
85	75,33973001	1,088915584	1,8
86	89,18214613	-1,312917532	1,7
87	68,36754982	1,208645231	1,7
89	67,25008033	3,407856509	1,7
91	53,95933277	0,028369331	1,6
95	81,70573717	-0,140770835	1,6
97	73,24198056	-1,425173326	1,5
99	56,56326596	0,560157684	1,5
100	107,6692943	0,344631065	1,5
101	58,10814738	1,783443072	1,5
102	76,36223883	2,344717325	1,5
108	78,3855211	2,507159433	1,4
121	60,07908772	2,316356749	1,2
123	65,72201336	3,026342809	1,2
149	516,1677945	4,158031061	1,0
298	197,5724295	2,307814193	0,5

ANEXO 2



Phone: 1-888-427-9486
1-312-324-0367
Fax: 1-312-238-9092
info@spiderfinancial.com

Discrete Fourier Transform

This is the first tutorial in our ongoing series on time series spectral analysis. In this entry, we will closely examine the discrete Fourier transform (aka DFT) and its inverse, as well as data filtering using DFT outputs. The DFT is basically a mathematical transformation and may be a bit dry, but we hope that this tutorial will leave you with a deeper understanding and intuition through the use of NumXL functions and wizards.

In future entries, we will dedicate more time for discrete data filters, their construction, and off course, application.

Background

You have probably occasionally transformed your data to stabilize the variance (e.g. log transform) or to improve the values distribution in the sample data.

$$\begin{aligned}x_t &= \{x_1, x_2, \dots, x_T\} \\y_t &= \log(x_t) \\y_t &= \{y_1, y_2, \dots, y_T\}\end{aligned}$$

In mathematics, the discrete Fourier transform (DFT) converts a finite list of equally-spaced samples of a function into a list of coefficients of a finite combination of complex sinusoids, ordered by their frequencies, which have those same sample values. DFT converts the sampled function from its original domain (often time or position along a line) to the frequency domain.

In sum, the Fourier transform has the following properties:

1. The transformed data is no longer in the time domain.
2. The transformation operates on the whole data set. It is not a point-by-point transformation as we have seen with earlier transformations in the time domain.

$$\begin{aligned}x &= \{x_1, x_2, \dots, x_T\} \\Y &= F(\{x_1, x_2, \dots, x_T\}) \\Y &= \{y_1, y_2, \dots, y_K\} \\ \{x_1, x_2, \dots, x_T\} &= F^{-1}(\{y_1, y_2, \dots, y_K\})\end{aligned}$$

3. The transformed data is complex (not real-valued).

What is the DFT?

In plain words, the discrete Fourier transform decomposes the input time series into a set of cosine functions.

$$x_m = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N A_k \times \cos(\phi_k + k \times \omega \times m)$$

So, you can think of the k-th output of the DFT as the $A_k \angle \phi_k$. The A_k is referred to as the amplitude, and the ϕ_k as the phase (in radians).

The input time series can now be expressed either as a time-sequence of values, or as a frequency-sequence of $[A_k \angle \phi_k]$ pairs. Knowing the set of $[A_k \angle \phi_k]$, we can recover the exact input time series.

What is ω ?

ω is the fundamental or the principal radian frequency. IT is expressed as follows:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Where:

- T is the number of observations in the equally-spaced input time series.

What is N?

The number of $[A_k \angle \phi_k]$ pairs we need to have, so we can recover the original input time series with a floor value of $\frac{T}{2}$.

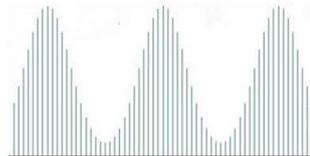
Note that the zero-frequency component (i.e. $k=0$) is always real-value, and in the case of even-sized time series, the last frequency component is also real-value, which brings the total number of values (amplitude and phase) to T . There is no gain or loss of information or storage requirement because of this transform.

Finally, note that

$$A_k \angle \phi_k = A_{T-k} \angle -\phi_{T-k}$$

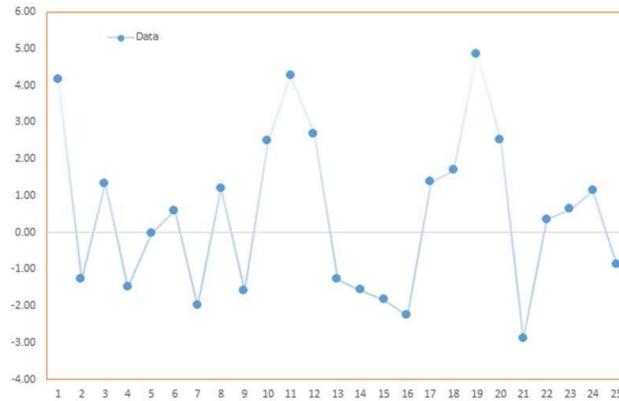
$$A_k \angle \phi_k = A_{k+T} \angle \phi_{k+T}$$

In essence, only the values of the first $\frac{T}{2}$ frequency components are needed, whereas the rest can be easily implied from them. Furthermore, the DFT values are periodic with a cycle length of T .



Why decompose time series data into a series of cosine functions?

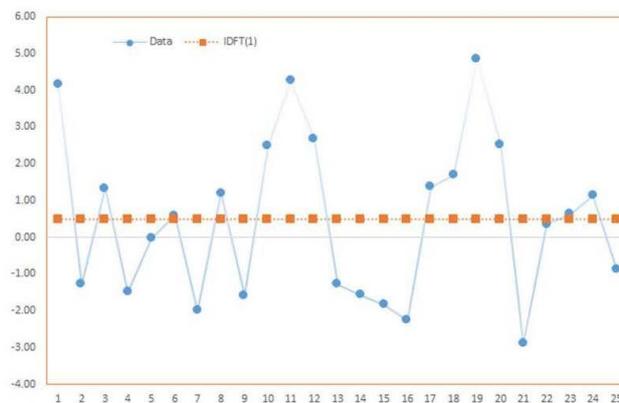
Consider the following time series $(x_1, x_2, \dots, x_{25})$:



Now, let's compute the time series using a subset of the frequency sequence:

Case 1: Using a zero frequency component:

$$x_m^{(0)} = A_0$$

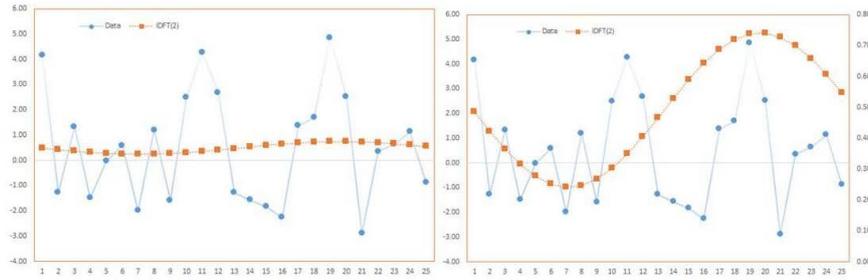


Using the zero frequency, we get the long-run average of the time series.

Case 2: Using first frequency component (k=1)

$$x_m^{(0)} = A_0$$

$$x_m^{(1)} = A_0 + A_1 \times \cos(\phi_1 + \omega \times m) = x_m^{(0)} + A_1 \times \cos(\phi_1 + \omega \times m)$$



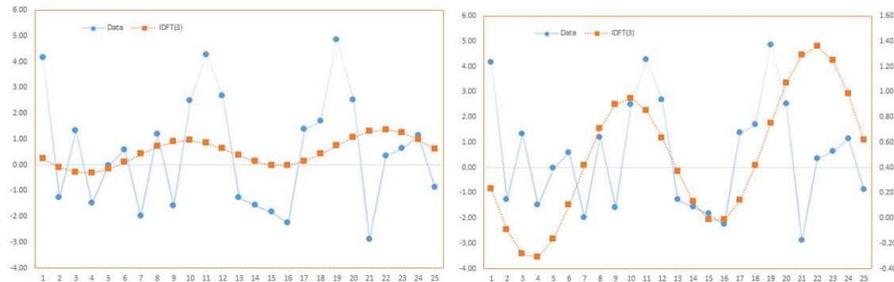
Note that the graph on the right is essentially the same as the one on the left, but with $x_m^{(1)}$ plotted using the right-hand-side axis scale.

Case 2: Using first and second frequency components (k=2)

$$x_m^{(0)} = A_0$$

$$x_m^{(1)} = A_0 + A_1 \times \cos(\phi_1 + \omega \times m) = x_m^{(0)} + A_1 \times \cos(\phi_1 + \omega \times m)$$

$$x_m^{(2)} = x_m^{(1)} + A_2 \times \cos(\phi_2 + 2\omega \times m)$$

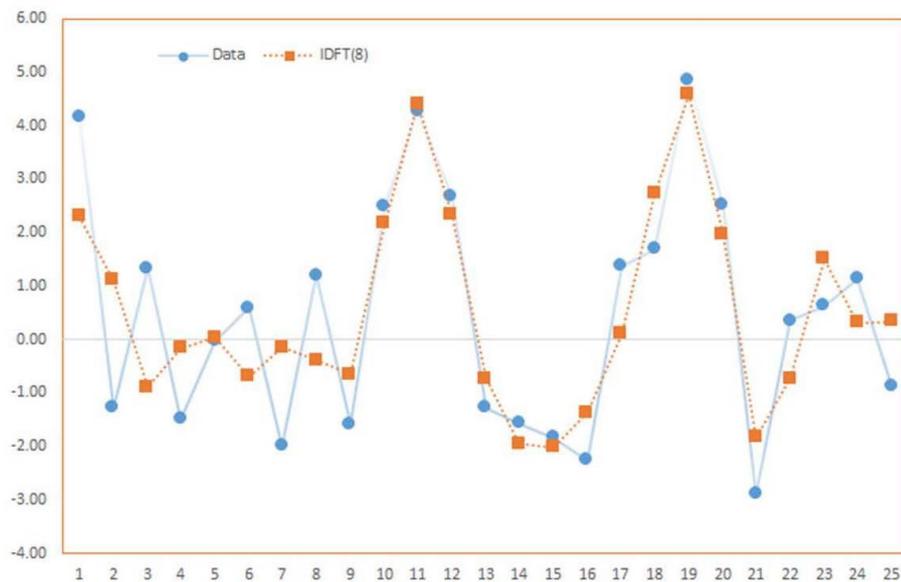


Note, $x_m^{(2)}$ is closer to the original time series than $x_m^{(1)}$ due to the added cosine function, but $x_m^{(1)}$ is smoother.

In essence, the process of recovering the original time series from the subset is similar to time series smoothing, but without the drawback of the lag effect.

Case 3: Using the first 8 frequency components ($k=8$)

$$\begin{aligned}x_m^{(0)} &= A_0 \\x_m^{(1)} &= A_0 + A_1 \times \cos(\phi_1 + \omega \times m) = x_m^{(0)} + A_1 \times \cos(\phi_1 + \omega \times m) \\x_m^{(2)} &= x_m^{(1)} + A_2 \times \cos(\phi_2 + 2\omega \times m) \\x_m^{(3)} &= x_m^{(2)} + A_3 \times \cos(\phi_3 + 3\omega \times m) \\&\dots \\x_m^{(8)} &= x_m^{(7)} + A_8 \times \cos(\phi_8 + 8 \times \omega \times m)\end{aligned}$$



In sum, by decomposing the input time series into cosine functions, we can separate the component(s) attributed to noise (high frequency), uncover periodicity, and find a long-run value for the process.

Process

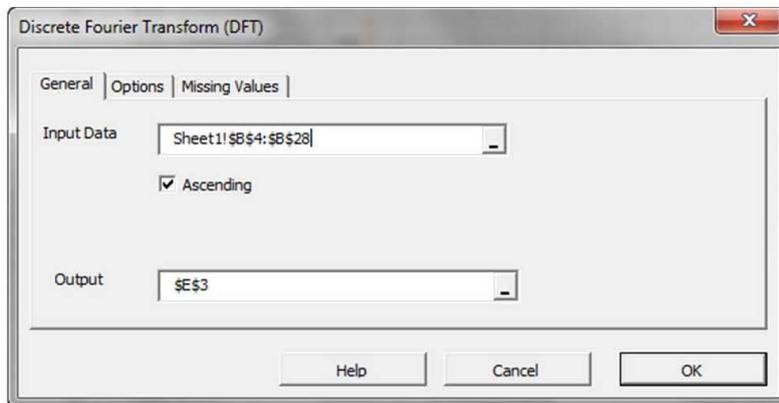
First, let's organize our input data. We can start by placing the values of the sample data in a separate column.

	Obs.	Data
3		
4	1	4.17
5	2	-1.27
6	3	1.34
7	4	-1.48
8	5	-0.03
9	6	0.60
10	7	-1.99
11	8	1.21
12	9	-1.57
13	10	2.48
14	11	4.26
15	12	2.68

Now we are ready to construct our DFT output table. First, select the empty cell in your worksheet where you wish the output table to be generated, then locate and click on the "Fourier" icon in the NumXL tab (or toolbar).



The DFT Wizard pops up.



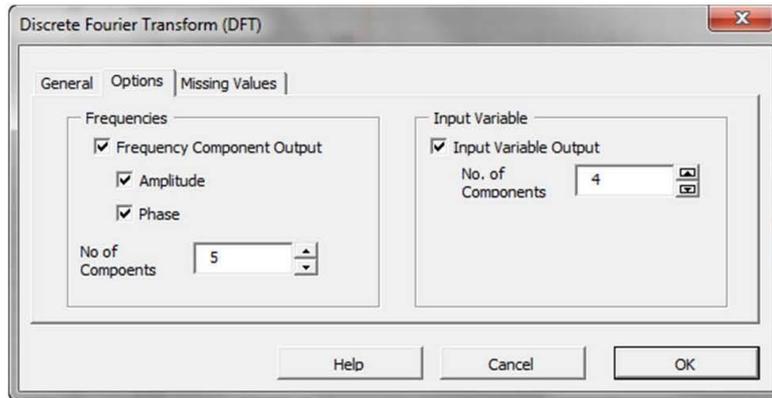
Select the cells range for the values of the input variable.

Notes:

1. By default, the table cells range is set to the current selected cell in your worksheet.

Finally, once we select the input data (X) cells range, the “Options” and “Missing Values” tabs become available (enabled).

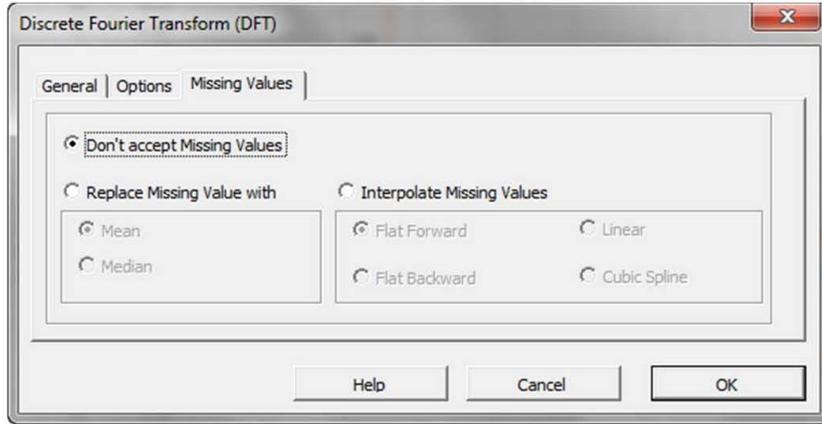
Next, select the “Options” tab:



Initially, the tab is set to the following values:

- “Frequency Component Output” is checked. Leave this option checked.
 - The Amplitude and Phase options are checked. Leave those options checked as well.
 - The number of components corresponds to the size of the output table. Set this value to five (5) to generate the first five frequency components.
- On the right side, “Input Variable Output” is unchecked. Check this option to generate back the input time series using a subset of the frequency components.
 - Under “No. of Components”, set this value to 4. You can change this value later on in the output table.

Now, click on the “Missing Values” tab.



In this tab, you can select an approach to handle missing values in the data set (X's). By default, DFT wizard does not allow any missing value in the analysis.

This treatment is a good approach for our analysis, so let's leave it unchanged.

Now, click "OK" to generate the output tables.

Discrete Fourier Transform (DFT)			Obs.	Fitted	Max Error
Comp	Amp	Phase			
0	12.28	0.00	1	1.32	5
1	3.12	1.60	2	0.47	
2	8.24	1.97	3	-0.12	
3	21.11	-0.82	4	-0.19	
4	16.12	1.62	5	-0.12	
5	0.95	-0.22	6	-0.35	
			7	-0.75	
			8	-0.65	
			9	0.45	
			10	2.14	
			11	3.19	
			12	2.54	
			13	0.32	
			14	-2.07	
			15	-2.91	
			16	-1.54	
			17	1.09	
			18	3.11	
			19	3.25	
			20	1.68	
			21	-0.16	
			22	-0.89	
			23	-0.71	

In the first table (on the left), it displays the amplitude and phase (in radians) for different frequency components (i.e. cosine functions). Note that component zero has zero phase.

In the second table, it carries on the inverse Fourier transform using a subset of the frequencies.

Obs.	Fitted	Max Comp
1	1.32	5
2	0.47	
3	-0.12	
4	-0.19	
5	-0.12	
6	-0.35	
7	-0.75	
8	-0.65	
9	0.45	
10	2.14	
11	3.19	
12	2.54	
13	0.32	
14	-2.07	
15	-2.91	
--	--	

If you wish to change the number of components, simply edit the number in the cell table, and the values under the "Fitted" title will be recalculated.

Conclusion

In this tutorial, we presented the interpretation of the discrete Fourier transform (DFT) and its inverse (IDFT), as well as the process to carry out the related calculation in Excel using NumXL's add-in functions.

Where do we go from here?

Using DFT, we constructed an analytical formula representation for the input time series.

One direct application that we can think of is to compute values for the new intermediate observation, or to alter the sampling frequency (i.e. up-sample) and introduce a new time series.

But what about missing values? What if we don't have a fixed sampling rate? Different types of Fourier transforms are available (e.g. non-uniform time discrete Fourier transform (NUT-DFT)) to handle unequally spaced input time series, which generate a finite discrete set of frequencies. This will prove to be useful for imputing intermediate missing values using the dynamics of the whole data set, rather than adjacent observations, as is the case in interpolation or Gaussian bridge methods.



Phone: 1-888-427-9486
1-312-324-0367
Fax: 1-312-238-9092
info@spiderfinancial.com

The time series spectrum contains a significant amount of information, which we barely scratched in this tutorial. In our next entry, we will look at the discrete filter (operator) definition in both time and frequency domain, and its application to our time series analysis/modeling.