



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS E CLIMÁTICAS
BACHARELADO EM METEOROLOGIA

BRENO PACELY DE SOUZA BEZERRA

**IMPACTOS DOS EVENTOS DE EL NIÑO E LA NIÑA FORTES NO
REGIME DE PRECIPITAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO: UMA
REVISÃO**

NATAL RN

MARÇO 2023

BRENO PACELY DE SOUZA BEZERRA

**IMPACTOS DOS EVENTOS DE EL NIÑO E LA NIÑA FORTES NO
REGIME DE PRECIPITAÇÃO NO NORDESTE BRASILEIRO: UMA
REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Meteorologia da Universidade Federal do
Rio Grande do Norte como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Meteorologia.

Orientador(a): Prof. Dr. Cristiano Prestrelo
de Oliveira

NATAL RN

MARÇO 2023

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Ronaldo
Xavier de Arruda – CCET

Bezerra, Breno Pacely de Souza.

Impactos dos eventos de El Niño e La Niña fortes no regime de precipitação no Nordeste brasileiro: uma revisão / Breno Pacely de Souza Bezerra. - 2023.

54 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Departamento de Ciências Atmosféricas e Climáticas, Curso de Bacharelado em Meteorologia. Natal, RN, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Cristiano Prestrelo de Oliveira.

1. Meteorologia - Monografia. 2. Precipitação - Monografia. 3. Nordeste brasileiro - Monografia. 4. El Niño - Monografia. 5. La Niña - Monografia. I. Oliveira, Cristiano Prestrelo de. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS E CLIMÁTICAS
BACHARELADO EM METEOROLOGIA

A monografia “Impactos dos Eventos de El Niño e La Niña Fortes no Regime de Regime de Precipitação no Nordeste Brasileiro: Uma Revisão”

Elaborada por Breno Pacely de Souza Bezerra

E aprovada por todos os membros da Banca Examinadora foi aceita pelo colegiado do Curso de Meteorologia e homologada pelos membros da banca, como requisito parcial para obtenção do título de BACHAREL EM METEOROLOGIA.

Natal, 11 de julho de 2023

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cristiano Prestrelo de Oliveira (DCAC/UFRN)

Giovanninni Leite de Freitas Batista (PPGCC/UFRN; DIAC-ZN/IFRN)

Felipe Jeferson de Medeiros (PPGCC/UFRN)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda a minha família, em especial a minha esposa e companheira de vida, Érika Yasmin, e ao meu filho Aslan Pacely. Agradeço a todos por toda motivação e incentivo para continuar e chegar até o final.

RESUMO

O El Niño Southern Oscillation (*ENSO*) é um fenômeno associado ao comportamento anômalo da temperatura superficial do mar (TSM) sobre o oceano Pacífico. A alteração anômala na TSM na bacia do Pacífico afeta a circulação atmosférica ocasionando impactos no tempo e clima de todo o globo. Os episódios de ENSO podem ser classificados entre “fraco” até “muito forte”, utilizando o *Oceanic Niño Index* (ONI). O Nordeste Brasileiro (NEB) é uma das regiões que apresenta modificação no seu regime de precipitação, principalmente em anos de ocorrência da fase quente do ENSO (*El Niño*), onde a modificação na circulação atmosférica ocasionada pela ocorrência do evento acarreta condições de seca para a região do NEB. Entretanto, nem todos os episódios de *El Niño* estão associados a seca. Em contrapartida, a fase fria do ENSO (*La Niña*) apresenta condições favoráveis à ocorrência de precipitação sobre o NEB. Diante da forte ligação entre o evento ENSO e o regime de precipitação sobre o NEB, o objetivo deste estudo foi fazer uma revisão da literatura dos estudos que relacionem episódios (quentes e frios) considerados fortes e muito fortes com o impacto no regime de precipitação sobre o NEB. A revisão encontrou de forma mais branda estudos que avaliam um conjunto de eventos de forma conjunta, sem trazer particularidades de cada evento. Assim como, estudos que relacionam a fase quente do evento ENSO (*El Niño*) com o regime de precipitação do NEB. A fase fria do ENSO (*La Niña*) relacionada a precipitação no NEB, ainda é pouco abordada. Sugere-se que estudos individuais sobre cada evento seja realizado para avaliar os impactos sociais, climáticos e econômicos e que ambas as fases do evento sejam efetivamente abordadas.

Palavras-chave: Precipitação; Nordeste Brasileiro; El Niño; La Niña

ABSTRACT

The El Niño Southern Oscillation (ENSO) is a phenomenon associated with the anomalous behavior of the sea surface temperature (SST) over the Pacific Ocean. The anomalous change in the SST in the Pacific basin affects the atmospheric circulation causing impacts on the weather and climate of the entire globe. ENSO episodes can be graded from “weak” to “very strong” using the Oceanic Niño Index (ONI). The Brazilian Northeast (NEB) is one of the regions that presents changes in its precipitation regime, mainly in years of occurrence of the warm phase of the ENSO (El Niño), where the modification in the atmospheric circulation caused by the occurrence of the event leads to dry conditions for the NEB region. However, not all El Niño episodes are associated with drought. On the other hand, the ENSO cold phase (La Niña) presents favorable conditions for the occurrence of precipitation over the NEB. In view of the strong connection between the ENSO event and the precipitation regime over the NEB, the objective of this study was to review the literature of studies that relate episodes (hot and cold) considered strong and very strong with the impact on the precipitation regime over the NEB. The review found studies that evaluated a set of events jointly, without bringing the particularities of each event, in a milder way. As well as studies that relate the warm phase of the ENSO event (El Niño) with the NEB precipitation regime. The cold phase of ENSO (La Niña), related to precipitation in the NEB, is still poorly addressed. It is suggested that individual studies on each event be carried out to assess the social, climatic and economic impacts and that both phases of the event are effectively addressed.

Keywords: Precipitation; Brazilian Northeast; El Niño; La Niña

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Subdivisão do NEB com relação ao regime básico de precipitação	18
Figura 2 - Localização da região Niño 3.4.....	19
Figura 3 - Esquematização da circulação de Walker em anos considerados neutros (Walker e Bliss, 1932)	20
Figura 4 - Esquematização da circulação de Walker em anos considerados de El Niño (Walker e Bliss, 1932)	21
Figura 5 - Esquematização da circulação de Walker em anos considerados de La Niña (Walker e Bliss, 1932)	22
Figura 6 - Gráfico ilustrado da variação do ONI durante o período de 1950 até o tempo presente, indicando classificação dos eventos de El Niño e La Niña, de acordo com NOAA	23
Figura 7 - Desvio de precipitação para a cidade de Bagé/RS (climatologia de 1961 a 1990, INMET).....	28
Figura 8 - Anomalia de Precipitação (%) para a quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio) do semiárido para anos secos (1983 e 1998) e chuvosos (1985 e 2009). ...	30
Figura 9 - Anomalias de precipitação no Brasil para julho, agosto e setembro (1997).	33
Figura 10 - Anomalias de precipitação no Brasil para dezembro (1997), janeiro e fevereiro (1998)	34
Figura 11 - Anomalias de precipitação no Brasil para MAM (1998)	36
Figura 12 - Anomalias de precipitação no Brasil para OND (1998).....	37
Figura 13 - Desvio do total da precipitação de fevereiro a abril de 1998.....	39
Figura 14 - Série temporal mensal de anomalias pluviométricas no Nordeste do Brasil durante os recentes e fortes eventos do El Niño a 1982/1983, b 1997/1998 e c 2015/2016; e o padrão espacial de anomalias pluviométricas (mm) durante a estação chuvosa (FMAM) do norte do Nordeste do Brasil (NNEB) em d 1983, e 1998 e f 2016	40
Figura 15 - Anomalias na distribuição espacial da precipitação na mesorregião sul do Amazonas para La Niña de 1998-99.....	44
Figura 16 - Anomalias na distribuição espacial da precipitação na mesorregião sul do Amazonas para La Niña de 1999-00.....	45
Figura 17 - Desvio do total da precipitação de fevereiro a abril de 2008.....	46

Figura 18 - Anomalias na distribuição espacial da precipitação na mesorregião sul do Amazonas para La Niña de 2007-08	47
Figura 19 - Anomalias na distribuição espacial da precipitação na mesorregião sul do Amazonas para La Niña de 2007-08	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos eventos de El Niño e La Niña em conformidade com Oceanic Niño Index (ONI) de acordo com NOAA. Em vermelho anos de El Niño e em azuis anos de La Niña que foram o foco desta revisão	22
Tabela 2 - Precipitação (mm) normal e a de 1983 para algumas estações do Sul/Sudeste do Brasil	31

LISTA DE SIGLAS

CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
ENSO	<i>El Niño Southern Oscillation</i> (El Niño Oscilação Sul)
GRADM	Gradiente Meridional de Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IOS	Índice de Oscilação Sul
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
ONI	<i>Oceanic Niño Index</i> (Índice Oceânico do Niño)
OS	Oscilação Sul
PIB	Produto Interno Bruto
PNM	Pressão ao Nível Médio do Mar
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE ABREVIATURAS

AMJJ - Abril, Maio, Junho e Julho

DJF - Dezembro, Janeiro e Fevereiro

DJFM - Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março

MAM - Março, Abril e Maio

FMAM - Fevereiro, Março, Abril e Maio

JJA - Junho, Julho e Agosto

NDJF - Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro

NEB - Nordeste Brasileiro

NNEB - Norte do Nordeste Brasileiro

OND - Outubro, Novembro e Dezembro

SON - Setembro, Outubro e Novembro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E METODOS.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	23
3.1. EL Niño	23
3.1.1. Evento 1957-58 - Magnitude Forte	23
3.1.2. Evento 1965-66 - Magnitude Forte	24
3.1.3. Evento 1972-73 - Magnitude Forte	25
3.1.4. Evento 1987-88 - Magnitude Forte	26
3.1.5. Evento 1991-92 - Magnitude Forte	27
3.1.6. Evento 1982-83 - Magnitude Muito forte.....	28
3.1.7. Evento 1997-98 - Magnitude Muito forte.....	32
3.1.8. Evento 2015-16 - Magnitude Muito forte.....	39
3.2. La Niña.....	41
3.2.1. Evento 1973-74 - Magnitude Forte	41
3.2.2. Evento 1975-76 - Magnitude Forte	41
3.2.3. Evento 1988-89 - Magnitude Forte	42
3.2.4. Evento 1998-99 - Magnitude Forte	43
3.2.5. Evento 1999-00 - Magnitude Forte	44
3.2.6. Evento 2007-08 - Magnitude Forte	45
3.2.7. Evento 2010-11 - Magnitude Forte	47
4. CONCLUSÃO	48
5. REFERÊNCIAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

Todas as regiões do globo terrestre sofrem influência de um ou mais sistema climático formador de precipitação, seja para ocorrência ou para o déficit de precipitação. A precipitação é uma das principais variáveis meteorológicas, uma vez que determina o ciclo hidrológico e é indispensável para sociedade. Apesar de sua importância, a falta de observações e medições sobre o Brasil ainda é significativa e acaba afetando estudos para previsibilidade desta variável.

O El Niño é um fenômeno associado ao comportamento anômalo da temperatura superficial do mar (TSM) sobre o oceano Pacífico central e leste. Segundo Bjerknes (1969) os máximos de TSM sobre o Pacífico oriental e central ocorrem como resultado do enfraquecimento anômalo dos ventos alísios do hemisfério sul em conjunto com o enfraquecimento inerente da ressurgência equatorial. De acordo com Oliveira (2001), o El Niño representa o aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, gerando uma alteração no sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico Tropical que tem consequências no tempo e no clima de todo o globo. Além do aquecimento das águas superficiais, há também a mudança do vento, em direção e intensidade, onde destaca-se o enfraquecimento dos ventos alísios. Com o aquecimento das águas e enfraquecimento dos ventos, há mudanças na circulação atmosférica em altos e baixos níveis, como por exemplo a célula de Walker que tem seus ramos ascendentes e descendentes deslocados. Assim como o El Niño representa a fase quente, a La Niña é comumente conhecida como a fase fria, ou seja, o resfriamento das águas superficiais do Pacífico Equatorial, causando efeitos opostos ao do El Niño.

O El Niño era considerado um fenômeno oceânico sem conexões, até que Bjerkness (1966, 1969) propôs uma conexão entre Oscilação Sul e El Niño. A Oscilação Sul (OS) é discutida por Walker (1923, 1924) e Walker e Bliss (1929, 1932, 1937), sendo caracterizada por um balanço leste-oeste da anomalia da Pressão ao Nível Médio do Mar (PNM) entre o oceano Índico leste/Indonésia e o Pacífico Sudeste. Estudos mais recentes tratam do fenômeno ar/mar acoplado conhecido como ENSO (sigla do inglês, El Niño Southern Oscillation) ou ENOS (El Niño Oscilação Sul) (Medeiros e Oliveira 2021, Cai et al. 2019, Marengo et al. 2018).

Segundo Cai et al. (2019) o ENSO é observado no Pacífico tropical associado à interação oceano-atmosfera ligadas ao feedback de Bjerknes. O feedback de Bjerknes é um feedback positivo onde um gradiente de TSM é enfraquecido ao longo do equador gerando uma diminuição dos ventos alísios, que conseqüentemente enfraquece ainda mais o gradiente de TSM (Cai et al., 2019). Logo, um gradiente de TSM reforçado intensifica os ventos alísios que por sua vez reforçam o gradiente de TSM. Rasmusson e Wallace (1983), concluiu que episódios de ENSO são marcados pelo aquecimento além do normal das águas equatoriais na metade do pacífico oriental e um resfriamento na TSM das águas que ficam a oeste da linha de data, de modo que o gradiente de temperatura leste-oeste diminui e as águas próximas à linha de data podem ser tão quente como qualquer lugar a oeste ($\sim 29^{\circ}\text{C}$).

Ainda em episódios de ENSO, a região de fortes chuvas se desloca para leste, fazendo com que a região da Indonésia e regiões adjacentes experimentem secas, enquanto as ilhas desertas do pacífico central experimentam chuvas torrenciais mês a mês. Próximo e a oeste da Linha Internacional da Data, que é a linha imaginária que coincide com o meridiano de longitude 180° , os ventos de superfície de leste ao longo do equador enfraquecem ou mudam o sentido para oeste (Rasmusson; Wallace, 1983). Além das mudanças nestas variáveis, há uma diminuição da pressão à nível do mar (PNM) no Pacífico Sudeste e um aumento da PNM na porção oeste do Pacífico. Esta diferença de pressão é medida da relação entre Darwin menos Taiti e é conhecida como Índice de Oscilação Sul (IOS), no qual o seu sinal é utilizado para indicar as fases do fenômeno El Niño e La Niña (Rasmusson; Wallace, 1983).

O fenômeno ENSO é conhecido por causar impactos significativos na distribuição de chuva sobre diversas regiões do globo. O Nordeste Brasileiro (NEB) é uma região que sofre impactos severos durante a ocorrência das fases positivas (El Niño) e negativa (La Niña) do ENSO. Apesar da sua localização geográfica (zona tropical, entre 1° e 18°S e de 35° e 47°W) o NEB não apresenta uma distribuição de chuvas típicas de regiões equatoriais, com uma variabilidade interanual acentuada, com uma diminuição ocorrida desde os anos 70 (MARENGO et al., 2013). De acordo com Molion e Bernardo (2002), a variabilidade interanual da distribuição de precipitação sobre o NEB, espacialmente e na escala de tempo, está intimamente relacionada com as variações nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a

interação oceano-atmosfera no Pacífico ou no Atlântico. Ambrizzi et al. (2004) relatou que o ENSO é um grande influenciador nos padrões de precipitação sobre a América do Sul, com maior influência sobre o NEB.

O impacto causado pelo ENSO pode ser sentido na modificação do regime e precipitação acumulada total, podendo causar secas severas, afetando diretamente a atividade humana na região do NEB, uma vez que uma grande parte da população sobrevive da agricultura de subsistência (Molion e Bernardo, 2002). Ainda de acordo com Molion e Bernardo (2002), os El Niños considerados fortes sempre estiveram associados à secas consideradas de moderadas a severas. Embora exista relação entre secas e El Niños, nem todos os El Niños são associados a episódios de seca. Kane (1997) afirma em um estudo sobre os El Niños (forte e moderado) durante o período de 1849-1992, que dos 46 eventos existentes, apenas 21 deles estão associados a secas sobre o NEB.

Dias e Marengo (2002) afirmam que em alguns anos de fase positiva do ENSO coincidem com a estação chuvosa do Norte do NEB e portanto, a influência do pacífico equatorial é mais evidente e provoca chuvas abaixo do normal. Em contrapartida, durante a fase negativa (La Niña) apresenta uma certa tendência de maior frequência de frentes frias que atingem o NEB, principalmente o litoral dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas, contribuindo para precipitação acima do normal. Porém, os registros pluviométricos acima do normal só se efetivam quando simultaneamente aos episódios de La Niña temos também o padrão dipolo negativo, ou seja, TSM do atlântico tropical sul acima da média enquanto à TSM do atlântico tropical norte apresenta-se abaixo da média (Dias; Marengo, 2002).

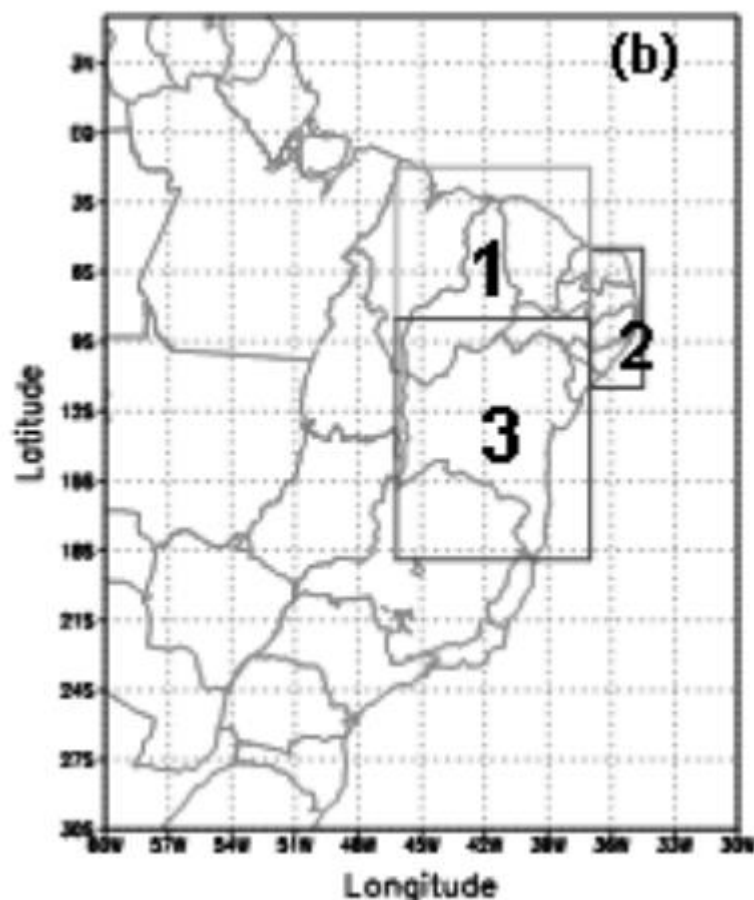
Historicamente o Nordeste Brasileiro sofre com eventos de secas atmosféricas e grande parte destes eventos são atribuídos a fase positiva do ENSO. No entanto, durante a fase negativa do ENOS os impactos sobre os totais de chuva sobre a região são positivos, ou seja, favorecimento da ocorrência de precipitação. Portanto, o objetivo desta revisão de literatura é revisar os impactos relacionados com as fases positivas (El Niño) e negativa (La Niña) do ENSO considerados fortes e muito fortes sobre a precipitação do Nordeste Brasileiro, com objetivo específico de identificar lacunas sobre o tema e sugerir trabalhos futuros.

2. MATERIAL E METODOS

O NEB engloba nove estados do território brasileiro, entre eles: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, com um total de 1.794 municípios, perfazendo uma área de 1.558.196 km² e uma população de 53.081.950 habitantes (IBGE, 2010). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger o NEB apresenta climas que variam de tropical, árido, semiárido e subtropical, conforme estudo de atualização do mapa climático de Köppen-Geiger realizado por Peel et al. (2007).

A região sofre influência de vários sistemas formadores de precipitação, entre eles à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Sistemas frontais e mecanismo tropicais de mesoescala, conforme relatado por Nobre e Molion (1988). De acordo com Lucena et al. (2011), utilizando a metodologia de Marques et al. (1983), o NEB possui 3 regimes básicos de precipitação, devido à vasta extensão territorial, as áreas de localização destes três regimes podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1 - Subdivisão do NEB com relação ao regime básico de precipitação. Fonte: Lucena et al., (2011).

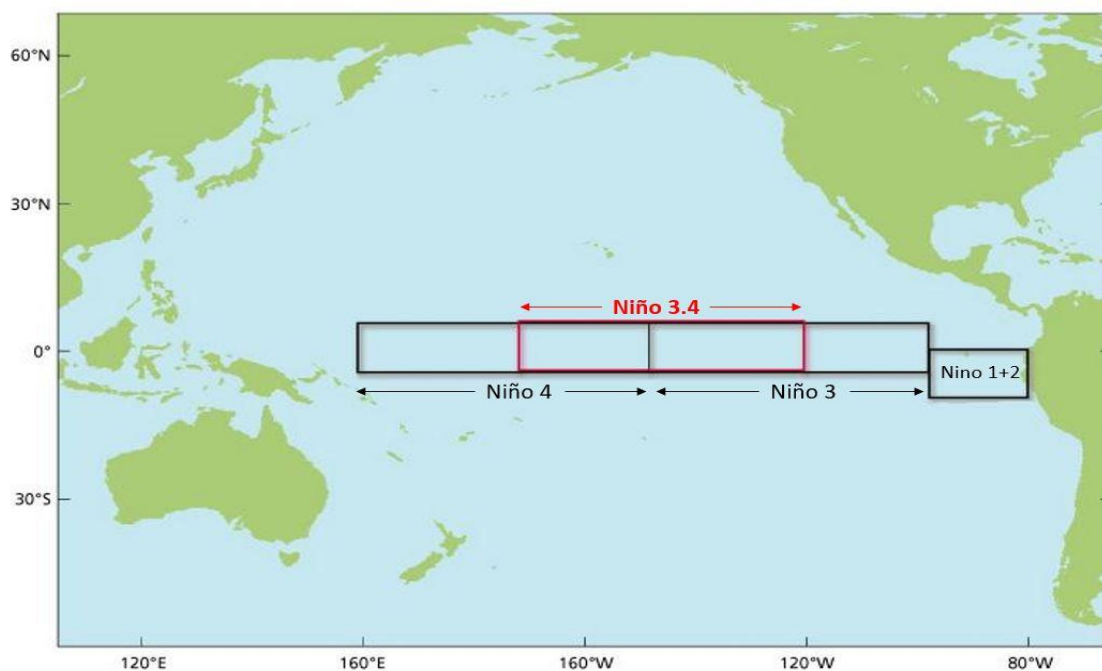


Essas sub-regiões são definidas de acordo com o volume médio anual de precipitação e principais sistemas que atuam sobre elas. Sub-região 1 caracteriza-se por sofrer influência da ZCIT, Perturbações Ondulatórias dos Alísios, brisas terrestres/marítimas e convecção local com período mais chuvoso entre os meses de fevereiro e maio (FMAM) (Molion e Bernardo, 2002) apresentando volume médio entre 400 mm/ano na parte do interior da região e mais de 2000 mm/ano no litoral (Nobre; Molion, 1988). Já a sub-região 2 tem período chuvoso compreendido entre os meses de abril e julho (AMJJ), sofrendo influência circulação de brisas (terrestre/marítimas) e distúrbios ondulatórios de leste que também provocam chuvas de maio a agosto, com registros pluviométricos variando entre 600 e 3000 mm/ano (Nobre; Molion, 1988; Yamazaki; Rao, 1977). Com relação a sub-região 3, o período chuvoso ocorre entre novembro e fevereiro (NDJF) e também entre dezembro e março (DJFM) (Molion; Bernardo, 2002), tendo como mecanismos formador de precipitação a estacionariedade de sistemas frontais alimentados pela umidade proveniente do

atlântico sul, que definem a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sistemas pré-frontais, convecção local e sistemas de brisa terrestres/marítimas. Os registros pluviométricos variam de 600 mm/ano no interior até mais de 3000 mm/ano no litoral (Lucena et al., 2011; Nobre; Molion, 1988).

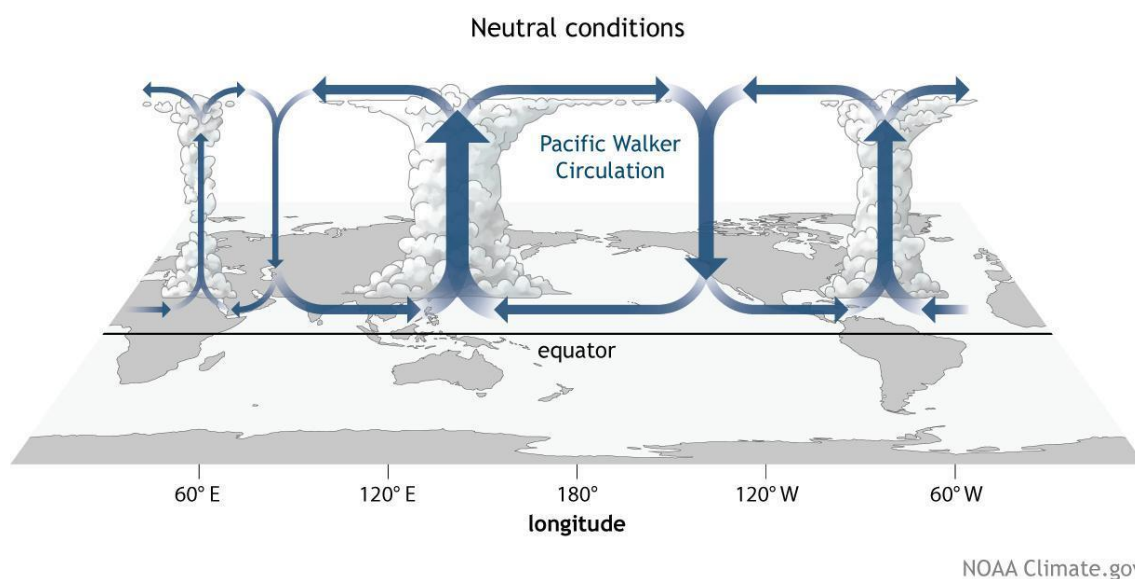
Além das dos fenômenos destacados para cada região, existem outros mecanismos de grande escala que se destacam na formação de precipitação sobre todo o NEB, como à ZCIT; na mesoescala temos perturbações ondulatórias no campo dos ventos Alísios, complexos convectivos e brisas marinha e terrestre; e na microescala temos circulações orográficas e pequenas células convectivas (Molion e Bernardo, 2002).

Figura 2 - Localização da região Niño 3.4 Fonte: https://ggweather.com/enso/enso_regions.jpg



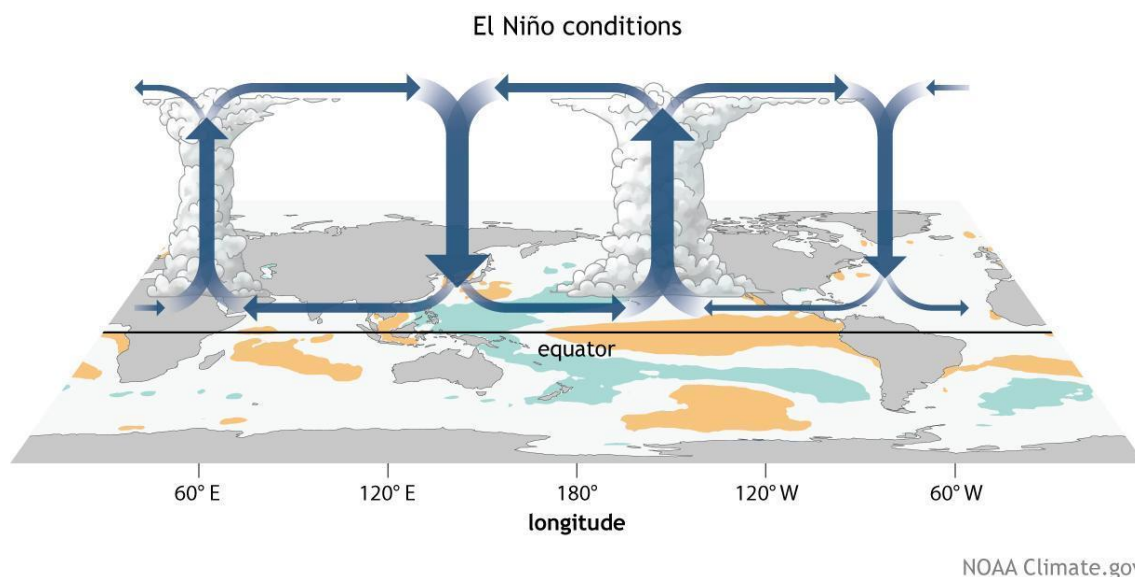
Para definir e diferenciar a intensidade dos eventos de *El Niño* e *La Niña*, este trabalho utilizou como base o Índice Oceânico do Niño (*Oceanic Niño Index, ONI*), o índice padrão utilizado pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) para classificar os eventos. Ele é calculado através da anomalia da média de 3 meses da temperatura da superfície do mar (TSM), para a região Niño 3.4 (localizada entre 5°N-5°S e 120°-170°W, conforme Figura 2).

Figura 3 - Esquemática da circulação de Walker em anos considerados neutros (Walker e Bliss, 1932). Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/walker-circulation-ensos-atmospheric-buddy>



De acordo com o NOAA os eventos são definidos por 5 períodos consecutivos de 3 meses sobrepostos ou acima da anomalia de $+0,5^\circ$ para *El Niño* ou em $-0,5^\circ$ ou abaixo para eventos de *La Niña*. Os eventos são classificados como fracos (anomalia de TSM entre 0,5 e 0,9), moderados (anomalia de TSM entre 1,0 e 1,4), fortes (anomalias de TSM entre 1,5 e 1,9) e muito forte (anomalias de TSM $\geq 2,0$). Desta forma, as anomalias que não ultrapassem os limites de $+0,5^\circ$ e $-0,5^\circ$ são consideradas neutras e denomina-se com um ano neutro. Para classificar os eventos como fraco, moderado, forte e muito forte, o ONI deve persistir por no mínimo 3 períodos consecutivos de 3 meses sobrepostos. Para o cálculo do ONI é utilizada a variável de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) a partir dos dados ERSSTv5 (HUANG *et al.*, 2017). A descrição e acesso aos dados é concedido de forma livre e pode ser consultada através do site da NOAA (<https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.ersst.v5.html>). Uma esquematização sobre como é o comportamento da circulação atmosférica em condições consideradas neutras é mostrada na Figura 3, em condições de *El Niño* na Figura 4 e em condições de *La Niña* na Figura 5.

Figura 4 - Esquematização da circulação de Walker em anos considerados de El Niño (Walker e Bliss, 1932). Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/walker-circulation-ensos-atmospheric-buddy>



A classificação dos eventos é mostrada na tabela 1 e também ilustrada na Figura 6 em forma de gráfico. Portanto, segundo a classificação do NOAA de 1950 até o presente foram registrados 51 eventos de ENSO, sendo 50,9% de *El Niños* e 49,1% de *La Niña*. Quanto a magnitude das fases do ENSO temos que 21,5% (23,5%) são de *El niños* (*La Niñas*) considerado fracos, 13,7% (11,7%) são de *El niños* (*La Niñas*) considerados moderados, 9,8% (13,7%) são de *El Niños* (*La Niñas*) e 100% dos eventos considerados Muito Fortes são de *El Niños*. Portanto, vale ressaltar que de maneira geral neste período os eventos de *El Niño* e *La Niña* ocorreram na mesma frequência e isso se repete para os eventos considerados fracos e moderados, no entanto, ocorreram um número maior de eventos de *La Niñas* Fortes e somente ocorreram *El Niños* considerados Muito Fortes.

Figura 5 - Esquematização da circulação de Walker em anos considerados de La Niña (Walker e Bliss, 1932). Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/walker-circulation-ensos-atmospheric-buddy>

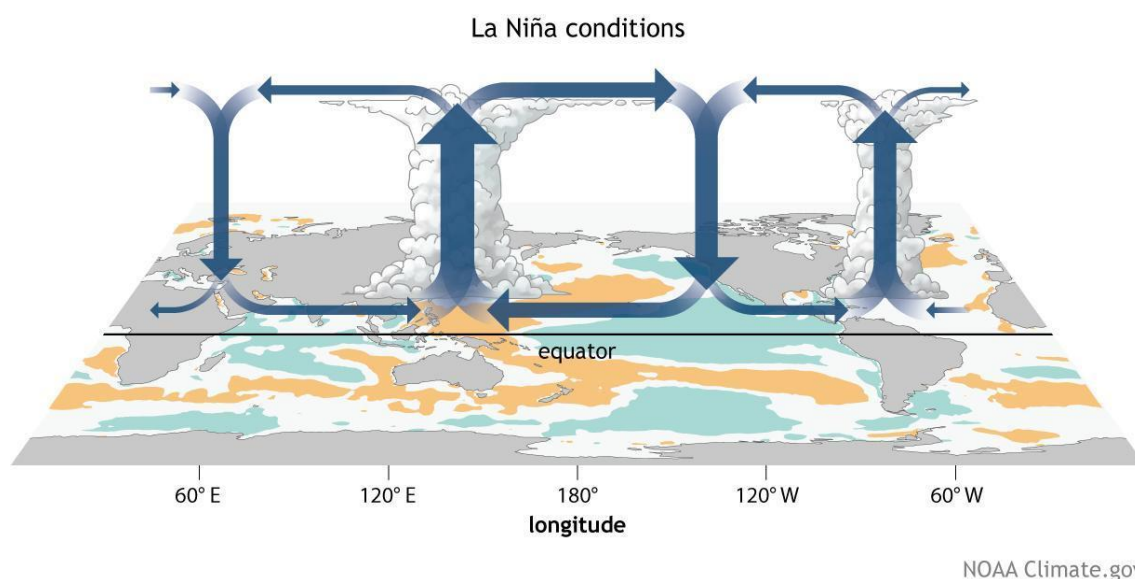
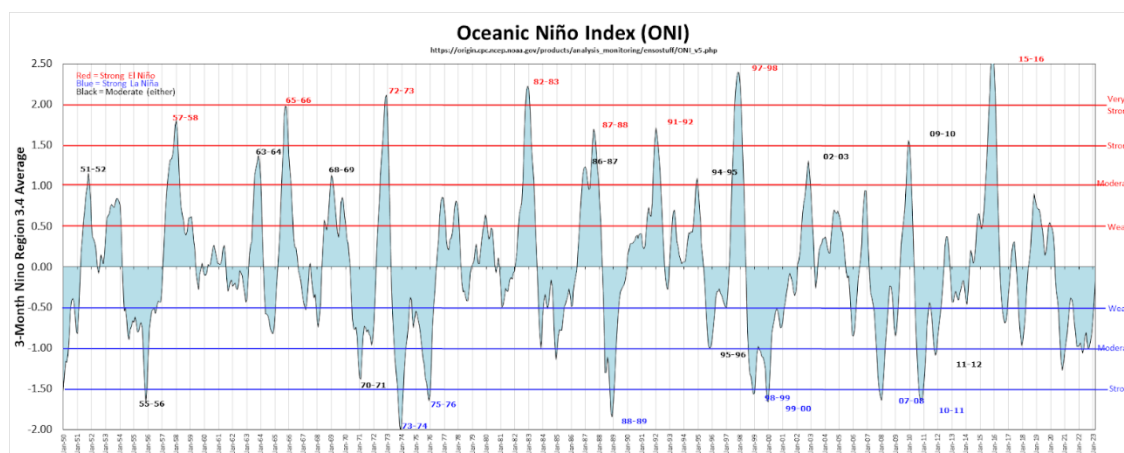


Tabela 1 - Classificação dos eventos de El Niño e La Niña em conformidade com Oceanic Niño Index (ONI) de acordo com NOAA. Em vermelho anos de El Niño e em azuis anos de La Niña que foram o foco desta revisão. Adaptado de: <https://ggweather.com/enso/oni.htm>

<i>El Niño</i> (26 eventos)				<i>La Niña</i> (25 eventos)		
Fraco (11 eventos)	Moderado (7 eventos)	Forte (5 eventos)	Muito forte (3 eventos)	Fraco (12 eventos)	Moderado (6 eventos)	Forte (7 eventos)
1952-53	1951-52	1957-58	1982-83	1954-55	1955-56	1973-74
1953-54	1963-64	1965-66	1997-98	1964-65	1970-71	1975-76
1958-59	1968-69	1972-73	2015-16	1971-72	1995-96	1988-89
1969-70	1986-87	1987-88		1974-75	2011-12	1998-99
1976-77	1994-95	1991-92		1983-84	2020-21	1999-00
1977-78	2002-03			1984-85	2021-22	2007-08
1979-80	2009-10			2000-01		2010-11
2004-05				2005-06		
2006-07				2008-09		
2014-15				2016-17		
2018-19				2017-18		
				2022-23		

Figura 6 - Gráfico ilustrado da variação do ONI durante o período de 1950 até o tempo presente, indicando classificação dos eventos de El Niño e La Niña, de acordo com NOAA.
Fonte: <https://ggweather.com/enso/oni.png>



3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1. EL Niño

3.1.1. Evento 1957-58 - Magnitude Forte

Wang (1995) explica que o ano anterior a fase de início do evento (novembro e dezembro) as anomalias atmosféricas foram caracterizadas por um grande ciclone anômalo no leste da Austrália, cuja direção ocasionou ventos de oeste anômalos para o Pacífico equatorial ocidental provocando o desenvolvimento do aquecimento de toda a bacia. Simultaneamente, os alísios de sudeste do Pacífico ($0^{\circ}\text{S}-0^{\circ}$, $125^{\circ}-95^{\circ}\text{W}$) retornaram ao seu estágio mais fraco resultando em um aquecimento na costa da América do Sul, que liderou o aquecimento do Pacífico central em cerca de três estações. De acordo com Nobre e Molion (1988), o El Niño forte de 1957-1958 se assemelha com o ocorrido em 1982-83, ou seja, com deslocamento da localização tradicional do ramo ascendente da célula amazônica de Hadley-Walker e consequentemente do ramo descendente sobre a região do NEB, causando inibição da formação de nuvens sobre a região e, assim, causando à seca na região. Caviedes (1973) classifica o evento de 57-58 como sendo um dos mais desastrosos, sendo responsável por uma seca crítica sobre o NEB.

Lucena et al. (2011), em um estudo utilizando eventos de El Niño e o Gradiente Meridional de Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico (GRADM, sigla em inglês), identificou que o El Niño de 57/58 produziu uma anomalia negativa na precipitação do nordeste, como um todo, sendo mais expressivo na sub-região 1 (Figura 1) localizada mais ao norte do NEB e menos expressiva na porção da região centro/sul (sub-região 3, Figura 1). As 3 sub-regiões apresentaram maior anomalia na precipitação durante o trimestre de março a maio (MAM). As anomalias foram em torno de 1 mm/dia (sub-região 3, Figura 1) a aproximadamente 10 mm/dia (sub-região 1, Figura 1) abaixo em comparação com a média climatológica do período de 1948 a 2000.

Kane (2001), em um estudo sobre déficit de precipitação sobre a cidade de Fortaleza/CE, localizada no norte do NEB, destacou um período de 1956-1959 como sendo de grandes déficits de precipitação. No entanto, segundo o estudo, o início do El Niño ocorreu em fevereiro de 1957 com duração até abril de 1958 e portanto, o déficit observado não teve relação com todo período do evento El Niño, pois as anomalias em 1956 e 1959 eram consideradas neutras.

Em contrapartida, na região Sul do país os efeitos foram contrários aos do NEB. Diniz et al. (1998) indica que a precipitação em Pelotas/RS se manteve dentro da média climatológica até a metade da duração do evento, com aumento no volume a partir de janeiro de 1958. Resultados similares foram encontrados por Ropelewski e Halpert (1987), onde identificaram anomalias positivas de precipitação entre novembro de 1958 e fevereiro de 1966 sobre a região sudeste da América do Sul.

3.1.2. Evento 1965-66 - Magnitude Forte

Assim como o evento ocorrido em 57-58, Lucena et al. (2011) destacam anomalias negativas no regime de precipitação para o evento de 65-66, com maior anomalia também ocorrendo nos meses de março-maio (MAM) para a sub-região 1 (Figura 1). Para as demais sub-regiões (Figura 1) o regime de precipitação permaneceu na média ou apresentou pequenas anomalias positivas. Assim como o evento de 57-58, Wang (1995) explica que o início do evento ocorreu com anomalias atmosféricas no ano anterior (novembro e dezembro), apresentando um grande ciclone anômalo no leste da Austrália trazendo vento de oeste anômalos para o pacífico equatorial ocidental, causando aquecimento em toda a bacia. Enquanto isso,

os alísios de sudeste do Pacífico ($0^{\circ}\text{S}-0^{\circ}$, $125^{\circ}-95^{\circ}\text{W}$) apresentaram-se no seu estágio mais fraco, ocasionando um aquecimento costeiro da América do Sul.

Em desacordo com a classificação proposta pelo NOAA, Kane (2001) classifica o El Niño como moderado, tendo início em março de 1965 com término em fevereiro de 1966, contudo, segundo Kane (2001), este evento não causou déficits de precipitação para a cidade de Fortaleza/CE (norte do NEB), com excesso de chuvas durante todo o período com exceção de SON de 1965 e DJF de 1966 que apresentaram déficits pluviométricos, este resultado concorda em partes com a avaliação feita por Lucena et. al. (2011).

Em Pelotas/RS, Diniz et al. (1998) explica que a precipitação ficou abaixo do normal em maio, junho e julho de 1965, com volume acima da média nos dois meses posteriores (agosto e setembro) e em seguida durante o período de 5 meses (outubro/65-fevereiro/66) a precipitação ficou dentro da média climatológica.

3.1.3. Evento 1972-73 - Magnitude Forte

Segundo Lucena et al. (2011) observou-se anomalias positivas de precipitação para as 3 sub-regiões do estudo, no estudo os autores apresentam como justificativa a curta duração do El Niño em conjunto com GRADM negativo, ou seja, com o atlântico sul apresentando anomalias positivas na TSM o que favoreceu a migração da ZCIT para sul. Wang (1995) explica que à fase inicial do evento foi marcada por anomalias atmosféricas observadas no ano anterior (novembro e dezembro) ocasionadas por uma ciclone anômalo localizado a leste da Austrália, com movimentos que resultaram em ventos de oeste anômalos para o Pacífico equatorial importando em um aquecimento em toda a bacia, enquanto que os ventos alísios no sudeste do Pacífico mostraram-se em seu estágio mais fraco provocando um resultado de aquecimento na costa da América do Sul.

Para Kane (2001), o evento teve início em fevereiro de 1972, perdurando por 12 meses e em seguida ocorreu uma inversão para o evento da La Niña (73-74). Em todas as estações, sobre Fortaleza/CE, os déficits de chuva foram associados às anomalias positivas de TSM (condições de El Niño), com exceção de JJA que mesmo com TSM apresentando anomalias positivas, a precipitação na região também apresentou anomalias positivas.

Kousky et al. (1984) em uma avaliação sobre anomalias de precipitação sobre o território brasileiro concluiu que houve déficit de precipitação sobre o norte e nordeste (de janeiro a maio) do país e excesso de chuvas no sul e sudeste do Brasil (de junho a agosto). Os resultados mostraram variação de anomalias negativas de 6 mm em São Gabriel da Cachoeira/AM até 458 mm em Fortaleza/CE. Já para região sul/sudeste o excesso de chuva apresentou anomalias positivas de 4 mm no Rio de Janeiro/RJ até 296 mm em Porto Alegre/RS.

Diniz et al. (1998) em um estudo sobre a cidade de Pelotas/RS, descreveu que o evento teve duração de 12 meses (abril-março), onde à localidade apresentou chuvas acima do normal durante 6 meses, entretanto houve meses em que o regime de precipitação apresentou índices abaixo do normal (abril, setembro, dezembro e março).

3.1.4. Evento 1987-88 - Magnitude Forte

O El Niño de 87-88 assemelha-se com o de 72-73, apresentando ligeiras anomalias negativas de precipitação nos trimestres de setembro à novembro (SON) e de dezembro à fevereiro (DJF), entretanto as anomalias tornam-se positivas nos demais trimestres, para ambas as sub-regiões. Em geral apresentam pequenas anomalias negativas de precipitação ou registros pluviométricos próximos da média climatológica, de acordo com Lucena et al. (2011). Assim como os autores relacionaram a atipicidade no regime de precipitação para 72-73, a mesma relação foi feita para 87-88, justificando-se pela curta duração do evento e por GRADM negativo. De acordo com Kane (2001), o evento foi confinado ao primeiro semestre de 1987, com anomalias positivas de TSM e anomalias negativas de precipitação principalmente durante MAM (estação chuvosa) sobre Fortaleza/CE. O evento foi classificado por Kane (2001) como sendo moderado. Segundo Marengo et al. (2011) houve uma seca intensa registrada em 1987 com perda na produção de grãos no Ceará registrada na ordem de 75%.

Segundo Diniz et al. (1998), analisando eventos moderados, a precipitação se manteve acima da média em 10 meses dentro do período analisado (agosto de 1986 a fevereiro de 1988) e nos demais meses do estudo a precipitação se manteve dentro da média. Ou seja, o evento apresentou efeitos contrários sobre a região sul quando comparados aos efeitos sobre o NEB.

3.1.5. Evento 1991-92 - Magnitude Forte

No estudo de Lucena et al. (2011), assim como os eventos de 57-58 e 65-66, as anomalias de precipitação foram negativas de março a maio (MAM) nas 3 sub-regiões (Figura 1), em contrapartida houve anomalias também positivas para o evento de 91-92 no trimestre de dezembro à fevereiro (DJF), sendo mais acentuada na sub-região 3 (Figura 1), chegando à aproximadamente 8 mm/dia acima da média climatológica do período de 1948 à 2000.

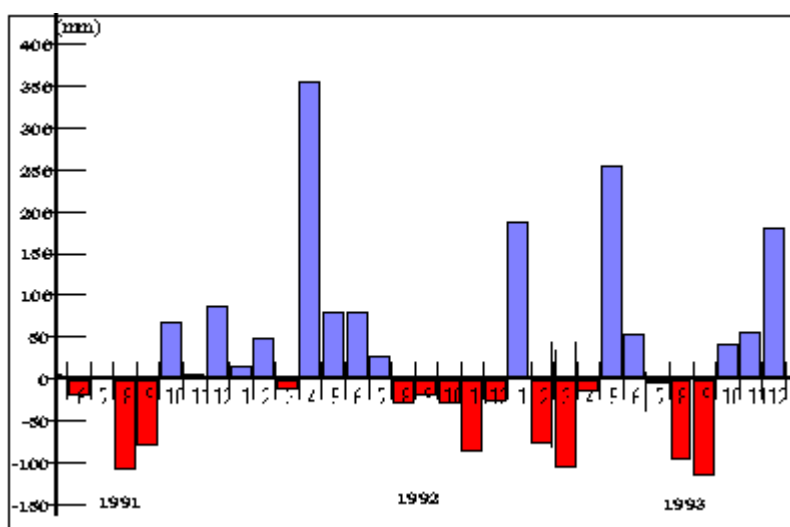
Kane (2001), classificou como moderado o início do evento em 1991, passando a ser forte no final do mesmo ano e com duração até meados de 1992. A precipitação sobre Fortaleza/CE (norte do NEB) apresentou déficit durante todo evento, apresentando maior déficit durante a estação chuvosa da região (MAM) no ano de 1992.

Dias e Marengo (2002) e Cavalcanti (1996) relatam uma seca no NEB desde 1990 até 1993, utilizando informações da Climanálise (1992a, b, 1993). Os autores concluíram que houve precipitação abaixo em 28% da média para 1990 e um pouco menos acentuada em 1991, com 13% abaixo da média. Em 1992, a estação chuvosa foi destacada, com precipitação 30% abaixo da média em março, 34,7% abaixo da média em abril e, mais expressiva, com 87% abaixo da média em maio, sendo o ano de 1992 com a magnitude do El Niño mais intensa. Dias e Marengo (2002) relataram perda na produção agrícola de 18% no estado do Ceará, sendo este um número menor que os episódios anteriores devido ao sistema de alerta desenvolvido fazendo com que os agricultores antecipassem o plantio. Ainda no Nordeste, houve morte de rebanhos e destruição de colheitas, com impacto de 10% na safra nacional com a inflação que chegou a +211% durante o período de ocorrência do El Niño (Dias; Marengo, 2002).

Sobre a região sul, em Pelotas/RS, Diniz et al. (1998) relatou chuvas acima do normal durante quase todo o período de duração do evento, principalmente nos primeiros meses, e nos demais a precipitação oscilou entre normal e acima do normal. Em Bagé/RS, durante o intenso ENSO estendido de 1990 a 1994, uma análise da série temporal de anomalias de precipitação para o período de junho de 1991 a dezembro de 1993 mostrou que houve desvio positivo de precipitação para a região, com maiores desvios em abril/92 e maio/93 (Figura 7), associados a sistemas frontais,

as vezes associados à vórtices ciclônicos de altos níveis ou com jato subtropical (Cavalcanti, 1996; Dias; Marengo, 2002). Anomalias de precipitação positivas são relatadas por Cavalcanti et al. (1996) para Franca/SP no período de junho de 1991 a dezembro de 1993, onde os valores positivos de anomalias foram apresentados em praticamente todos os meses.

Figura 7 - Desvio de precipitação para a cidade de Bagé/RS (climatologia de 1961 a 1990, INMET). Fonte: Cavalcanti (1996).



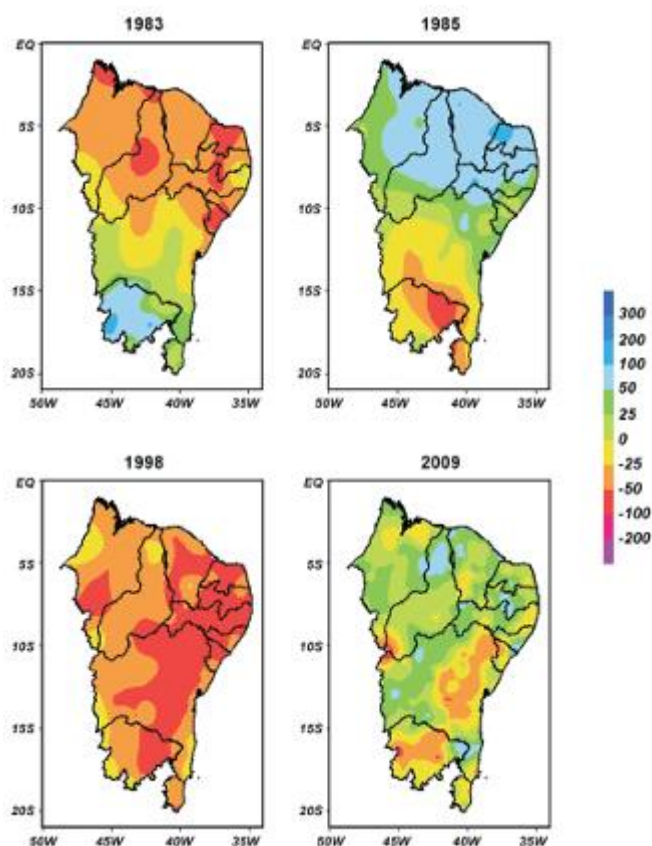
Além das anomalias nas variáveis meteorológicas, Dias e Marengo (2002) relatam também comportamentos anômalos dos sistemas meteorológicos que atuam sobre o Brasil: a ZCIT apresentou-se muito fraca e não se deslocou para sul entre fevereiro e abril, como normalmente ocorre; os vórtice ciclônicos de altos níveis que atuam sobre região norte, também não causaram precipitação; à convecção associada à alta da Bolívia foi fraca; a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) não se apresentou bem organizada nos meses da primavera e verão; sistemas frontais não se deslocaram de forma regular de sul para norte e foram intensificados e bloqueados na região sul do Brasil pelo jato subtropical, relacionando-se como causa de enchentes em algumas localidades do sul do país.

3.1.6. Evento 1982-83 - Magnitude Muito forte

Nobre e Molion (1988) explicam a hipótese do impacto no regime de precipitação sobre o NEB como sendo uma forte convecção/precipitação sobre as águas anormalmente aquecidas do pacífico equatorial e central numa região onde

normalmente não há esse tipo de formação em anos em que não ocorrem o ENOS. Além disso, houve um deslocamento da sua localização normal do ramo ascendente da célula de Hadley-Walker amazônica para uma nova localização mais à oeste sobre o Pacífico. Em consequência, o ramo descendente se estendeu sobre a Amazônia central, NEB e oceano atlântico tropical, enfraquecendo também a ZCIT. Logo, essa subsidência severa sobre a região do NEB inibiu a formação de nuvens sobre a região causando a seca severa registrada em 1983. De acordo com Marengo et al. (2011) e Kousky et al. (1984) esse episódio trata-se de um evento anômalo com aquecimento inicial anômalo da TSM no Pacífico Central se estendendo posteriormente para a costa oeste da América do Sul. A seca de 1983 causada pelo El Niño afetou cerca de 1.328 municípios, queda na produção de grãos e aproximadamente 28.954.000 pessoas e aumentou os preços agrícolas em aproximadamente 40%, segundo Marengo et al. (2011) e Dias e Marengo (2002). É possível enxergar na Figura 8 que há locais no NEB que apresentaram anomalias entre 60 e 100% menores que a média histórica.

Figura 8 - Anomalia de Precipitação (%) para a quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio) do semiárido para anos secos (1983 e 1998) e chuvosos (1985 e 2009). Fonte Marengo et al., (2011).



De acordo com Kayano e Moura (1986), o evento de 1982-83 de El Niño se destacou não somente pela intensidade, duração e efeitos climáticos, mas também pelo seu desenvolvimento inicial anormal, explicado por Rasmusson e Wallace (1983). Kousky et al. (1984) analisou anomalias de precipitação sobre o Brasil durante o evento e concluiu que houve déficit de precipitação no norte e nordeste do país de janeiro a maio de 1983, e excesso de precipitação no sul e sudeste do país de junho a agosto de 1983. Os valores de anomalias variam de -133 mm em Barra do Corda/MA à -456 mm em Fortaleza/CE para as regiões norte/nordeste e de +99 mm em Rio de Janeiro/RJ e +244 mm em Curitiba/PR na região sul/sudeste. Em um outro estudo sobre a influência do El Niño na precipitação na América do Sul, Kousky e Cavalcanti (1984) frisaram o excesso de chuva sobre a região Sul/Sudeste do país para os meses de janeiro à junho de 1983, através da normal climatológica de cada mês e o registro para o referido ano concluíram que o acumulado de chuva de apenas um mês (julho)

foi comparável ao acumulado dos 7 meses. Os registros da normal climatológica de precipitação e o acumulado de cada mês no ano de 1983 constam na Tabela 2.

Tabela 2 - Precipitação (mm) normal e a de 1983 para algumas estações do Sul/Sudeste do Brasil. Fonte: Kousky e Cavalcanti (1984).

	São Paulo (SP)		Curitiba (PR)		Campos Novos (SC)		Florianópolis (SC)		Porto Alegre (RS)	
	Normal	1983	Normal	1983	Normal	1983	Normal	1983	Normal	1983
Janeiro	254	239	198	268	147	113	171	280	120	88
Fevereiro	227	278	175	77	130	304	164	237	104	159
Março	172	179	125	108	135	158	141	152	86	166
Abril	81	101	78	149	156	160	133	178	102	90
Maio	54	191	85	331	125	382	107	205	114	172
Junho	55	221	89	227	135	187	78	177	139	100
Julho	43	42	82	265	134	716	74	514	128	219
JFM	653	696	498	453	412	575	476	669	313	413
AMJJ	233	555	334	972	550	1445	392	1074	483	581

O evento também é documentado por Nobre e Molion (1988), destacando o ano de 1983 como um dos mais severos com relação à seca, com redução de 80% na média da chuva na região central do NEB e menos da metade da média na maior parte das demais regiões do NEB. Marengo et al. (2013) indica que houve perda de 80% do rebanho relacionada à seca.

Em um estudo sobre Fortaleza/CE, Kane (2001) classificou o evento do 82-83 como forte, tendo início em outubro de 1982 durando até o final de 1983. Como esperado, a cidade de Fortaleza/CE (norte do NEB) apresentou déficit de precipitação desde o início até o fim do período de duração do evento, sendo mais expressivo em 1983 durante a estação chuvosa da cidade (MAM). Logo no ano seguinte (1984), registraram anomalias negativas de TSM ocasionando anomalias positivas de precipitação sobre a cidade.

De acordo com Medeiros e Oliveira (2021) o evento de 1982-83 teve uma duração de 15 trimestres, com 4 deles tendo valores ONI acima de 2,0 °C, com pico de 2,19 °C, apresentando uma redução de 350,1 mm de precipitação em toda região

do NEB entre os meses de dezembro a maio, sendo abril e maio os meses com anomalia mais expressiva (Figura 14a). O norte do NEB foi a área mais impactada, principalmente durante FMAM (Figura 14d). O déficit hídrico foi associado à forte subsidência relacionada às células de Walker e Hadley, corroborando o resultado obtido por Kousky et al. (1984).

Kiladis e Diaz (1986) avaliaram o impacto do forte El Niño de 1982-83 sobre Fortaleza/CE e relataram uma seca severa sobre a região, onde todos os meses avaliados apresentaram volumes abaixo do normal, com exceção apenas dos meses de setembro a outubro de 1982.

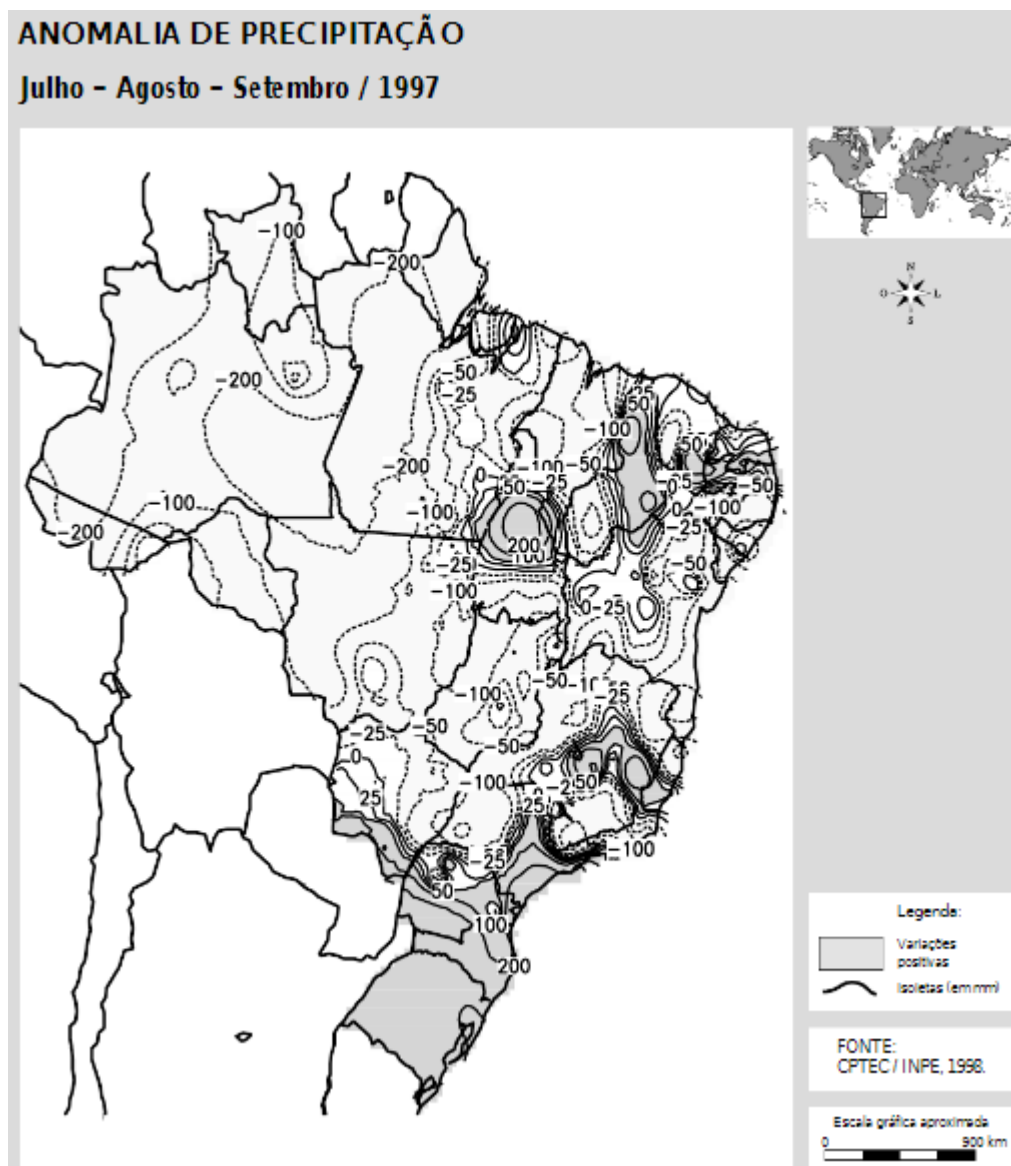
Efeitos contrários são vistos em Pelotas/RS na região sul do Brasil, onde Diniz et al. (1998) relata que durante o evento a precipitação se manteve acima do normal na maior parte dos meses, com exceção dos últimos meses da duração do evento onde o volume começou a diminuir e se manteve dentro da média. Dias e Marengo (2002) relatam os maiores impactos no estado de Santa Catarina, onde as enchentes afetaram principalmente a cidade de Blumenau, com chuva acima de 800 mm em julho de 1983.

As inundações sobre o estado de Santa Catarina afetaram 186 dos 199 municípios, deixando 220.000 desabrigados, 65 mortos/desaparecidos e perdas econômicas da ordem de US\$1,1 bilhão (Cai et al., 2020; Tachini, 2015).

3.1.7. Evento 1997-98 - Magnitude Muito forte

Até o evento ocorrido em 2015-16, este era o evento considerado mais forte da história, sendo considerado o mais forte do século XX, apresentando secas em diversas áreas do globo e também sobre o NEB, onde apresentou redução de chuvas de 15 à 30% durante a estação chuvosa (março-maio de 1997), contudo à seca se prolongou até o final de 1998 quando ocorreram chuvas e fizeram com que a região saísse da seca severa (Kane, 1999). Além do NEB, Kane (1999) explica que houve seca severa também na Amazônia e em Roraima em 1998, no sul do Brasil em 1997 houve fortes chuvas e em setembro e outubro de 1998 também foram registradas chuvas acima do normal e em contrapartida novembro e dezembro registraram volumes abaixo do normal para esta região. Marengo *et al.* (2013) explica que em 1998 houve perda de 57% da produção agrícola total da região e o prejuízo econômico associado à seca foi estimado em 5% do produto interno bruto (PIB) de toda a região.

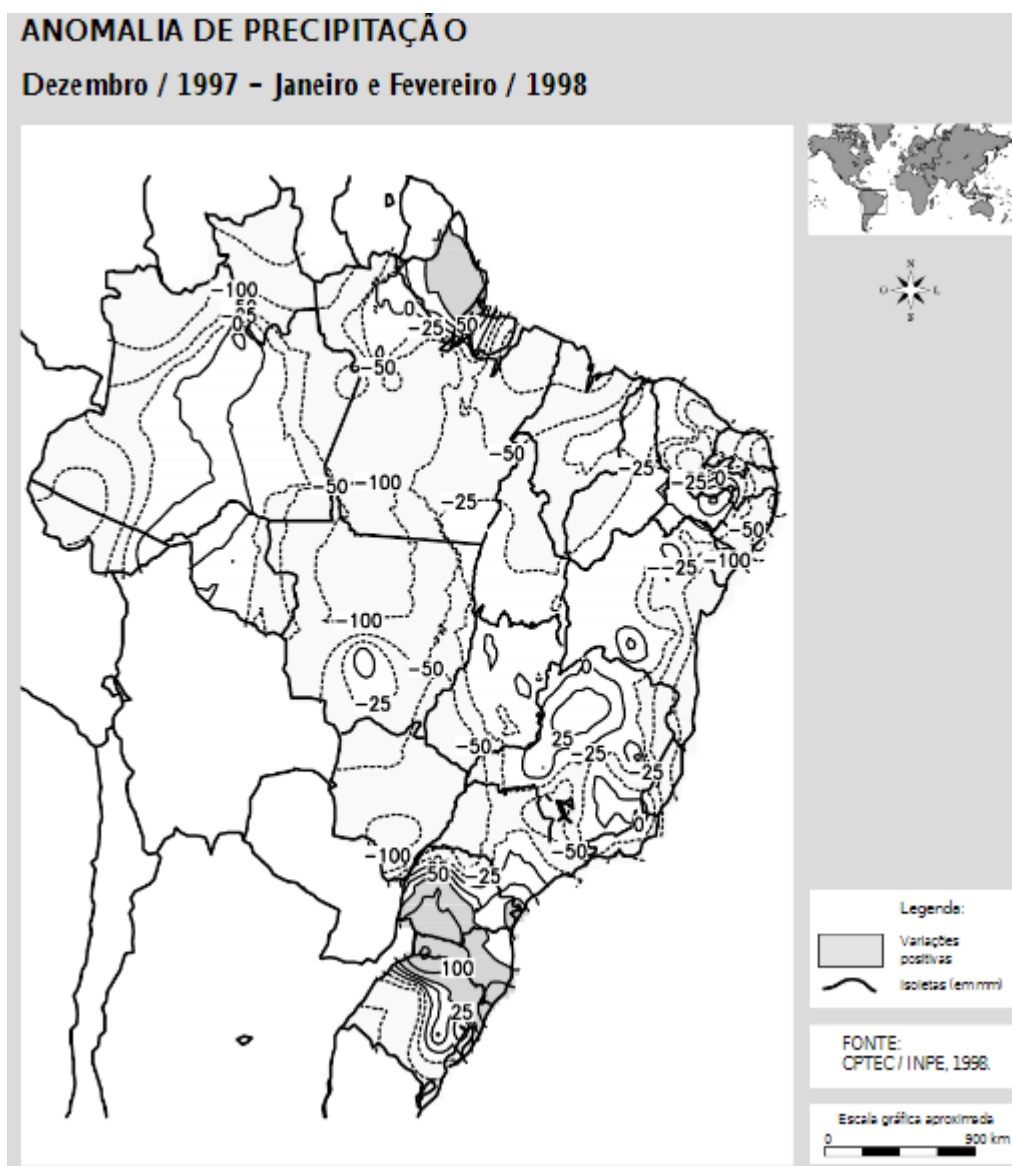
Figura 9 - Anomalias de precipitação no Brasil para julho, agosto e setembro (1997). Fonte: Dias e Marengo (2002).



Pezzi e Cavalcanti (2001) em um estudo associando o El Niño de 97-98 e o dipolo do atlântico, sobre a América do Sul durante a estação chuvosa (maio-março, MAM), concluiu que as fases do dipolo (fria ou quente) em conjunto com as anomalias positivas de TSM do Pacífico (condição de El Niño) influenciam principalmente à região do NEB, mudando o sinal de anomalia sobre o norte do NEB e intensificando as anomalias negativas de precipitação na região, onde as anomalias de TSM do pacífico foram predominantes para causar o déficit de precipitação na região. Sobre as demais regiões do Brasil, a modificação no regime de precipitação foi associada somente às anomalias de TSM do pacífico.

Kane (2001), classifica como sendo o evento mais forte de seu estudo sobre a cidade de Fortaleza/CE. Tendo início em fevereiro-março de 1997 e término em junho de 1998. Houve déficit no volume de precipitação durante todo o evento, com exceção de MAM de 1997, onde a precipitação se comportou de forma similar à média climatológica.

Figura 10 - Anomalias de precipitação no Brasil para dezembro (1997), janeiro e fevereiro (1998). Fonte: Dias e Marengo (2002).



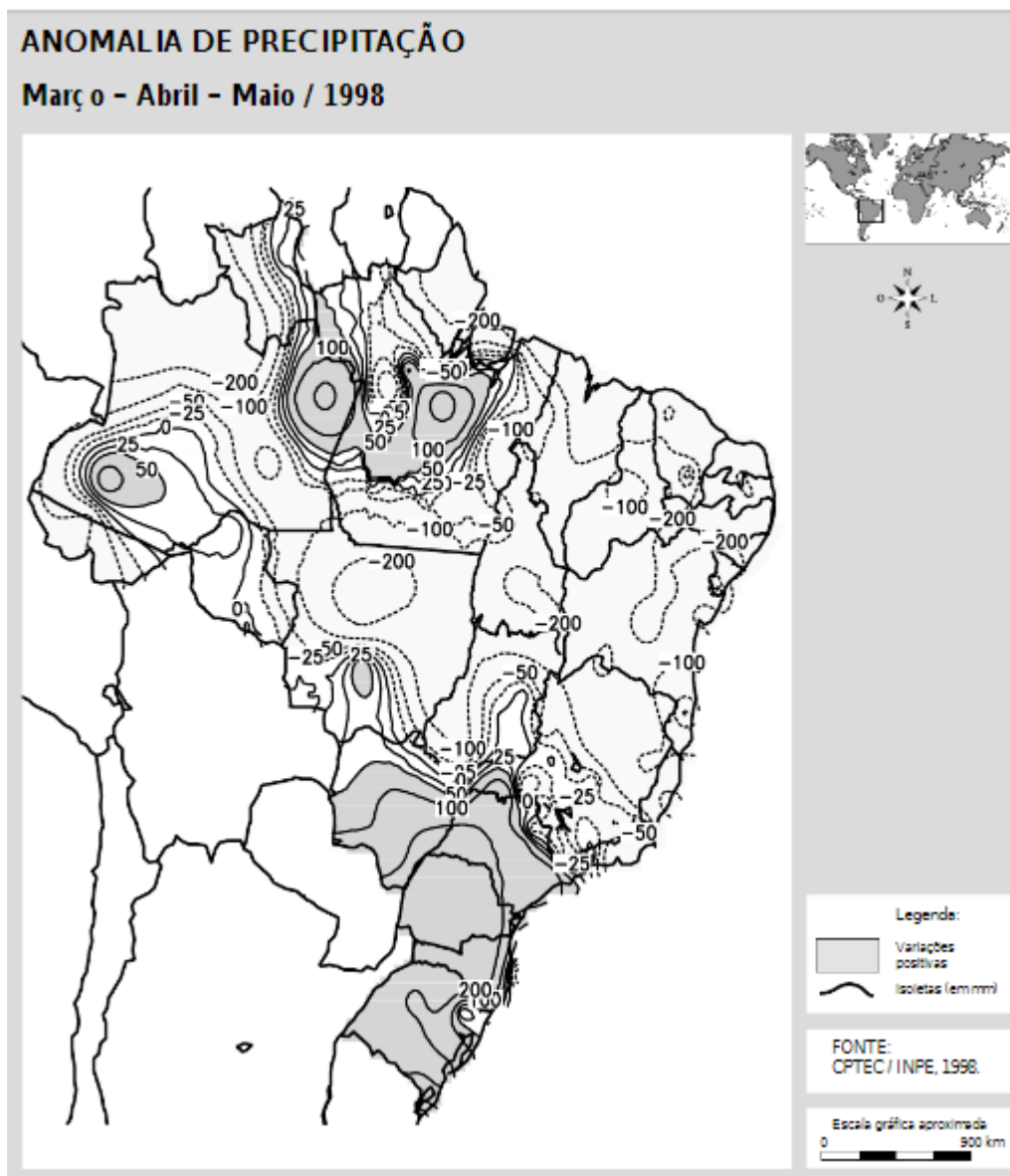
Dias e Marengo (2002) indicam que o evento teve início em fevereiro de 1997, confirmando previsões climatológicas realizadas no final de 1996. A TSM atingiu um recorde desde 1950 com $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ acima da média para a região Niño 1+2 e $+3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ na região Niño 3 e com valores acima da média da ordem de 4 a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ próximo à costa

do Peru em junho de 1997. Marengo et al., (2011) define o evento como o mais forte nos últimos 150 anos, apresentando características diferentes do padrão normal: a taxa de crescimento da anomalia de TSM foi muito superior à normal e ao prognóstico apresentado pelos principais centros meteorológicos mundiais.

À seca provocada por este forte evento, em 1998, acarretou redução de 72% na produção feijão, milho, arroz, algodão e mandioca, sendo as localidades afetadas alvo de incentivos do governo federal que totalizaram 465 milhões de reais. Na Figura 8 é possível identificar as anomalias de precipitação que chegam a apresentar valores da ordem de 100% menores do que a média, principalmente na região do semiárido. Além do NEB, a região da amazônica central registrou um período extremamente seco (janeiro/fevereiro), com desvio percentual em relação à climatologia de 70% a menos de precipitação na área de Manaus/AM, caracterizado com o menor índice pluviométrico nos últimos 50 anos, com registros nulos de precipitação, sendo a normal climatológica superior à 300 mm (Dias e Marengo, 2002).

O trabalho de Dias e Marengo (2002) traz anomalias de precipitação utilizando dados do CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998) para todo o território brasileiro, onde podemos concluir que o maior impacto sobre o NEB foi observado durante a estação chuvosa (MAM) de 1998 (Figura 11), com anomalias da ordem de -100 à -200 mm em todo o NEB. Entretanto, os demais meses também apresentaram anomalias negativas (Figuras 9, 10 e 12).

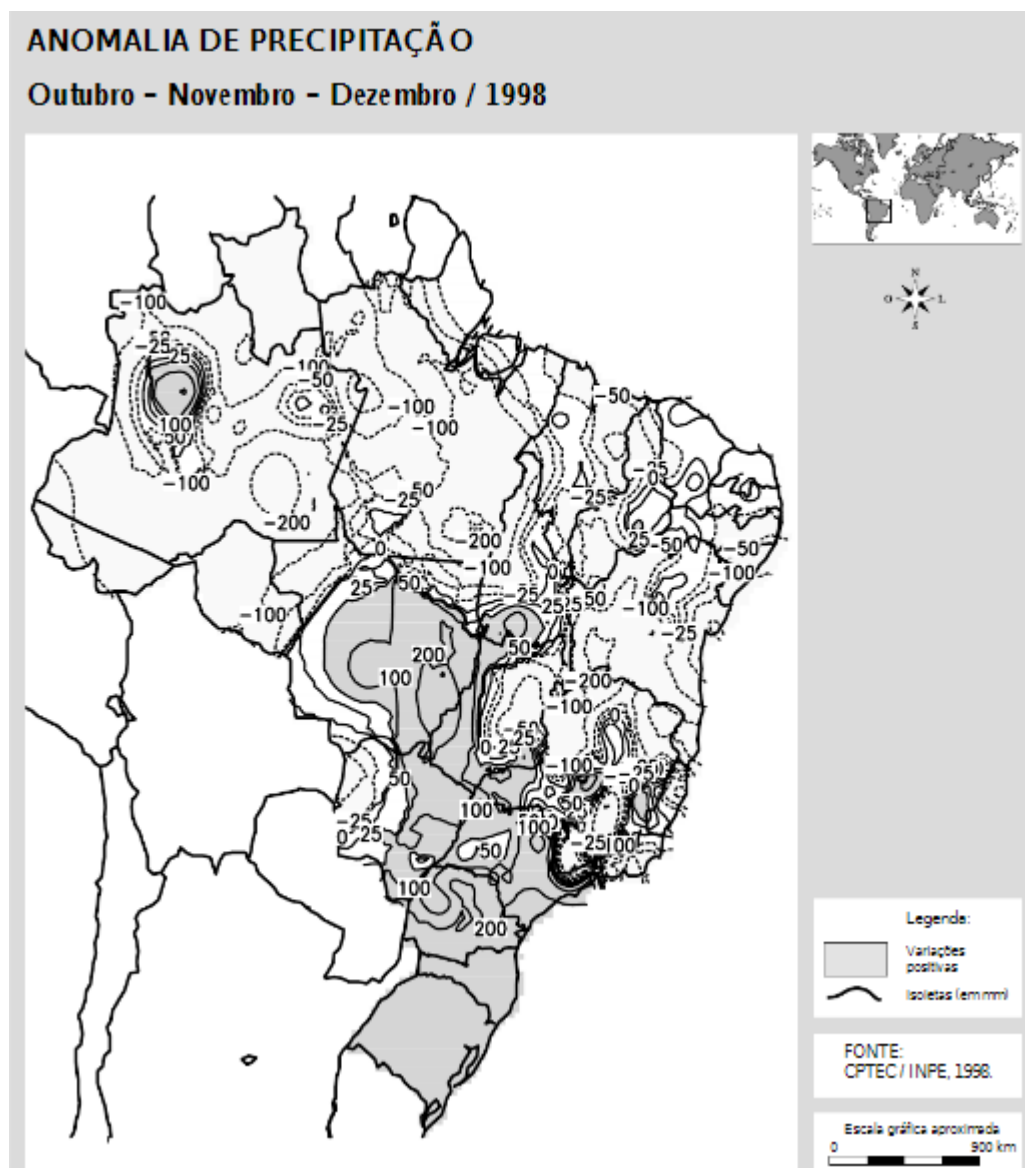
Figura 11 - Anomalias de precipitação no Brasil para MAM (1998). Fonte: Dias e Marengo (2002).



Na região sul, o evento ocasionou enchentes, apresentando anomalias positivas de precipitação (Figura 9-91) durante todo o evento, com valores mais expressivos em MAM (Figura 11) e OND (Figura 12) de 1998 (valores da ordem de 100 à 200 mm) abrangendo toda a região. As regiões sudeste e centro-oeste apresentaram períodos irregulares de distribuição de chuvas e temperatura do ar (acima da média), apresentando anomalias positivas mais expressivas em OND 1998 (Figura 12). A região norte experimentou estiagem com registros de baixa no nível dos rios da ordem de 9 metros abaixo no normal, com praticamente todo o período apresentando anomalias negativas de precipitação em toda região, com exceção de

MAM de 1998 (Figura 11) com registros de anomalia positiva mais ao centro da região norte. Dias e Marengo (2002) afirmam que outubro de 1997 foram observados as maiores anomalias positivas de precipitação sobre a região sul, apresentando mais de 300% de precipitação acima do normal no noroeste do Rio Grande do Sul. Além das chuvas, o El Niño provocou perda de 25% da safra de trigo na região sul (Dias; Marengo, 2002). Berlato e Fontana (2001) indicou que o El Niño é prejudicial para a safra de trigo e que o evento de 1997/98 acarretou uma perda da ordem de 316 mil toneladas na safra de trigo, o que representou 35% a menos do que era esperado para o início da safra.

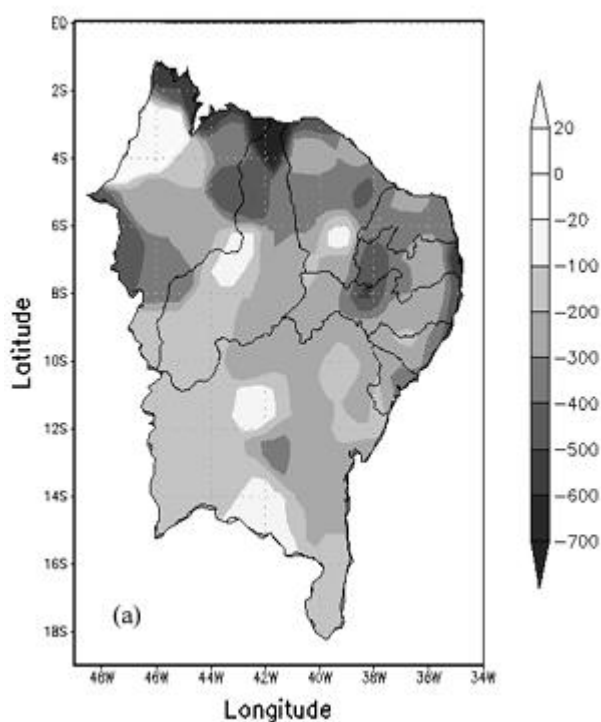
Figura 12 - Anomalias de precipitação no Brasil para OND (1998). Fonte: Dias e Marengo (2002)



Uma redução de 253,7 mm foi observada por Medeiros e Oliveira (2021) durante os meses de dezembro a maio, com destaque para os meses de abril e maio, que apresentaram os maiores números de anomalias (Figura 14b). Assim como nos eventos de 1982-83 e 2015-16, a região com anomalias mais intensas foi o norte do NEB durante FMAM (Figura 14e). Em números percentuais, o déficit hídrico durante a estação chuvosa sobre o norte do NEB de 1998, representou uma redução de 43,8% do total de chuvas esperadas para o período. Este evento teve uma duração menor em comparação com os demais eventos considerados “muito forte”, entretanto registrou um pico superior ao registrado no evento de 1982-83 (2,41 °C). O evento teve uma duração de 13 trimestres. Ainda Medeiros e Oliveira (2021) definiram que a causa para o déficit hídrico na região do NEB foi associada à subsidência ocasionadas pelos ramos descendentes das células de Walker e de Hadley, além da presença de um ciclone anômalo em altos níveis (200 hpa) como fator adicional causando movimento de afundamento próximo ao norte do NEB.

Freire et al. (2011) em um estudo com dados da rede pluviométrica do NEB, identificou anomalias negativas que variam de -100 mm a -700 mm para os meses de fevereiro a abril de 1998 quando comparado com a climatologia do mesmo período. De acordo com a Figura 13 podemos observar que toda a região do NEB apresentou déficits de precipitação, com exceção do extremo norte do NEB, sul do Ceará e Bahia e centro-oeste do Piauí.

Figura 13 - Desvio do total da precipitação de fevereiro a abril de 1998. Fonte: Freire et al., (2011).



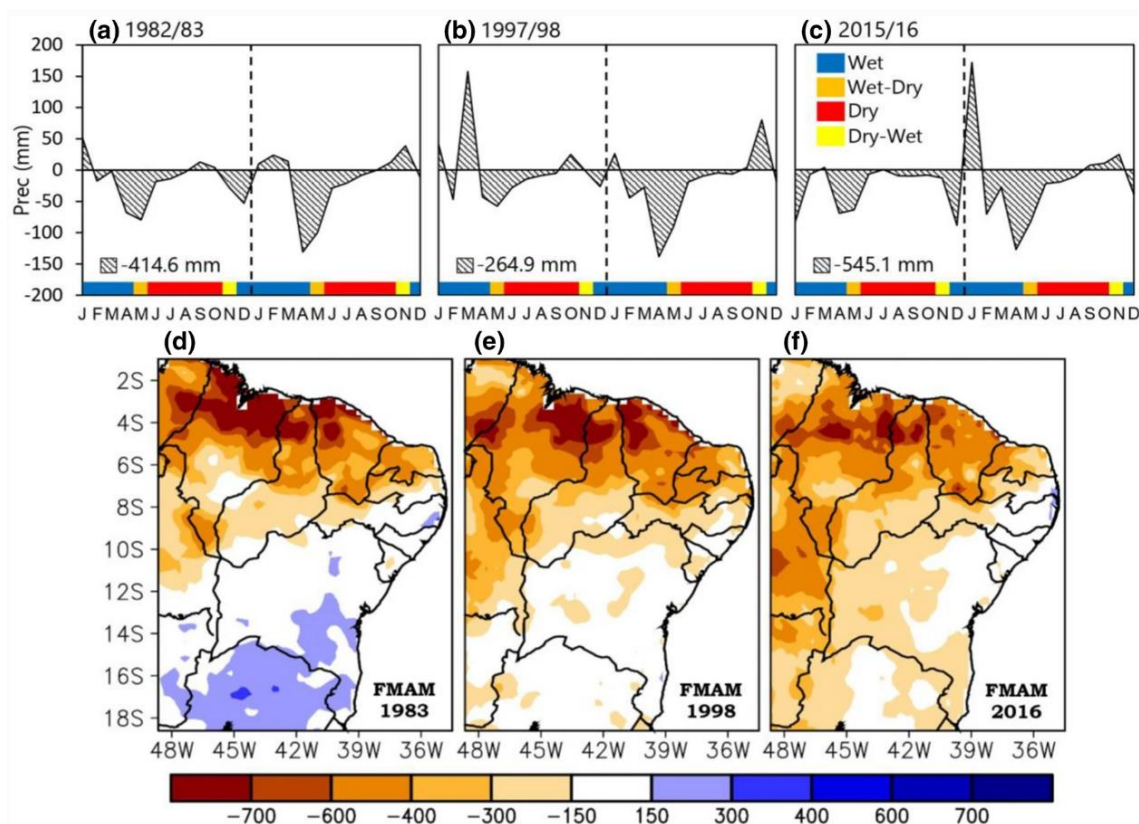
Durante o evento de 1997-98, Williamson et al. (2000) realizou um estudo sobre a mortalidade de árvores na região central do Amazonas e identificou que durante a estação seca da região (junho-outubro) de 1997 houve uma precipitação de apenas 230 mm enquanto a média para os 7 anos anteriores era de 732 mm, apresentando 146 dias consecutivos de precipitação abaixo de 100 mm e 62 dias consecutivos com precipitação abaixo de 40 mm, e a mortalidade das árvores saltou de 1,12% (ano antes do El Niño) para 1,91% durante o El Niño.

3.1.8. Evento 2015-16 - Magnitude Muito forte

Medeiros e Oliveira (2021) constataram uma anomalia de precipitação em toda a região do NEB de -447,4 mm durante os meses de dezembro a maio. As maiores anomalias foram registradas no ano seguinte do estabelecimento do El Niño, com maiores registros de anomalias apresentadas nos meses de abril e maio (Figura 14c). Os impactos foram mais intensos no norte do NEB e na porção sul do NEB (Figura 14f), diferentemente dos demais eventos considerados muito fortes, onde os impactos se concentraram expressamente na região norte do NEB. Esta anomalia representou

redução de 34,0% no total de precipitação esperada para o período da estação chuvosa no norte do NEB. Em comparação com os demais eventos desta categoria, este foi o evento mais forte e mais duradouro, com duração de 19 trimestres tendo 6 trimestres com valores ONI acima de 2,0 °C e com pico de 2,69 °C. Do contrário dos demais eventos desta categoria, este se destacou não só pela sua duração e déficit hídrico, mas também pelas condições que influenciaram estes fatores. Medeiros e Oliveira (2021) concluíram que o ramo descendente associado às células de Walker e Hadley não foram suficientes para explicar o déficit de precipitação, portanto, além destes fatores, o estudo indicou a propagação das ondas de Rosby como também um fator contribuinte para subsidência sobre a região.

Figura 14 - Série temporal mensal de anomalias pluviométricas no Nordeste do Brasil durante os recentes e fortes eventos do El Niño a 1982/1983, b 1997/1998 e c 2015/2016; e o padrão espacial de anomalias pluviométricas (mm) durante a estação chuvosa (FMAM) do norte do Nordeste do Brasil (NNEB) em d 1983, e 1998 e f 2016. Toda metodologia e material utilizado é descrito por Medeiros e Oliveira (2021). Fonte: Medeiros e Oliveira (2021)



Gateau-Rey et al. (2018) em um estudo sobre a produção de cacau no estado da Bahia relacionado à seca de 2015-16 ocasionado em virtude do El Niño,

identificaram uma redução de precipitação de 53% quando comparada à média climatológica da região, provocando uma mortalidade de 15% das culturas do cacau e redução na produtividade do fruto que foi de 300 kg/ha para 200 kg/ha.

Marengo et al. (2018) associam a seca de 2015-16 com as secas ocorridas desde 2010 na região do NEB, mesmo sendo “interrompida” por um ano relativamente úmido (2010-11) associado ao evento de La Niña. Além do evento forte do El Niño, Marengo et al. (2018) associam o déficit hídrico ao deslocamento anormal da posição da ZCIT mais ao norte durante a estação chuvosa do NEB. Os autores relatam déficit hídrico em toda região do NEB entre outubro/2015 e setembro/2016, com maior déficit no semiárido nordestino, costa leste e costa norte do NEB.

A seca relacionada ao El Niño de 2015-16 em conjunto com temperaturas elevadas por tendência do aquecimento global, aumentaram a incidência de incêndios florestais em 36% quando comparados com os 12 anos anteriores, além de detectar incêndios além da zona de transição agrícola (Aragão et al., 2018; Cai et al., 2020). Simultaneamente, este evento agravou os efeitos de uma seca de vários anos no NEB, que teve início em 2011-12, com uma estimativa de 33,4 milhões de pessoas afetadas e perdas econômicas da ordem de US\$26 bilhões (Cai et al., 2020).

3.2. La Niña

3.2.1. Evento 1973-74 - Magnitude Forte

O evento ocorrido 73-74 apresentou anomalias positivas em todos os trimestres analisados, em todas as sub-regiões conforme mostrado por Lucena et al. (2011). Com exceção da sub-região 3 (Figura 1), no trimestre de dezembro a fevereiro (DJF) que apresentou anomalia negativa ligeiramente abaixo da média climatológica do período de 1948 a 2000. Entretanto, no trimestre de março a maio (MAM) ocorreram máximos de anomalia positiva, com destaque para sub-região 1 (Figura 1) com aproximadamente 18 mm acima da média climatológica do período de 1948 a 2000.

De acordo com Kane (2001), em um estudo sobre Fortaleza/CE (região norte do NEB), as anomalias negativas de TSM sobre o pacífico associaram-se claramente com excesso de precipitação sobre essa região em todas as estações.

3.2.2. Evento 1975-76 - Magnitude Forte

Diferente do evento de 73-74, a La Niña de 75-76 apresentou predominantemente anomalias negativas, diferente do que se esperava. Apenas nos trimestres de setembro à novembro (SON) e dezembro à fevereiro (DJF), as sub-regiões 1 e 2 (Figura 1) apresentam anomalias positivas ou próximas da média climatológica do período de 1948 a 2000. Na sub-região 3 (Figura 1), apenas no trimestre de setembro à novembro (SON) essa anomalia aparece de forma positiva (Lucena et al., 2011).

Em desacordo com a classificação do NOAA, utilizando dados do trabalho de Quinn et al. (1987), Kane (2001) em um estudo sobre a cidade de Fortaleza/CE,, classifica o ano de 1976 como ano de El Niño moderado e não como La Niña. De acordo com o autor, o ano de 1976 apresentou anomalias positivas de TSM e causou déficit moderado de precipitação sobre a cidade, com exceção de DJF. Em contrapartida, já em acordo com o NOAA, Kane (2001) classificou o ano de 1975 como La Niña com anomalias negativas de TSM sobre o pacífico e com excesso de chuvas sobre a região do estudo em todas as estações. Os anos subsequentes (1977 e 1978), mesmo com condições de TSM normais, apresentaram o excesso ainda mais elevado na precipitação (inesperado) para a cidade de Fortaleza/CE.

Sobre a região Sul, Berlato e Fontana (2001) indicaram que o evento foi de intensidade relativamente fraca e que diferente do esperado apresentou-se com ocorrência de chuvas de dezembro a março acima da média climatológica (não especificada no estudo).

3.2.3. Evento 1988-89 - Magnitude Forte

De acordo com Lucena et al. (2011), predominantemente no evento de 88-89 o regime de precipitação apresentou anomalias positivas, com destaque para o trimestre de março a maio (MAM) nas duas primeiras sub-regiões (Figura 1) e os demais trimestres com valores próximos a média climatológica do período de 1948 a 2000. Em contrapartida, à sub-região 3 (Figura 1), mais ao sul do NEB, a precipitação apresentou-se de forma próxima à média climatológica do período de 1948 a 2000 ou até mesmo abaixo, em todos os trimestres. Silva e Marengo (2002) explica que o episódio foi considerado lento, uma vez que o resfriamento das águas superficiais demorou dois meses até que diminuísse 3,5 °C.

Em um estudo associando as condições de TSM do pacífico de 88-89, para os meses de maio à março (MAM) e o dipolo do atlântico tropical, Pezzi e Cavalcanti (2001) concluíram que o fator dominante sobre o regime de precipitação sobre o NEB durante o referido evento de La Niña foi o dipolo do atlântico, havendo anomalias positivas quando o evento é associado à fase fria, ou seja, o atlântico sul com anomalias de TSM positivas e o atlântico norte negativas, e o oposto ocorre na fase quente do dipolo do atlântico tropical.

Kane (2001), em um estudo sobre Fortaleza/CE (norte do NEB), demarcou o início das anomalias negativas de TSM em DJF de 1988 com duração até o final de 1989 e o evento apresentou excesso expressivo de precipitação sobre a região do estudo, com destaque para JJA de 1989, com maior volume pluviométrico.

Impactos durante o forte evento de La Niña de 1988-89 foi relatado por Dias e Marengo (2002) sobre a região sul do Brasil, como à estação chuvosa de setembro a dezembro de 1988 que apresentou seca em um dos meses e no restante houve chuva normal ou ligeiramente acima da média (não esperado). Berlato e Fontana (2001) concluíram que o evento foi intenso, entretanto, a estiagem só ocorreu nos meses de inverno, com precipitação acima da média climatológica (não especificada no estudo) nos meses de dezembro a março, na região sul.

3.2.4. Evento 1998-99 - Magnitude Forte

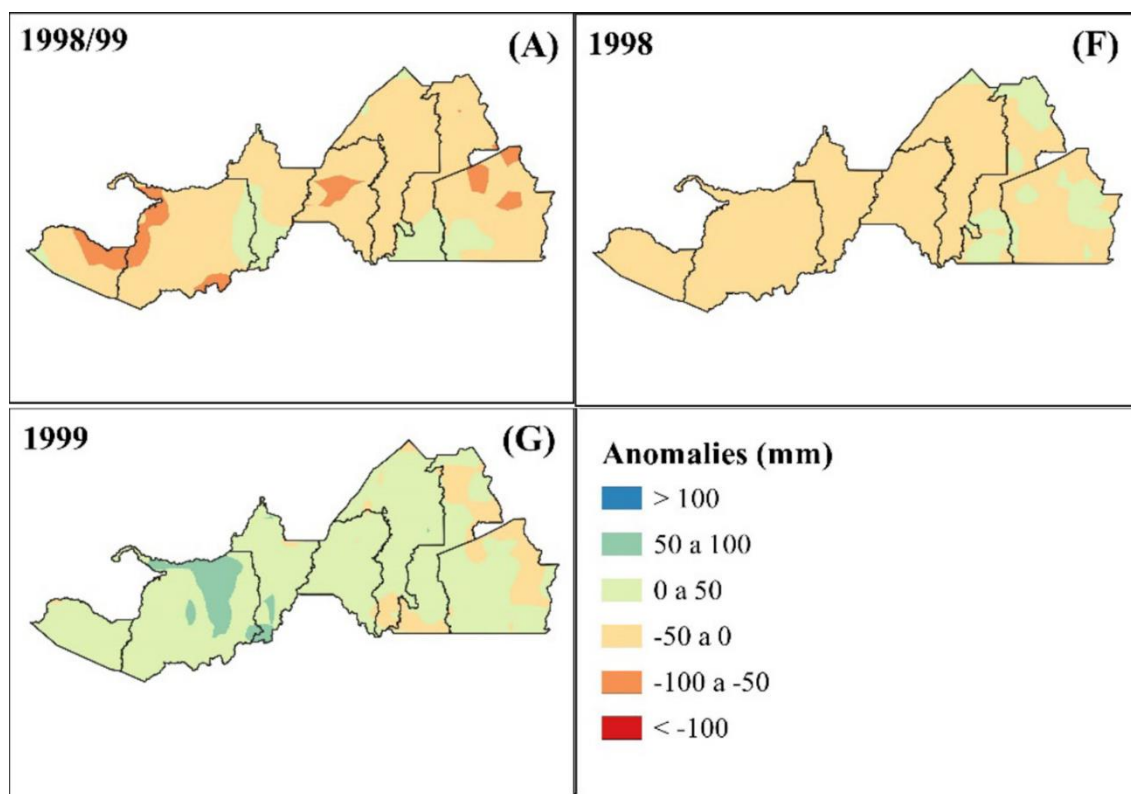
Similar ao ocorrido no episódio de 88-89, o episódio de 98-99 apresentou um resfriamento lento em magnitude, entretanto esse resfriamento ocorreu em apenas um mês, segundo Dias e Marengo (2002).

Para a cidade de São Bento do Una/PE, Medeiros et al. (2020) encontrou anomalias negativas de precipitação, tanto para o ano de 1998 quanto para 1999, com valores da ordem de -359 mm e -228,4 mm, respectivamente. Ambos os anos foram classificados como extremamente secos.

De acordo com Souza et al. (2022) em um estudo sobre a mesorregião sul do Amazonas durante a estação úmida as anomalias de precipitação chegaram até +50mm, entretanto na maior parte da região estudada houve anomalias negativas que variaram entre -50 mm e -100 mm. Já na estação seca, conforme explicado pelos autores, em 1998 ainda foram apresentadas anomalias negativas, com valores da ordem de até -50mm e com regiões apresentando desvios positivos de até +50 mm.

Em contrapartida na estação seca de 1999 quase toda a região do estudo apresentou desvio positivo de precipitação com valores variando até +100 mm. A Figura 15 (a, f e g) apresenta a distribuição espacial das anomalias de precipitação para a mesorregião sul do Amazonas para estação úmida (a) e estação seca (f e g).

Figura 15 - Anomalias na distribuição espacial da precipitação na mesorregião sul do Amazonas para La Niña de 1998-99. Fonte: adaptado de Souza et al., (2022)



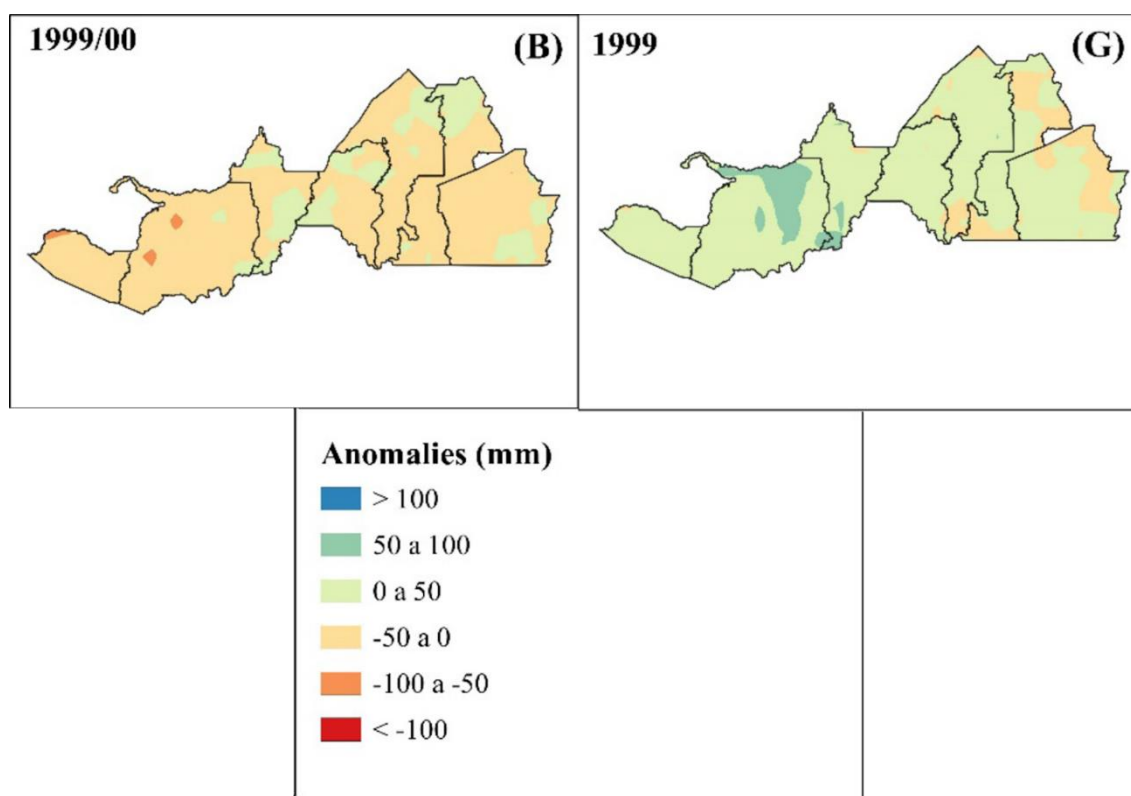
3.2.5. Evento 1999-00 - Magnitude Forte

Medeiros et al. (2020) em um estudo sobre a cidade de São Bento do Una/PE, no NEB, identificou que no ano de 2000 houve um aumento de precipitação da ordem de 28,55%, classificando o ano com extremamente chuvoso e precipitação de +174,5 mm quando comparada com a média climatológica.

Berlato e Fontana (2001) demonstraram que as secas são as principais fonte para perdas de grãos na região Sul e que à seca associada ao evento da La Niña de 1999/2000 acarretaram uma perda da ordem de 2,3 milhões de toneladas e uma perda econômica de US\$ 307,8 milhões.

Souza et al. (2022), em um estudo sobre a mesorregião sul do estado do Amazonas, diferentemente da NOAA, considera o evento como sendo moderado, porém com efeitos similares ao evento de 1998-99, com anomalias negativas menos expressivas do que o evento anterior. A Figura 16 (b e g) mostra a distribuição espacial de anomalias de precipitação para a área do estudo, onde podemos ver que o evento em si apresentou um homogeneidade de anomalias negativas durante a estação úmida (b), com poucas áreas apresentando anomalias positivas. Durante a estação seca de 1999 (g), as anomalias de precipitação foram predominantemente positivas, com valores chegando a ordem de +100 mm.

Figura 16 - Anomalias na distribuição espacial da precipitação na mesorregião sul do Amazonas para La Niña de 1999-00. Fonte: adaptado de Souza et al., (2022)

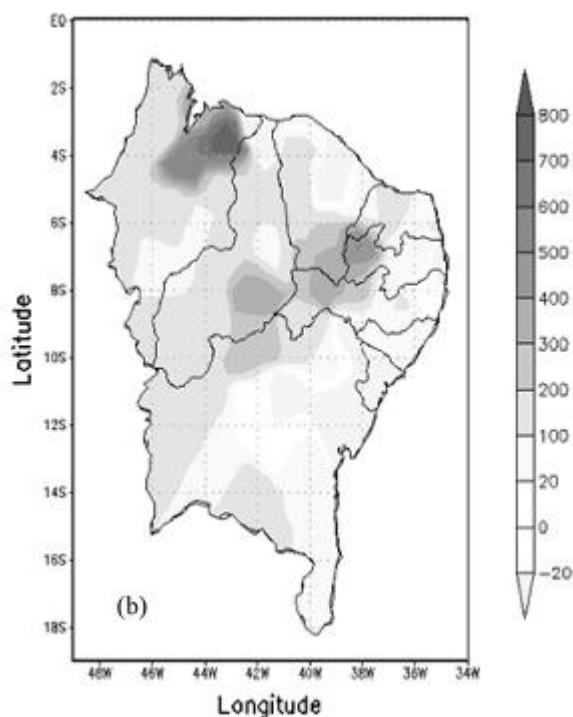


3.2.6. Evento 2007-08 - Magnitude Forte

O evento caracterizou anomalias positivas de precipitação, que de acordo com Freire et al. (2011), utilizando dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) para os meses de fevereiro a abril, variou entre +100 mm e +800 mm para

praticamente toda a região nordestina, com exceção do extremo norte no NEB, extremo norte do Ceará e leste da Bahia, conforme é observado na Figura 17.

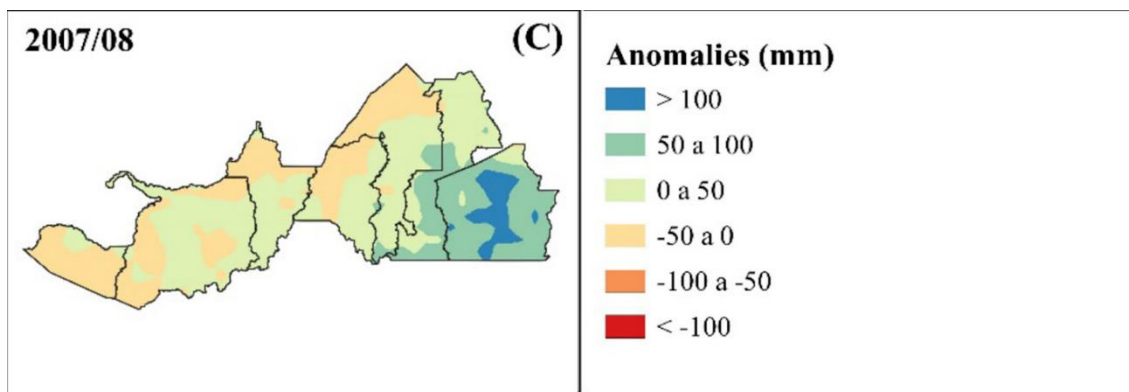
Figura 17 - Desvio do total da precipitação de fevereiro a abril de 2008. Fonte: Freire et al., (2011)



De acordo com Medeiros et al. (2020), em um estudo de caso para a cidade de São Bento do Una, interior do estado de Pernambuco, a precipitação durante o ano de 2008 apresentou-se acima da média climatológica em +166,1 mm, representando um aumento de 27,17% e classificando o ano como extremamente chuvoso.

Souza et al. (2022), em um estudo sobre a mesorregião sul do Amazonas, classificaram o evento como moderado, mas apresentaram maiores anomalias positivas diante dos demais eventos estudados, com desvios na ordem de +100 mm no sudeste da região estudada e sempre com anomalias positivas para toda a região. A Figura 18 (c) mostra a distribuição espacial das anomalias de precipitação para o evento de La Niña de 2007/08.

Figura 18 - Anomalias na distribuição espacial da precipitação na mesorregião sul do Amazonas para La Niña de 2007-08. Fonte: adaptado de Souza et al., (2022)

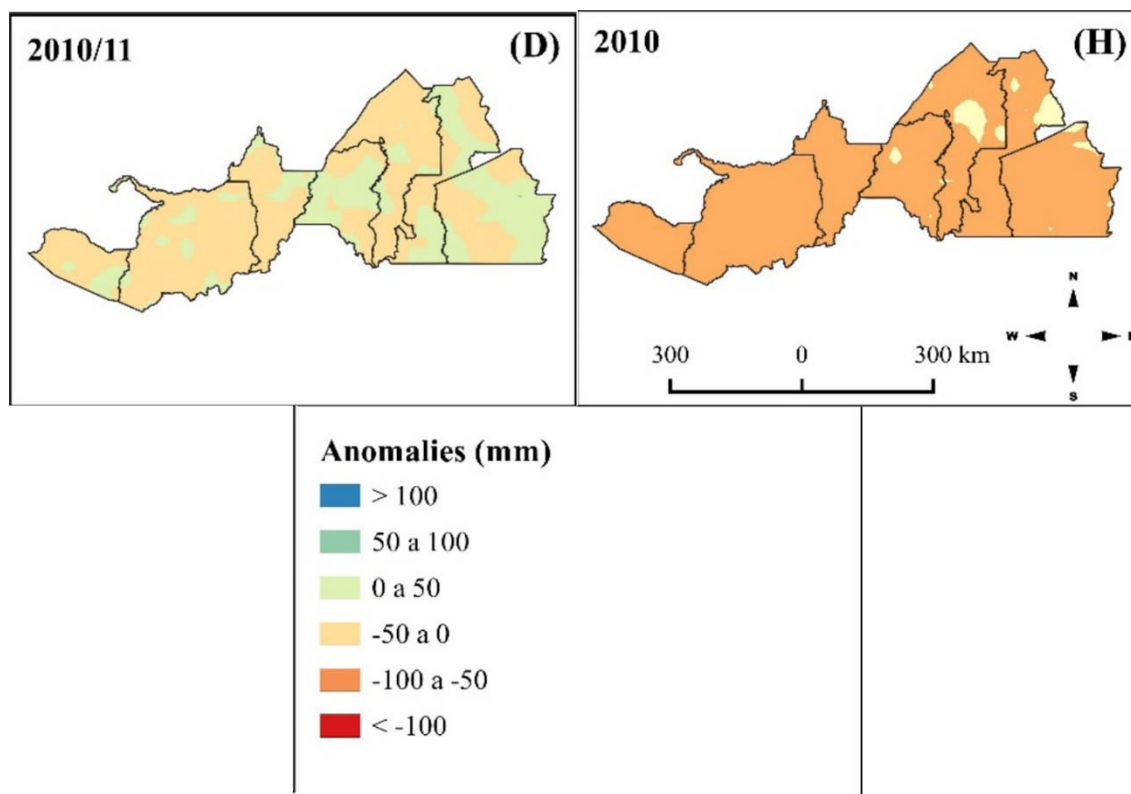


3.2.7. Evento 2010-11 - Magnitude Forte

O evento caracterizou anomalias positivas de precipitação para o ano de 2011, que de acordo com Medeiros et al., (2020) sobre a cidade de São Bento do Una/PE, foi apresentado uma anomalia de 73,3 mm, classificando o ano como extremamente chuvoso.

Souza et al. (2022) concluíram que o evento trouxe desvios moderados de precipitação, com valores da ordem de até +50 mm mais concentrados no leste da mesorregião sul do Amazonas, entretanto os desvios negativos de até -50 mm foram predominantes na maior parte da região. A Figura 19 (d) mostra o comportamento das anomalias para a região do estudo. O ano de 2010, classificado com seco no estudo, apresentou anomalias negativas de precipitação da ordem de 50 mm na maior parte da mesorregião (Figura 19, h).

Figura 19 - Anomalias na distribuição espacial da precipitação na mesorregião sul do Amazonas para La Niña de 2007-08. Fonte: adaptado de Souza et al., (2022).



4. CONCLUSÃO

Diante da avaliação feita nesta revisão, foi possível encontrar de forma mais abrangente os estudos que tratam os episódios em conjunto, assim como, é possível encontrar de forma mais volumosa os estudos que tratam da fase quente do ENOS (*El Niño*), devido a maioria dos episódios relacionarem-se com secas no NEB, causando maior impacto social e econômico para a região.

Em grande maioria, os estudos geralmente abordam sobre um conjunto de anos de ENSO relacionados ao regime de precipitação sobre o NEB e não sobre estudos individuais acerca de um determinado evento e seus impactos sobre a região. Como por exemplo, Kayano e Andreoli (2006) que relaciona eventos de ENSO desde 1912 até 1997 separando-os em *El Niño*, *La Niña* e anos normais secos e úmidos, com anomalias de precipitação sobre o NEB sem destacar os eventos de forma individual. Outro estudo avalia *La Niñas* de 1901 a 2010 consideradas secas e úmidas e seus impactos no regime de precipitação sobre a América do Sul (Andreoli *et al.* 2019).

Utilizando dados de 1700 estações meteorológicas de todo o globo, Ropelewski e Halpert (1987) descobriram que a precipitação sobre o NEB sofreu impactos negativos durante episódios de ENSO, onde foi destacado um déficit hídrico principalmente entre julho e março dos eventos ocorridos entre 1877 e 1982. Já em outro estudo sobre episódios quentes e frios da oscilação sul desde 1902 até 1991, Ropelewski e Halpert (1996), não identificaram mudanças no padrão de precipitação sobre o NEB, mas sim sobre a região norte do país, assim como do continente sul-americano, com aproximadamente 200 mm de redução quando comparados com a média climatológica do período estudado (1901 à 1992).

Moura *et al.* (1998) avaliaram também de forma conjunta o impacto de precipitação na costa leste do Nordeste em anos da fase quente do ENSO. Neste estudo, os autores avaliaram a precipitação durante os eventos compreendidos entre 1912 e 1985, e concluíram que ao longo do período estudo os eventos causaram, em sua grande maioria, chuvas abaixo da média, com exceção dos eventos ocorridos no início do século que causaram chuvas acima da média.

Outro exemplo é o trabalho de Sansigolo e Reis (2014), onde eles fizeram uma avaliação dos eventos ENSO (quentes e frios), ocorridos entre 1949/50 e 2000, relacionado com a precipitação sobre o nordeste e associados a TSM do Atlântico Norte e Sul, e concluíram que os eventos de *El Niño* causam maior impacto durante MAM com chuvas abaixo do normal do que os eventos de *La Niña* com chuvas acima do normal. As *La Niñas* causaram maior impacto na precipitação durante JJA (estação chuvosa da costa leste do NEB) e durante SON (início da estação chuvosa do sul da região).

Portanto, esta revisão sugere que estudos individuais e de forma a abranger também os eventos de *La Niña* sejam abordados na literatura, a fim de identificar o real impacto social, climático e econômico sobre a região do Nordeste do Brasil. Vale ressaltar que é importante que os estudos além de avaliar os impactos na precipitação sobre a região, avaliem a condição dinâmica atmosférica de cada evento a fim de identificar diferenças entre o comportamento e justificar o impacto de cada evento.

5. REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, Tércio; DE SOUZA, Everaldo B.; PULWARTY, Roger S. The Hadley and Walker regional circulations and associated ENSO impacts on South American seasonal rainfall. **The Hadley circulation: present, past and future**, p. 203-235, 2004.

ANDREOLI, Rita Valéria et al. Effects of two different La Niña types on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v. 39, n. 3, p. 1415-1428, 2019.

ARAGÃO, Luiz EOC et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. **Nature communications**, v. 9, n. 1, p. 536, 2018.

BERLATO, MOACIR A.; FONTANA, DENISE CYBIS. Impacts of El Niño and La Niña on agricultural production in southern Brazil and the use of climate forecasts in agriculture. **Applications of climate forecasting for better decision-making processes in agriculture. Passo Fundo, Embrapa Trigo**, p. 217-241, 2001.

BJERKNES, Jacob. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. **Tellus**, v. 18, n. 4, p. 820-829, 1966.

BJERKNES, Jacob. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. **Monthly weather review**, v. 97, n. 3, p. 163-172, 1969.

CAI, Wenju et al. Climate impacts of the El Niño–southern oscillation on South America. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, n. 4, p. 215-231, 2020.

CAVALCANTI, Iracema FA. Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. **Climanálise Especial**, 1996.

CAVALCANTI, I. F. A.; NOBRE, P.; TROSNIKOV, I. Simulação de verão e outono de 92/93 e 93/94 com o modelo de circulação geral da atmosfera do CPTEC/COLA. In: **VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Campos do Jordão (SP)**. 1996. p. 6-13.

CAVIEDES, César N. Secas and El Niño: two simultaneous climatological hazards in South America. **Proc Assoc Amer Geogr**, v. 5, p. 44-49, 1973.

Climanálise, 1992a. Número especial (01/92) adendo aos números de janeiro a junho de 1992.

Climanálise, 1992b. Número especial (06/92) adendo aos números de janeiro a junho de 1992.

CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática, vol. 8 (5). 1993.

DE MEDEIROS, Felipe Jeferson; DE OLIVEIRA, Cristiano Prestrelo. Dynamical aspects of the recent strong El Niño events and its climate impacts in Northeast Brazil. **Pure and Applied Geophysics**, v. 178, n. 6, p. 2315-2332, 2021.

DE MEDEIROS, Raimundo Mainar et al. Influência do El niño e La Niña na precipitação em São Bento do Una-Pernambuco, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e29791211074-e29791211074, 2020.

DE SOUZA, Sara Angélica Santos et al. Spatiotemporal variability of precipitation and surface temperature in the southern mesoregion of amazonas, Brazil, during the occurrence of ENSO. **Ciência e Natura**, v. 44, p. e48-e48, 2022.

DINIZ, Gilberto Barbosa; SALDANHA, R. L.; SANSIGOLO, Clóvis Angeli. Influência do evento El Niño no regime de precipitação de Pelotas, RS. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10.; CONGRESSO DA FLISMET**. 1998. p. 1998.

FREIRE, Julliana Larise Mendonça; LIMA, Jeane Rafaele Araújo; CAVALCANTI, Enilson Palmeira. Análise de aspectos meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em anos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 1, p. 429-444, 2011.

GATEAU-REY, Lauranne et al. Climate change could threaten cocoa production: Effects of 2015-16 El Niño-related drought on cocoa agroforests in Bahia, Brazil. **PloS one**, v. 13, n. 7, p. e0200454, 2018.

HUANG, Boyin et al. Extended reconstructed sea surface temperature, version 5 (ERSSTv5): upgrades, validations, and intercomparisons. **Journal of Climate**, v. 30, n. 20, p. 8179-8205, 2017.

KANE, Rajaram Prurushotam. Prediction of droughts in north-east Brazil: Role of ENSO and use of periodicities. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 17, n. 6, p. 655-665, 1997.

KANE, R. P. Some characteristics and precipitation effects of the El Niño of 1997–1998. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 61, n. 18, p. 1325-1346, 1999.

KANE, Rajaram P. Intercorrelações e relações com a ENSO da precipitação em Fortaleza em diferentes estações. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 19, p. 199-214, 2001.

KAYANO, Mary T.; ANDREOLI, Rita V. Relationships between rainfall anomalies over northeastern Brazil and the El Niño–Southern Oscillation. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 111, n. D13, 2006.

KILADIS, George N.; DIAZ, Henry F. An analysis of the 1877–78 ENSO episode and comparison with 1982–83. **Monthly Weather Review**, v. 114, n. 6, p. 1035-1047, 1986.

KOUSKY, Vernon E.; KAGANO, Mary T.; CAVALCANTI, Iracema FA. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus A**, v. 36, n. 5, p. 490-504, 1984.

KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação Sul-El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**, v. 36, n. 11, p. 1888-1899, 1984.

LUCENA, Daisy Beserra; GOMES FILHO, Manoel F.; SERVAIN, Jacques. Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, p. 297-312, 2011.

MARENGO, J. A. et al. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido**, 2011.

MARENGO, Jose A. et al. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in northeast Brazil. **Journal of climate**, v. 26, n. 22, p. 9137-9154, 2013.

MARENGO, José A. et al. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 1973-1985, 2017.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero; BERNARDO, S. de O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

MOURA, Geber Barbosa de A. et al. Estudo preliminar da variabilidade pluviométrica do setor leste do Nordeste do Brasil: parte I. In: **X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Brasília**. 1998.

NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B. **The climatology of droughts and drought prediction. The Impact of Climatic Variations on Agriculture, Assessments in Semi-Arid Regions, edited by: Parry, M., Carter. TR, and Konijn, NT, Kluwer Academic, 305–323, 1988.**

OLIVEIRA, G. S. Você-o fenômeno climático. **Livro-O El Niño e Você—o**, 2001.

PEEL, Murray C.; FINLAYSON, Brian L.; MCMAHON, Thomas A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and earth system sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 2007.

PEZZI, L. P.; CAVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17, n. 2-3, p. 205-212, 2001.

QUINN, William H.; NEAL, Victor T.; ANTUNEZ DE MAYOLO, Santiago E. El Niño occurrences over the past four and a half centuries. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 92, n. C13, p. 14449-14461, 1987.

RASMUSSEN, Eugene M.; WALLACE, John M. Meteorological aspects of the El Niño/southern oscillation. **Science**, v. 222, n. 4629, p. 1195-1202, 1983.

ROPELEWSKI, Chester F.; HALPERT, Michael S. Quantifying southern oscillation-precipitation relationships. **Journal of climate**, v. 9, n. 5, p. 1043-1059, 1996.

SANSIGOLO, Clóvis Angeli; REIS, Thiago Gomes. Probabilidades de Precipitações Sazonais no NE Do Brasil Associadas a Eventos Extremos de Enos. **XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2014.

SILVA DIAS, Pedro Leite da; MARENGO, José A. Águas atmosféricas. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**, 1999.

TACHINI, Mario et al. Associated Damage Assessment to Flooding in City Blumenau. In: **2015 Ninth International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems**. IEEE, 2015. p. 402-407.

WALKER, Gilbert T. Correlations in seasonal variations of weather. VIII, A further study of world weather. **Men. Indian Meteor. Dept.**, v. 24, p. 75-131, 1923.

WALKER, Gilbert T. Correlations in seasonal variations of weather. VIII, A further study of world weather. **Men. Indian Meteor. Dept.**, v. 24, p. 275-332, 1924.

Walker, G., T., and E. W. Bliss. World weather IV. Royal Meteorological Society, n.3, p. 81-95, 1929.

WALKER, G. T.; BLISS, E. W. **World weather V**. Memoirs of the royal meteorological society, v. 4, p. 53-84, 1932.

Walker, G., T., and E. W. Bliss. World weather VI. Royal Meteorological Society, v.4, n.39, p.119-139, 1937.

WANG, Bin. Interdecadal changes in El Nino onset in the last four decades. **Journal of Climate**, v. 8, n. 2, p. 267-285, 1995.

WILLIAMSON, G. Bruce et al. Amazonian tree mortality during the 1997 El Nino drought. **Conservation Biology**, v. 14, n. 5, p. 1538-1542, 2000.

YAMAZAKI, Y.; RAO, V. Brahmananda. Tropical cloudiness over the south Atlantic Ocean. **Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II**, v. 55, n. 2, p. 205-207, 1977.