

Os índices de anomalia de chuva e sua relação com o El Niño oscilação sul na bacia hidrográfica do rio Tapajós

The rain anomaly indexes and their relationship with the El Niño south oscillation in the Tapajós river hydrographic basin

El índice de anomalía de la lluvia y su relación con la oscilación del sur de El Niño en la cuenca hidrografica del río Tapajós

Recebido: 15/11/2022 | Revisado: 15/12/2022 | Aceitado: 21/12/2022 | Publicado: 24/12/2022

Luandra Caroline Veloso Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6935-2712>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: luandra.ferreira@tucurui.ufpa.br

Gabriela Rosa Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2839-9503>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: gabriela.batista@tucurui.ufpa.br

Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7238-6892>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: cecosta@ufpa.br

Sarah Brasil de Araújo de Miranda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8955-3362>

Escola de Ensino Técnico do Estado do Pará, Brasil

E-mail: sarahbrasildam@gmail.com

Gustavo Francesco de Moraes Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7681-2318>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

E-mail: gustavo.dias@ifpa.edu.br

Resumo

Como resultado da alteração do padrão de circulação atmosférica causada por fenômenos climáticos, em algumas áreas do Brasil ocorrem secas extremas, em outras, chuvas torrenciais. Tais aspectos permitem inferir a respeito das problemáticas socioambientais e econômicas resultantes destes fenômenos. Diante disto, este trabalho buscou analisar a relação dos eventos El Niño Oscilação Sul (ENOS) com índice de anomalias de chuva (IAC). As séries históricas de precipitação pluviométrica utilizadas foram da estação Santarém (1969 a 2019) e estação Nova Maringá (1984 a 2020), classificando os eventos ENOS dentro destes períodos, através do Índice de Oscilação do Niño (ION). Com isso, observou-se a partir da classificação do IAC, que os fenômenos fortes como extremamente seco e extremamente úmido, coincidiram com a classificação dos fenômenos ENOS de El Niño e La Niña para estação Santarém. Os fenômenos El Niño e La Niña pouco causa efeitos evidentes no Número de dias de chuvas para a estação Maringá. Através do estudo realizado para analisar as variações mensais e anuais das precipitações pluviais através do IAC, mostrou-se que estas ocorrem na maioria dos casos por influência do fenômeno ENOS mais intensos, fazendo chover mais ou menos naquela região. Comparando os resultados encontrados para o sul da bacia (Nova Maringá) e para o norte (Santarém), observa-se que a influência dos eventos ENOS é mais forte para a região norte da bacia Hidrográfica do Rio Tapajós (BHRT).

Palavras-chave: Precipitação pluviométrica; IAC; ENOS.

Abstract

As a result of the change in the pattern of atmospheric circulation caused by weather phenomena, in some areas of Brazil extreme droughts occur, in others, torrential rains. Such aspects make it possible to infer about the socio-environmental and economic problems resulting from these phenomena. In view of this, this work sought to analyze the relationship of El Niño Southern Oscillation (ENSO) events with rainfall anomaly index (IAC). The historical series of rainfall used were from the Santarém station (1969 to 2019) and Nova Maringá station (1984 to 2020), classifying the ENSO events within these periods, through the Niño Oscillation Index (ION). With this, it was observed from the IAC classification, that the strong phenomena as extremely dry and extremely humid, coincided with the classification of the ENSO phenomena of El Niño and La Niña for Santarém station. The El Niño and La Niña phenomena have little evident effect on the number of rainy days for the Maringá station. Through the study

conducted to analyze the monthly and annual variations of rainfall through the IAC, it was shown that these occur in most cases under the influence of the more intense ENSO phenomenon, causing rain in that region. Comparing the results found for the south of the basin (Nova Maringá) and for the north (Santarém), it is observed that the influence of ENSO events is stronger for the northern region of the Tapajós River Basin (BHRT).

Keywords: Rainfall; IAC; ENSO.

Resumen

Como resultado del cambio en el patrón de circulación atmosférica provocado por fenómenos meteorológicos, en algunas zonas de Brasil ocurren sequías extremas, en otras, lluvias torrenciales. Tales aspectos permiten inferir sobre los problemas socioambientales y económicos derivados de estos fenómenos. En vista de esto, este trabajo buscó analizar la relación de los eventos de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) con el índice de anomalía de lluvia (IAC). Las series históricas de lluvias utilizadas fueron de la estación Santarém (1969 a 2019) y la estación Nova Maringá (1984 a 2020), clasificando los eventos ENSO dentro de estos períodos, a través del Índice de Oscilación del Niño (ION). Con eso, se observó a partir de la clasificación del IAC, que los fenómenos fuertes como extremadamente seco y extremadamente húmedo, coincidieron con la clasificación de los fenómenos ENOS de El Niño y La Niña para la estación de Santarém. Los fenómenos de El Niño y La Niña tienen un efecto poco evidente en el número de días de lluvia para la estación de Maringá. A través del estudio realizado para analizar las variaciones mensuales y anuales de las precipitaciones a través del IAC, se demostró que estas ocurren en la mayoría de los casos bajo la influencia del fenómeno ENSO más intenso, provocando más o menos lluvias en esa región. Comparando los resultados encontrados para el sur de la cuenca (Nova Maringá) y para el norte (Santarém), se observa que la influencia de los eventos ENSO es más fuerte para la región norte de la cuenca del río Tapajós (BHRT).

Palabras clave: Lluvia; IAC; ENOS.

1. Introdução

Os processos naturais que ocorrem na camada da atmosfera terrestre, os chamados fenômenos atmosféricos, como El Niño e La Niña, conhecidos como o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) têm em comum o fato de originarem-se no Oceano Pacífico e trazerem consequências para o clima de todo o mundo, embora de formas diferentes. Quanto a sua formação, sabe-se que é resultante das interações anômalas entre ar e mar que ocorrem irregularmente no Oceano Pacífico Equatorial, pois ocorre o aquecimento das águas que, junto com os ventos alísios em baixos níveis, ocasiona um represamento das águas quentes no oeste do Oceano Pacífico (Zhang et al., 2021; Glantz, 2015; Andrade, 2011).

Em relação aos ventos, na presença do El Niño, esses ventos alísios são enfraquecidos, ou até mesmo, mudam de direção na superfície, as águas quentes permanecem em praticamente toda a extensão do Oceano Pacífico. (Johari et al., 2021; Oliveira et al., 2015; Silva 2015). Quanto ao fenômeno La Niña, este caracteriza-se pelo resfriamento superficial das águas do Oceano Pacífico Equatorial. A ocorrência do La Niña, decorre do fortalecimento das zonas de alta pressão subtropicais, localizadas aproximadamente em uma latitude de 30°. Por esse motivo, os ventos alísios, que nascem exatamente nessa localização, ganham maior intensidade. (Ataíde et al., 2022; Freire et al., 2011).

É possível considerar que a variabilidade climática é a variação “natural” das condições climáticas, incluindo os extremos, que por sua vez, fogem da habitualidade. Sendo assim, torna-se fundamental compreender os modos e fenômenos que influenciam no regime de precipitações tanto anuais como sazonais (Oliveira et al., 2021). Franco et al. (2019) esclarece que as mudanças climáticas devem produzir grandes impactos sobre os recursos hídricos, maiormente em países que ainda estadeiam reservas florestais, como é o caso do Brasil, que até então dispõe de uma rica biodiversidade distribuída ao longo da Floresta Amazônica e de seus biomas. A intensificação desses fenômenos climáticos na região amazônica pode contribuir para eventos extremos como enchentes, grandes secas, inundações e alterações nas estações do ano.

De acordo com Pinto et al., (2022), muitos índices de anomalia de chuva têm sido desenvolvidos e adaptados com o objetivo de quantificar os aspectos climatológicos de uma região. Dentre vários, o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), é um dos mais simples em relação a sua quantificação e é um dos mais utilizados. Estas informações são de grande relevância, pois são capazes de caracterizar a região de estudo e prevenir ao máximo os danos negativos, oriundos de fenômenos climáticos intensos e anômalos como sérios impactos socioeconômicos e ambientais (Lima et al., 2022).

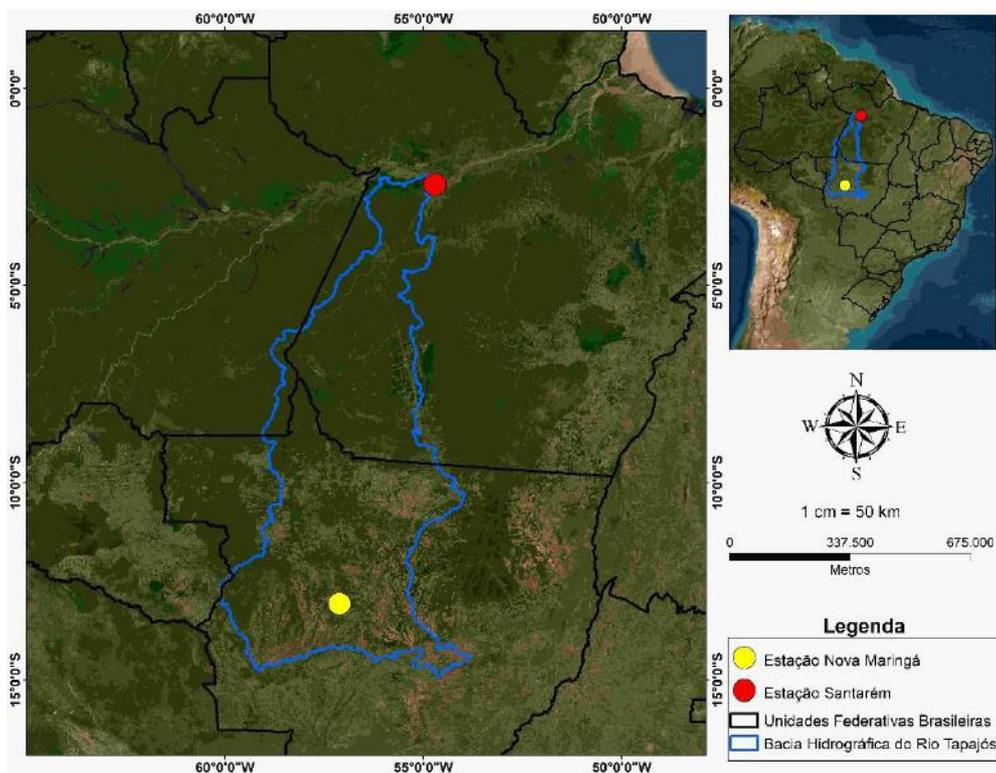
Entende-se então que é preciso conhecer e interpretar as escalas da variabilidade pluviométricas, em virtude da importância das alterações das mudanças climáticas, tendo em vista o aumento crescente dos eventos extremos de secas e umidade nesta região, e desta forma, monitorar estes períodos através do emprego de índices. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os índices de anomalias de chuva (IAC), usando a classificação de padrões climáticos de umidade, para apresentar as variações na precipitação pluvial em nível mensal e anual dos municípios estudados, associados ao fenômeno ENOS.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo foram as regiões norte e sul da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós (BHRT), apresentada pela Figura 1. A BHRT possui uma área de drenagem de 493.200 km² e está localizada nos estados do Pará, Mato Grosso e uma pequena parcela no estado do Amazonas. Os rios afluentes principais do Tapajós denominam-se Juruena e Teles Pires (ANA, 2009).

Figura 1 – Mapa de localização da estação Santarém (código: 254000) e Nova Maringá (código: 1357000).



Fonte: Autores (2022).

Foram analisados dados de precipitação pluviométrica correspondentes a série histórica de 43 anos da estação Santarém (código: 254000) do período de 1969 a 2019 e a série histórica de 32 anos da estação Nova Maringá (código: 1357000) do período de 1984 a 2020, provenientes do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) via HIDROWEB. Foi utilizado como critério de escolha a disponibilidade de séries históricas com maior quantidade de dados e uma maior variabilidade climática.

2.2 Índice de anomalia da chuva (IAC)

O IAC, desenvolvido por Van Rooy (1965) tem se revelado uma importante ferramenta de análise das precipitações pois só se utiliza dados de precipitação, é fácil de ser calculado e torna o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação.

Para classificar as magnitudes de anomalias de precipitação positivas e negativas de acordo com as Equações (1) e (2).

$$\text{IAC} = 3 \cdot \left(\frac{N-N1}{M-N1} \right), \text{ para anomalias positivas} \quad (1)$$

$$\text{IAC} = -3 \cdot \left(\frac{N-N1}{M-N1} \right), \text{ para anomalias negativas} \quad (2)$$

Em que N é a precipitação anual observada (mm); N1 é a precipitação média anual da série histórica (mm); M é a média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); X é a média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm). As anomalias positivas são valores acima da média e as negativas, abaixo da média, e sua classificação pode ser avaliados conforme a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Índice de anomalias de chuva (IAC).

Faixa do IAC	Classificação de intensidade
> 4	Extremamente úmido
2 a 4	Muito úmido
0 a 2	Úmido
0 a -2	Seco
-2 a -4	Muito seco
< -4	Extremamente seco

Fonte: Adaptado de Araújo et al., (2009).

Utilizou-se a metodologia acima para realizar o cálculo do IAC nos dados obtidos da estação Santarém e depois classificá-los de acordo com a Tabela 1.

2.3 Índices climáticos do El Niño oscilação sul (ENOS)

Para a verificação de ocorrência dos eventos ENOS coletou-se os dados do Índices Oceânico do Niño (ION). Estes dados são referentes aos anos de 1969 até 2020 em que foram coletados do *Climate Prediction Center* (CPC) (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>). O ION identifica as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico através de uma média móvel de três meses.

As anormalidades climáticas como eventos ENOS são decorrentes das variações de fluxos de calor e de vapor d'água da superfície do Oceano Pacífico Equatorial para a atmosfera (GRIMM; TEDESCHI, 2004). O El Niño é caracterizado quando o índice é $\geq 0,5^{\circ}\text{C}$ e a La Niña quando o índice for $\leq 0,5^{\circ}\text{C}$ por, no mínimo, cinco meses consecutivos (Costa & Blanco, 2018).

A classificação e estratificação dos eventos ENOS conforme a sua intensidade (baseada no ION) teve como base os critérios apresentados pelo Golden Gate Service (2012), apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação dos eventos ENOS de acordo com o ION

Classificação	El Niño	La Niña
Forte	$\geq 1,5$	$\leq -1,5$
Moderado	1 a 1,4	-1 a -1,4
Fraco	0,5 a 0,9	-0,5 a -0,9
Neutro	- 0,4 a 0,4	-

Fonte: Adaptado de Golden Gate Service (2012).

A Neutralidade Climática, também chamada de Anos Neutros apresentado na Tabela 2, representa os períodos em que não há ocorrência de nenhum fenômeno climático, ou seja, nestes anos não há influência de fenômenos como El Niño e La Niña.

2.4 Relação entre IAC e as ocorrências de ENOS

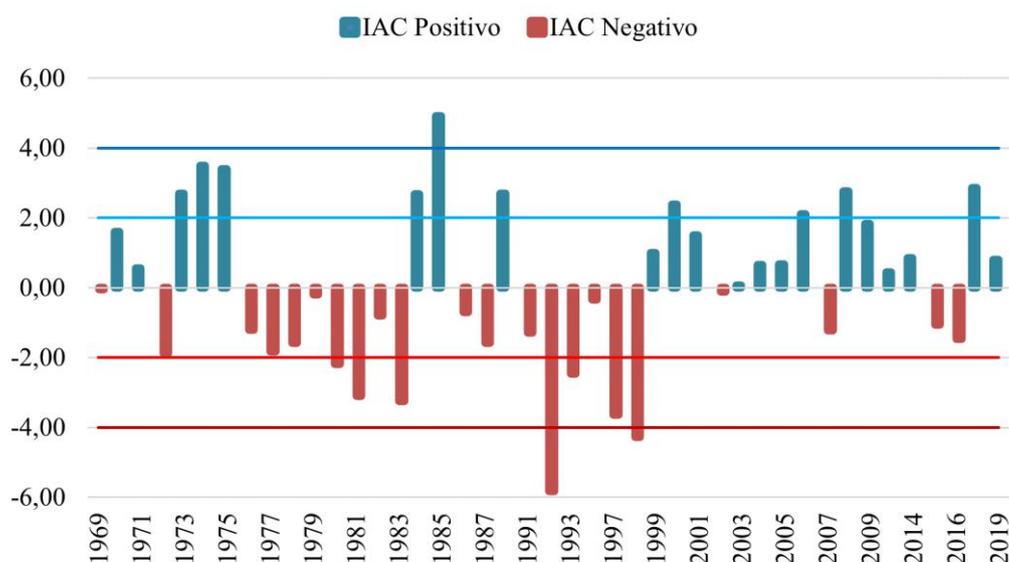
Para conseguir analisar a possível influência do ENOS sobre o regime pluviométrico, comparou-se seus anos de ocorrência e sua intensidade com os IAC calculados e suas classificações. Dessa forma, buscou-se um parâmetro científico para definir possíveis causas nas interferências climáticas na região.

3. Resultados e Discussão

3.1 Índice de anomalia da chuva estação Santarém

Os cálculos realizados para o IAC verificaram que a classificação dos índices indicou 21 anos positivos contra 22 anos negativos, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Gráfico de índices de Anomalias de Chuvas, correspondente ao período de 1969 a 2019 em Santarém, Pará.



Fonte: Autores (2022).

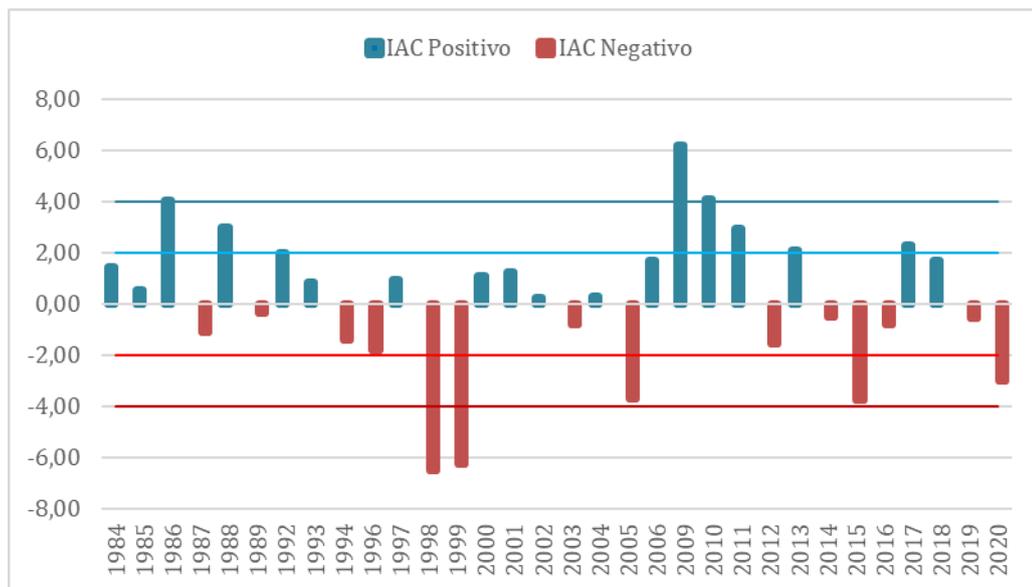
As médias percentuais dos índices dos 43 anos analisados da série histórica apresentaram que se teve mais anos secos 34,9% do que anos úmidos 25,6%, já para os anos muito úmidos foram 20,9 % contra 11,6 % de anos muito secos, os anos extremamente seco 4,7% e extremante úmido 2,3% foram que ocorreram com menos frequências entre esses anos. O ano que mais choveu foi 1985 ocorrendo o LN para esse mesmo ano e os anos que foram mais secos 1992 e 1998 onde teve forte influência de EN.

Rocha et al. (2019), destaca em Belterra-PA que os anos considerados anômalo onde ocorreram períodos de secas altas e extremas foram 1981, 1983, 1992 e 1998 respectivamente, onde tiveram forte influência do fenômeno EN, assim como os resultados obtidos apresentados na Figura 4, relacionados a classificação dos fenômenos ENOS para a série histórica de Santarém.

3.2 Índice de anomalia da chuva estação nova Maringá

Os cálculos realizados para o IAC verificaram que a classificação dos índices indicou 18 anos positivos contra 14 anos negativos, como apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Gráfico de índices de Anomalias de Chuvas, correspondente ao período de 1984 a 2020 em Nova Maringá, Mato Grosso.



Fonte: Autores (2022).

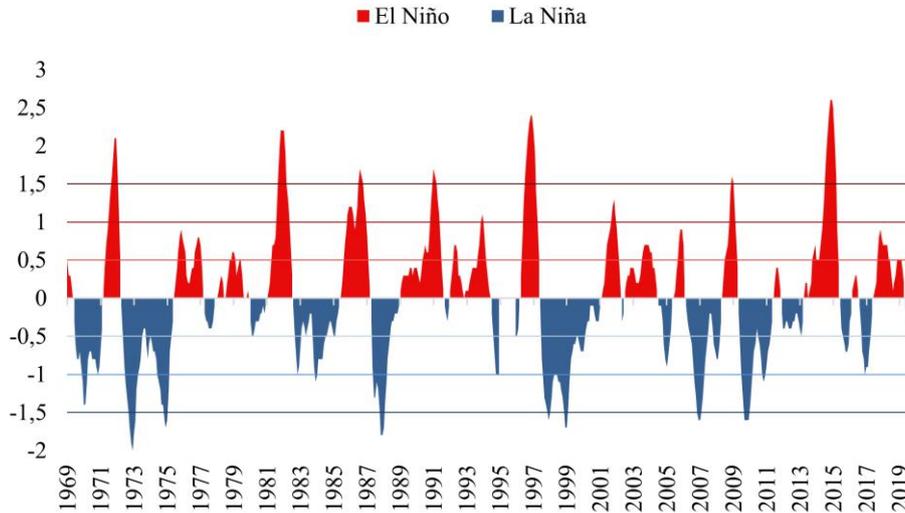
As médias percentuais dos índices dos 32 anos analisados da série histórica de Nova Maringá apresentaram que se teve mais anos úmidos 34,4% do que anos secos 28,1%, já para os anos muito úmidos foram 12,5 % contra 9,4 % de anos muito secos, os anos extremamente úmidos 9,4% tiveram a mesma porcentagem dos anos muitos secos e os anos extremante secos 6,3% foi que ocorreu com menos frequência entre esses anos. Sendo assim, pode observar que os anos de 1998 e 1999 foram os anos mais secos e os anos de 1986, 2009 e 2010 os anos que mais choveram.

De acordo com os resultados encontrados por Marcuzzo et al. (2011) relacionados ao Estado de Mato Grosso, em agosto de 1986 ocorreu a anomalia “extremamente úmido”, sendo uns dos anos que mais choveram, assim como os resultados apresentados na Figura 3 para Nova Maringá. Não se tem ou não se foi encontrado trabalhos para cidade de Nova Maringá ou para cidades vizinhas onde apresentam estudos relacionados aos dados de IAC.

3.3 Classificação dos eventos ENOS

Na Figura 4 verifica-se a série temporal estudada e as ocorrências do ENOS nesse espaço de tempo.

Figura 4 – Classificação e duração dos eventos ENOS no período de 1969 a 2020.



Fonte: Autores (2022).

Pode-se notar que, dos 52 anos avaliados, houve 48 com eventos (EN e/ou LN) e apenas 4 considerados neutros (1981, 1990, 1993 e 2013). Em treze de EN e doze de LN ocorreram eventos classificados como de intensidade forte. Os demais anos estão distribuídos nas classes de intensidade moderada (vinte e um de EN e vinte um de LN) e intensidade fraca (trinta e três de EN e vinte e nove de LN).

3.4 Comparação entre IAC e ENOS

Na Tabela 3 verifica-se a comparação entre o IAC e os eventos ENOS, observa-se na segunda coluna da tabela para a estação 254000 que após a aplicação do IAC apenas o ano de 1985 foi considerado como extremamente úmido e para esse mesmo ano ocorreu o efeito do La Niña fraco que já vinha acontecendo desde mês de outubro de 1984. Na terceira coluna para a estação 1357000 os anos de 2009 e 2010 foram considerados como extremamente úmido e para esses mesmos anos ocorreu o efeito La Niña fraco e forte. Considerando os anos que estão classificados na tabela como ocorrendo El Niño e La Niña no mesmo ano, significa que começou com um evento e terminou com o outro.

Tabela 3 – Relação IAC e o evento ENOS

Anos	Classificação 254000	Classificação 1357000	El Niño	La Niña
1969	Seco	—	Fraco	—
1970	Úmido	—	—	Fraco
1971	Úmido	—	—	Moderado
1972	Seco	—	Forte	—
1973	Muito úmido	—	Forte	Forte
1974	Muito úmido	—	—	Forte
1975	Muito úmido	—	—	Forte
1976	Seco	—	Fraco	Forte
1977	Seco	—	Fraco	—

1978	Seco	—	Fraco	—
1979	Seco	—	Fraco	—
1980	Muito seco	—	Fraco	—
1981	Muito seco	—	—	—
1982	Seco	—	Forte	—
1983	Muito seco	—	Forte	—
1984	Muito úmido	Úmido	Fraco	—
1985	Extremamente úmido	Úmido	—	Fraco
1986	Seco	Extremamente úmido	Moderado	—
1987	Seco	Seco	Forte	—
1988	Muito úmido	Muito úmido	—	Forte
1989	—	Seco	—	Forte
1991	Seco	—	Forte	—
1992	Extremamente seco	Úmido	Forte	—
1993	Muito seco	Úmido	—	—
1994	—	Seco	Moderado	—
1996	Seco	Seco	—	Fraco
1997	Muito seco	Úmido	Forte	—
1998	Extremamente seco	Extremamente seco	Forte	Fraco
1999	Úmido	Extremamente seco	—	Forte
2000	Muito úmido	Úmido	—	Forte
2001	Úmido	Úmido	—	Forte
2002	Seco	Úmido	Moderado	—
2003	Úmido	Seco	Fraco	—
2004	Úmido	Úmido	Fraco	—
2005	Úmido	Muito seco	Fraco	Fraco
2006	Muito úmido	Úmido	Fraco	Forte
2007	Seco	—	—	Forte
2008	Muito úmido	—	—	Fraco
2009	Úmido	Extremamente úmido	Forte	Fraco
2010	—	Extremamente úmido	Forte	Forte
2011	—	Muito úmido	—	Moderado
2012	—	Seco	—	Fraco
2013	Úmido	Muito úmido	—	—
2014	Úmido	Seco	Fraco	—
2015	Seco	Muito seco	Fraco	—
2016	Seco	Seco	Forte	Fraco
2017	—	Muito úmido	—	Fraco
2018	Muito úmido	Úmido	Forte	Fraco
2019	Úmido	Seco	Fraco	—
2020	—	Muito seco	—	Moderado

Fonte: Autores (2022).

Para a estação 254000 os anos classificados como “muito úmido” são os anos de 1973 (LN forte), 1974 (LN forte), 1975 (LN forte), 1988 (LN forte), 2000 (LN forte), 2006 (LN fraco), 2008 (LN forte), 2018 (LN fraco). Na estação 1357000 os anos classificados como “muito úmido” foram os anos de 1988 (LN forte), 2011 (LN moderado) e 2017 (LN fraco). Todos os anos considerados pelo IAC como “muito úmidos” tiveram uma boa correspondência com a componente negativa do fenômeno ENOS.

Na estação 254000 os anos classificados como “úmidos” que coincidiram com o evento LN foram os anos de 1970 (LN fraco), 1971 (LN moderado), 1999 (LN forte), 2001 (LN fraco) e 2005 (LN fraco) e para estação 1357000 os anos considerados como “úmidos” foram 2000 (LN forte), 2001 (LN forte), 2006 (LN forte) e 2018 (LN fraco). Já sob a perspectiva dos considerados “anos secos”, da série analisada (254000) mostrou-se o ano 1992 e 1998 como extremamente seco, coincidindo com EN forte. Para a estação 1357000 o ano de 1998 foi considerado como extremamente seco e para esse mesmo ano ocorreu o efeito de EN forte que vinha ocorrendo desde julho de 1997.

Os anos classificados como “muito seco” da estação 254000 são os anos de 1980 (EN fraco), 1983 (EN forte) e 1997 (EN forte), os anos considerados “muito seco” foram os de 2005 (EN fraco) e 2015 (EN fraco) na série histórica da estação 1357000. Os anos classificados como “secos” referentes a estação (254000) foram 1969 (EN fraco), 1972 (EN forte), 1976 (EN fraco), 1977 (EN fraco), 1978 (EN fraco), 1979 (EN fraco), 1982 (EN forte), 1986 (EN moderado), 1987 (EN forte), 1991 (EN forte), 2002 (EN moderado), 2015 (EN forte) e 2016 (EN forte). Anos classificados como “secos” da estação (1357000) foram 1987 (EN forte), 1994 (EN moderado), 2003 (EN fraco), 2014 (EN fraco), 2016 (EN forte) e 2019 (EN fraco).

Comparando os anos das estações que apresentaram precipitação fora dos limites com as ocorrências do fenômeno ENOS, observa-se os anos 1984, 1985, 1986, 1989, 1992, 1996, 1997, 1999, 2002, 2003, 2004, 2007, 2012, 2014, 2019 e 2020. Para os anos de 1981, 1993 e 2013 como mostra a tabela, não teve ocorrência de eventos ENOS, sendo assim classificados de anos normais. Os anos considerados anormais mostraram uma boa correlação com eventos EN e LN do fenômeno ENOS.

Relacionando os resultados encontrados para a estação 254000 com o de Rocha et al. (2019), foi possível verificar a relação das classificações dos anos de 1973 e 1985, em que apresentaram classificações como anos extremamente chuvosos indicando efeitos do fenômeno La Niña para o município de Belterra, coincidindo com os resultados encontrados para estação 254000.

Com isso, observou-se a partir da classificação do IAC, que os fenômenos fortes como extremamente seco e extremamente úmido, coincidiram com a classificação dos fenômenos ENOS de EN e LN.

De acordo com os estudos realizados por Oliveira et al. (2015), os fenômenos El Niño e La Niña pouco causa efeitos evidentes no Número de chuvas (NDC) para o estado de Mato Grosso. Comparando os resultados encontrados para o Sul da bacia (Nova Maringá) e para o norte (Santarém), observa-se que a influência dos eventos ENOS é mais forte para a região norte do que para região sul da bacia Hidrográfica do Rio Tapajós.

4. Conclusão

Através do estudo realizado para analisar as variações mensais e anuais das precipitações pluviais através do IAC, mostrou-se que essas variações ocorrem na maioria dos casos por influência do fenômeno ENOS, fazendo chover mais ou menos naquelas regiões. Com as análises realizadas observou-se também que a influência do fenômeno ENOS é maior para região norte do que para região sul da BHRT. O IAC mostrou-se ser uma boa ferramenta para análise de períodos secos e chuvosos, os anos de ocorrência de El Niño relacionados com o IAC apresentaram um bom grau de correlação, assim como os anos de ocorrência de La Niña. Os dados obtidos nesta pesquisa também irão auxiliar futuros estudos na área de prevenção de

eventos extremos (inundações, grandes secas etc.), gestão dos recursos hídricos e variações climáticas na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós.

Sugere-se a importância da realização de trabalhos futuros semelhantes ao mesmo, em outras regiões da bacia e que busquem confirmar se a influência do fenômeno ENOS realmente é maior para região norte do que para região sul da BHRT. Pois, destaca-se o fato de que não foram encontrados trabalhos com o mesmo objetivo para o sul da bacia. Trabalhos relacionados com fenômenos climáticos são de suma importância para prevenção de desastres ambientais.

Referências

- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, AN, (2009) www.ana.gov.br.
- Andrade, F. S. (2011). Variabilidade da precipitação pluviométrica de um município do estado do Pará. *Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, 8(4), 138-145.
- Ataíde, W. L. S., Oliveira, F. A., Braga, E. O., Amorim, M. B., da Silva Carneiro, F., das Chagas, G. F. B., ... & Maestri, M. P. (2022). Caracterização dos ventos sobre a Flona Caxiuanã em ano de ENOS. *Research, Society and Development*, 11(1), e47711122584-e47711122584.
- Araújo, L., Neto, J. M., & Sousa, F. (2009). Análise climática da bacia do rio Paraíba-índice de anomalia de chuva (IAC). *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, 6(3).
- Costa, C. E. A. D. S., & Blanco, C. J. C. (2018). Influência da variabilidade climática sobre a erosividade em Belém (PA). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33, 509-520.
- Franco, V. D. S., Souza, E. B. D., Costa, C. P. W. D., Ferreira, D. B. D. S., Oliveira, J. V. D., ... & Azevedo, F. T. M. D. (2019). Prognóstico sazonal da precipitação para o verão e outono austral da Amazônia oriental (Seasonal prognosis for the southern summer and autumn in the Eastern Amazon). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(1), 057-070.
- Freire, J. L. M., Lima, J. R. A., & Cavalcanti, E. P. (2011). Análise de aspectos meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em anos de El Niño e La Niña. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 3, 429-444.
- Glantz, M. H. (2015). Tons de caos: lições aprendidas sobre as lições aprendidas sobre a previsão do El Niño e seus impactos. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6 (1), 94-103.
- Golden Gate Weather Services. ENSO Years based on Oceanic Niño Index (ONI), (2012) <http://ggweather.com/enso/oni.htm>.
- Grimm, A. M., & Tedeschi, R. G. (2004). Influência de eventos El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil. In *Congresso Brasileiro de Meteorologia* (Vol. 13).
- Johari, A., Akhir, M. F., Satar, M. N., Zainol, Z., & Jingsong, G. (2021). Inter-annual Changes of Water Temperature in the Southern South China Sea's Continental Shelf: The Influence of Enso on Malaysian Waters. *Journal of Marine Science and Technology*, 29(4), 12.
- Lima, A. F. B., Moreira, J. G. V., Virgílio, L. R., Serrano, R. O. P., Nascimeto, L., & Ferreira, J. B. (2022). Aportes Teóricos sobre a Influência dos Fenômenos Atmosféricos na Precipitação do Estado do Acre e o Uso de Índice para Avaliação da Chuva. *Revista do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre*, 4(1).
- Marcuzzo, F. F. N., Melo, D. C. D. R., & Rocha, H. M. (2011). Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 16(4), 157-167.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), (2022) <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>.
- Oliveira, T., Tavares, C., & Ferreira, C. (2021). O Evento Extremo de Precipitação de 09/12/2016: Da Gênese aos Impactos do Evento no Perímetro Urbano de Juiz de Fora (MG). *Revista de Ciências Humanas*, 1(21).
- Oliveira, N. D. L., Marcuzzo, F. F. N., & Barros, R. G. (2015). Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas*, 37(4), 284-297.
- Pinto, C. A. D., Júnior, J. D. A. S., Cunha, A. C. D., Silva, J. F. B. R. D., D'Oliveira, F. A. F., ... & Filho, J. D. D. S. (2022). Índice de anomalia de chuva (IAC) e sua relação com os desastres naturais no leste da Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(5), 2544-2572.
- Rocha, S. L. C. S., Martorano, L. G., Peleja, J. R. P., & Santos, I. A. D. (2019). Potencial erosivo e anomalias pluviiais como estratégia conservacionista das terras cultivadas em Belterra no Pará. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 10(1), 211-222.
- Silva, D. A., Sander, C., Araújo Júnior, A. C. R., & Wankler, F. L. (2015). Análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista-RR nos anos de 1910 a 2014. *Revista Geográfica Acadêmica*, 9(2), 34-49.
- Van Rooy, M. P. (1965). A rainfall anomaly index independent of time and space, notes. *Journal Paper*, 14, 43-48.
- Zhang, X., Sprintall, J., & Zeng, L. (2021). What role does the barrier layer play during extreme El Niño events? *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 126(5), e2020JC017001.