

Análise de episódios El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a variabilidade interanual de chuvas em Rio Branco, Acre, intervalo 1971-2010

Jorge Washington de Sousa^{1*}, Ana Vanessa Cabral Andrade², Douglas Batista da Costa³

¹Docente da Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil. ²Discente da Universidade Federal do Acre, Curso de Engenharia Agrônômica, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil. ³Graduado da Universidade Federal do Acre, Curso Engenharia Florestal, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil.

*jorge.sousa@ufac.br

Recebido em: 30/07/2021

Aceito em: 15/11/2021

Publicado em: 30/12/2021

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) na precipitação do município de Rio Branco, Acre, baseando-se em dados de estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), intervalo 1971-2010. A aleatoriedade dos dados foi avaliada mediante o teste não-paramétrico de Run. Na análise sobre a influência do fenômeno ENOS nas precipitações anuais, utilizou-se o Índice de Anomalia de chuva (IAC), bem como as informações sobre a ocorrência dos episódios ENOS, disponíveis no site da *National Weather Service Climate Prediction Center* (NOAA). Os resultados evidenciaram uma considerável variabilidade interanual das precipitações, com média de 1.947 mm, e desvio padrão de 216 mm, predominando os anos secos-S (12 anos) e muito secos-MS (12 anos), em decorrência das anomalias negativas de precipitação (23 anos), as quais, estão em sua maioria associadas ao evento El Niño (11 anos), gerando volumes de chuvas abaixo da média climatológica.

Palavras-chave: Variabilidade climática. Dipolo do Atlântico. Amazônia Ocidental.

Analysis of El Niño Southern Oscillation (ENOS) episodes and interannual rainfall variability in Rio Branco, Acre, 1971-2010 interval

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of the El Niño Southern Oscillation (ENOS) phenomenon on rainfall in the municipality of Rio Branco, Acre, based on data from a conventional meteorological station from the National Institute of Meteorology (INMET), 1971-2010 interval. The randomness of the data was evaluated using the non-parametric Run test. In the analysis of the influence of the ENSO phenomenon on annual rainfall, the Rain Anomaly Index (IAC) was used, as well as information on the occurrence of ENSO episodes, available on the National Weather Service Climate Prediction Center (NOAA) website. The results showed a considerable interannual variability of rainfall, with an average of 1,947 mm, and standard deviation of 216 mm, predominantly dry years-S (12 years) and very dry-MS (12 years), due to negative rainfall anomalies (23 years), which are mostly associated with the El Niño event (11 years), generating rainfall volumes below the climatological average.

Keywords: Climatic variability. Atlantic dipole. Western Amazon.

INTRODUÇÃO

O regime pluviométrico na Bacia Amazônica é heterogêneo e apresenta variabilidade espacial e temporal, associada à influência de diferentes sistemas de mesoescala, escala sinótica e grande escala (MOLION, 1987; MOLION e DALLAROSA 1990; FISCH et al., 1998; ROCHA, 2001), cujos processos determinantes para a precipitação na região estão associados à convecção local na escala de tempo diurna, resultante do aquecimento da superfície e das condições de grande escala relacionadas à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e as linhas de instabilidade (LI), que interagem com os sistemas frontais advindos das regiões Sul e Sudeste do Brasil (OLIVEIRA, 1986; COHEN et al., 1995), além da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Alta da Bolívia (MOLION, 1987).

A ocorrência de eventos El Niño Oscilação Sul (ENOS) provoca variações na dinâmica atmosférica em escala global e regional, além de alterações nos padrões de transporte de umidade (CHECHI; SANCHES, 2013). O ENOS é formado por flutuações nos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios do oceano Pacífico equatorial, entre as suas porções leste, na costa do Peru e oeste, próximo à Austrália (KAYANO et al., 2016). O El Niño e a La Niña são partes do fenômeno ENOS, e referem-se às situações nas quais esse oceano está mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña) do que a média normal histórica (INPE, 2020). A caracterização do ENOS é realizada através do cálculo de índices, como o Índice de Oscilação Sul (IOS – calculado através da diferença de pressão entre duas regiões distintas: Taiti, -17° e 150° W e Darwin, -12° e 130° E) e os índices nomeados Niño (Niño 1+2; Niño 3; Niño 3.4 e Niño 4), que são as anomalias de TSM médias em diferentes regiões do Pacífico equatorial (CPC, 2020).

De acordo com Minuzzi (2010) a ocorrência do fenômeno ENOS pode ser considerada como um agente de anomalias climáticas em diversas regiões do globo, influenciando sobretudo, nas precipitações, e conseqüentemente, afetando diversos setores da sociedade e da economia. Estudos têm demonstrado a relação entre as atividades do El Niño e da La Niña no Oceano Pacífico tropical e as anomalias no clima, principalmente nas regiões Norte e Nordeste da Austrália, Sul da África, Índia, América do Sul e Central e Norte (ROPELEWSKI. HALPERT, 1987). No Brasil, os eventos de El Niño e La Niña afetam principalmente o clima das regiões Sul, no Norte do Nordeste e Norte/Leste da Amazônia (GRIMM et al., 1998).

Melo e Lima (2021) afirmam que o fenômeno El Niño apresenta uma relação de causa e efeito com as secas que ocorrem no semiárido nordestino, uma vez que nos anos de El Niño, observa-se uma diminuição na chuva da região. Por outro lado Kiladiz e Diaz, (1989) relatam que a região Norte sofre influência dos fenômenos El Niño e La Niña principalmente nos Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, alterando significativamente a precipitação pluvial da região.

Outro aspecto a se considerar conjuntamente com o ENOS é o dipolo do atlântico. Segundo o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020), o dipolo do Atlântico consiste na diferença entre a anomalia da TSM (Temperatura da Superfície do Mar) na Bacia do Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico Sul. De acordo com Kayano et al., (2016) o dipolo do Atlântico também está associado às mudanças nos valores de precipitação sobre a região Nordeste e Norte do Brasil.

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) desenvolvido por Rooy (1965) tem como principal característica o fato de necessitar apenas de dados de precipitação para ser gerado, e visa tornar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões, passíveis de comparação. Esse Índice (IAC) tem sido frequentemente utilizado para a caracterização da variabilidade espaço-temporal da precipitação (MARCUIZZO e GOULARTE, 2012; SANCHES et al., 2014; MELO; LIMA, 2021), bem como para avaliar a variabilidade das precipitações em decorrência do ENOS e da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos Oceanos Pacífico tropical e Atlântico tropical (MARCUIZZO et al., 2011; CHECHI; SANCHES, 2013; NORONHA et al., 2016; SILVA et al., 2020).

Este trabalho teve como objetivo analisar a influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) na variabilidade das precipitações do município de Rio Branco, Acre, intervalo 1971-2010, aplicando-se o Índice de Anomalia de Chuva e os demais parâmetros estatísticos pertinentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da região de estudo e obtenção dos dados

Segundo o IBGE (2019), o município de Rio Branco, capital do Estado do Acre, conta com uma área territorial de 8.834,94 km², que é ocupada por 407.319 habitantes, e encontra-se inserido na Mesorregião do Vale do Acre. De acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre (ACRE, 2010), na região leste do Estado,

concentra-se uma maior infraestrutura administrativa, serviços de saúde, bem como outros setores relevantes da economia regional.

Os dados de precipitação pluviométrica de Rio Branco, Acre, série 1971-2010, foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa-BDMET do INMET (2010). A estação meteorológica instalada no Campus da Universidade Federal do Acre, localiza-se na Rodovia BR 364, km 04, nas coordenadas geográficas: - 09° 57' 32" S, 67° 52' 06" W e 159 m de altitude, com observações realizadas no horário padrão mundial, às 12, 18 e 24 UTC. Segundo Wilhem Köppen, o clima de Rio Branco, Acre, classifica-se como Ami, forma intermediária entre Af e Aw, apresentando médias de temperaturas mensais maiores do que 18°C (megatérmico), e precipitações anuais em torno de 2.000, com um curto período seco.

Análise da homogeneidade dos dados

O teste de aleatoriedade verifica se as variações na série dos dados pluviométricos são consequências de causas naturais. A aleatoriedade dos dados de chuva, foi avaliada mediante o teste não-paramétrico de Run (THOM, 1966). A distribuição amostral do número de Runs, foi obtida pela média $E(u)$, de acordo com a equação 1:

$$E(u) = \frac{2(n_1)(n_2)}{(n_1)+(n_2)} + 1 \quad (1)$$

Em que, u é o número de Runs; n_1 e n_2 , são os símbolos do tipo 1 e 2, respectivamente. No cálculo da variância de u , $Var(u)$, foi utilizada a equação 2, a seguir:

$$Var(u) = \frac{2 n_1 n_2 (2 n_1 n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)} \quad (2)$$

Para a verificação da existência de nulidade da hipótese, que indica se há aleatoriedade na distribuição de dados, utilizou-se a estatística de Z , conforme a equação 3:

$$Z = \frac{u - E(u)}{\sqrt{Var(u)}} \quad (3)$$

A hipótese nula será confirmada, ao nível de significância de 5%, quando ocorrer $|Z| < 1,96$. Na análise da série de dados também foi utilizada a regressão linear e demais parâmetros estatísticos pertinentes à análise: média, mediana e desvio padrão.

Análise de anomalia de chuva

Na análise sobre a influência do fenômeno ENOS nas precipitações anuais da localidade, utilizou-se o Índice de Anomalia de chuva (IAC), proposto por Rooy (1965) e adaptado por Freitas (1998), onde as anomalias positivas e negativas são expressas pelas equações 4 e 5, respectivamente.

$$IAC = 3 * \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \quad (4)$$

$$IAC = -3 * \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad (5)$$

Em que, N , é a precipitação anual (mm); \bar{N} , é a precipitação média anual da série (mm), \bar{M} , é a média das 10 maiores precipitações anuais da série (mm), e \bar{X} , é média das 10 menores precipitações anuais da série, mm (ARAÚJO et al., 2009). Partindo-se dos valores calculados do IAC, o regime de chuva foi classificado de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da pluviosidade de acordo com os intervalos de classe do Índice de Anomalia de Chuva-IAC.

| | Intervalos de classe | Classificação da pluviosidade |
|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Índice de Anomalia de Chuva (IAC) | $IAC < -4$ | Extremamente seco-ES |
| | $-4 \leq IAC < -2$ | Muito seco-MS |
| | $-2 \leq IAC < 0$ | Seco-S |
| | 0 | Nem chuvoso nem seco-NCNS |
| | $0 < IAC \leq 2$ | Chuvoso-C |
| | $2 < IAC \leq 4$ | Muito Chuvoso-MC |
| | $IAC > 4$ | Extremamente Chuvoso-EC |

Fonte: Freitas (1998), adaptado por Araújo et al. (2009).

Eventos El Niño oscilação Sul (ENOS)

De acordo com o *National Weather Service Climate Prediction Center* (NOAA, 2010) os eventos de El Niño e La Niña foram identificados utilizando-se o Índice Oceânico Niño, que quantifica as anomalias na TSM do oceano Pacífico, obtendo-se uma média móvel de três meses consecutivos (Tabela 2).

Tabela 2 - Índice Oceânico Niño, e a classificação de anos de ocorrência de El Niño (fonte na cor vermelha), La Niña (fonte na cor azul) e anos neutros (fonte na cor preta), para o período de 1971 a 2010.

| Ano | DJF | JFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDJ |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1971 | -1,4 | -1,4 | -1,1 | -0,8 | -0,7 | -0,7 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,9 | -1,0 | -0,9 |
| 1972 | -0,7 | -0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,1 | 2,1 |
| 1973 | 1,8 | 1,2 | 0,5 | -0,1 | -0,5 | -0,9 | -1,1 | -1,3 | -1,5 | -1,7 | -1,9 | -2,0 |
| 1974 | -1,8 | -1,6 | -1,2 | -1,0 | -0,9 | -0,8 | -0,5 | -0,4 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -0,6 |
| 1975 | -0,5 | -0,6 | -0,7 | -0,7 | -0,8 | -1,0 | -1,1 | -1,2 | -1,4 | -1,4 | -1,6 | -1,7 |
| 1976 | -1,6 | -1,2 | -0,7 | -0,5 | -0,3 | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,8 |
| 1977 | 0,7 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,8 |
| 1978 | 0,7 | 0,4 | 0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,3 | -0,4 | -0,4 | -0,4 | -0,3 | -0,1 | 0,0 |
| 1979 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,6 |
| 1980 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,0 | -0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,0 |
| 1981 | -0,3 | -0,5 | -0,5 | -0,4 | -0,3 | -0,3 | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,1 | -0,2 | -0,1 |
| 1982 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 1,1 | 1,6 | 2,0 | 2,2 | 2,2 |
| 1983 | 2,2 | 1,9 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 0,7 | 0,3 | -0,1 | -0,5 | -0,8 | -1,0 | -0,9 |
| 1984 | -0,6 | -0,4 | -0,3 | -0,4 | -0,5 | -0,4 | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,6 | -0,9 | -1,1 |
| 1985 | -1,0 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,8 | -0,6 | -0,5 | -0,5 | -0,4 | -0,3 | -0,3 | -0,4 |
| 1986 | -0,5 | -0,5 | -0,3 | -0,2 | -0,1 | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 0,7 | 0,9 | 1,1 | 1,2 |
| 1987 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,3 | 1,1 |
| 1988 | 0,8 | 0,5 | 0,1 | -0,3 | -0,9 | -1,3 | -1,3 | -1,1 | -1,2 | -1,5 | -1,8 | -1,8 |
| 1989 | -1,7 | -1,4 | -1,1 | -0,8 | -0,6 | -0,4 | -0,3 | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,1 |
| 1990 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| 1991 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 1,5 |
| 1992 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 0,7 | 0,4 | 0,1 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,1 |
| 1993 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,1 |
| 1994 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 1,1 |
| 1995 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | -0,2 | -0,5 | -0,8 | -1,0 | -1,0 | -1,0 |
| 1996 | -0,9 | -0,8 | -0,6 | -0,4 | -0,3 | -0,3 | -0,3 | -0,3 | -0,4 | -0,4 | -0,4 | -0,5 |
| 1997 | -0,5 | -0,4 | -0,1 | 0,3 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 2,4 | 2,4 |
| 1998 | 2,2 | 1,9 | 1,4 | 1,0 | 0,5 | -0,1 | -0,8 | -1,1 | -1,3 | -1,4 | -1,5 | -1,6 |
| 1999 | -1,5 | -1,3 | -1,1 | -1,0 | -1,0 | -1,0 | -1,1 | -1,1 | -1,2 | -1,3 | -1,5 | -1,7 |
| 2000 | -1,7 | -1,4 | -1,1 | -0,8 | -0,7 | -0,6 | -0,6 | -0,5 | -0,5 | -0,6 | -0,7 | -0,7 |
| 2001 | -0,7 | -0,5 | -0,4 | -0,3 | -0,3 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,3 | -0,3 |
| 2002 | -0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,1 |
| 2003 | 0,9 | 0,6 | 0,4 | 0,0 | -0,3 | -0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 |
| 2004 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 2005 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,3 | -0,6 | -0,8 |
| 2006 | -0,9 | -0,8 | -0,6 | -0,4 | -0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 0,9 |
| 2007 | 0,7 | 0,2 | -0,1 | -0,3 | -0,4 | -0,5 | -0,6 | -0,8 | -1,1 | -1,3 | -1,5 | -1,6 |
| 2008 | -1,6 | -1,5 | -1,3 | -1,0 | -0,8 | -0,6 | -0,4 | -0,2 | -0,2 | -0,4 | -0,6 | -0,7 |
| 2009 | -0,8 | -0,8 | -0,6 | -0,3 | 0,0 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 1,4 | 1,6 |
| 2010 | 1,5 | 1,2 | 0,8 | 0,4 | -0,2 | -0,7 | -1,0 | -1,3 | -1,6 | -1,6 | -1,6 | -1,6 |

Fonte: NOAA (2010).

Para os valores obtidos maiores do que +0,5 °C, o período é considerado de El Niño, e quando for menor que -0,5 °C, caracteriza-se como La Niña, cujos critérios para classificação da intensidade estão apresentados na Tabela 3.

No que se refere à classificação da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), considerou-se a média entre três meses consecutivos e o seguinte critério: para dipolo positivo valores > 0,2, dipolo negativo < 0,2 e para dipolo neutro valores entre +/- 0,2, conforme propõe Alves et al., (2012).

Tabela 3 - Critérios para classificação da intensidade do fenômeno ENOS.

| Evento | Índice Oceânico Niño | Classificação da Intensidade |
|---------|----------------------|------------------------------|
| El Niño | 0,5 a 0,9 | Fraca |
| | 1,0 a 1,4 | Moderada |
| | $\geq 1,5$ | Forte |
| La Niña | -0,5 a -0,9 | Fraca |
| | -1,0 a -1,4 | Moderada |
| | $\geq -1,5$ | Forte |

Fonte: NOAA (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de Run com o valor de Z igual a - 0,42, indica a homogeneidade da série de precipitações dessa localidade, ao nível de 5% de probabilidade. Na análise de regressão das precipitações totais anuais, observa-se que há uma ligeira tendência no aumento da precipitação da série 1971-2010 (Tabela 4; Figura 1).

Tabela 4 - Precipitações totais, Índice de Anomalia de Chuva-IAC e Classificação de chuva, Rio Branco, Acre, intervalo 1971-2010.

| Ano | P (mm) | IAC (mm) | Classificação chuva | Ano | P (mm) | IAC (mm) | Classificação chuva |
|------|--------|----------|---------------------|------|--------|----------|---------------------|
| 1971 | 1.885 | -0,78 | S | 1991 | 1.730 | -2,70 | MS |
| 1972 | 1.633 | -3,90 | MS | 1992 | 1.880 | -0,84 | S |
| 1973 | 1.824 | -1,54 | S | 1993 | 2.012 | 0,66 | C |
| 1974 | 1.634 | -3,89 | MS | 1994 | 2.157 | 2,14 | MC |
| 1975 | 1.795 | -1,90 | S | 1995 | 1.688 | -3,22 | MS |
| 1976 | 1.774 | -2,16 | MS | 1996 | 1.903 | -0,56 | S |
| 1977 | 2.132 | 1,88 | S | 1997 | 2.180 | 2,38 | MC |
| 1978 | 2.100 | 1,56 | C | 1998 | 2.296 | 3,56 | MC |
| 1979 | 1.824 | -1,54 | S | 1999 | 2.182 | 2,40 | MC |
| 1980 | 1.849 | -1,23 | S | 2000 | 1.704 | -3,02 | MS |
| 1981 | 1.674 | -3,40 | MS | 2001 | 1.927 | -0,26 | S |
| 1982 | 2.219 | 2,77 | MC | 2002 | 1.910 | -0,47 | S |
| 1983 | 1.709 | -2,96 | MS | 2003 | 1.797 | -1,87 | S |
| 1984 | 2.052 | 1,06 | C | 2004 | 2.090 | 1,45 | C |
| 1985 | 2.110 | 1,66 | C | 2005 | 1.752 | -2,43 | MS |
| 1986 | 2.425 | 4,88 | EC | 2006 | 2.055 | 1,10 | C |
| 1987 | 1.785 | -2,02 | MS | 2007 | 1.766 | -2,26 | MS |
| 1988 | 2.356 | 4,18 | EC | 2008 | 1.841 | -1,33 | S |
| 1989 | 2.207 | 2,65 | MC | 2009 | 2.253 | 3,12 | MC |
| 1990 | 2.040 | 0,94 | C | 2010 | 1.766 | -2,26 | MS |

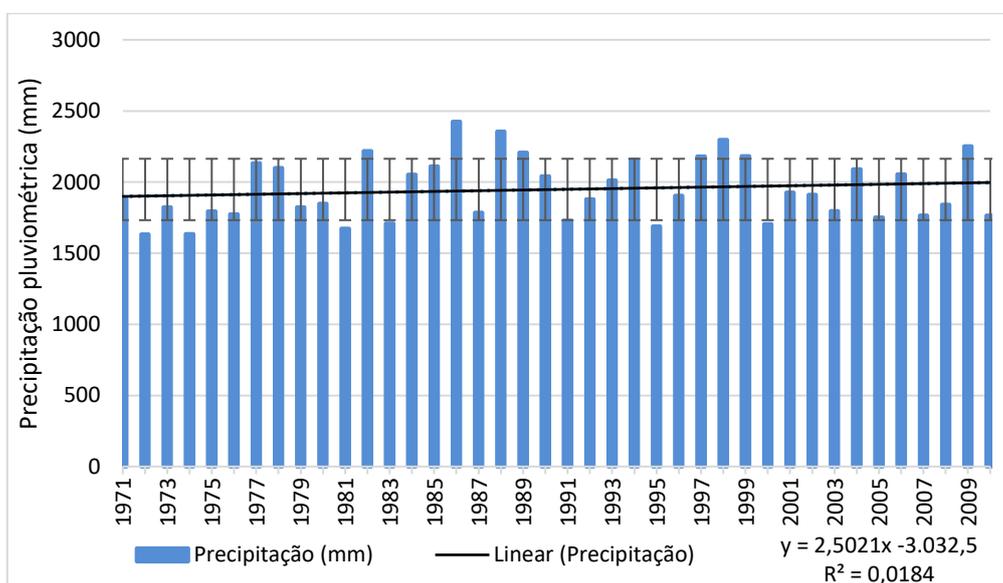
Fonte: Elaboração própria baseando-se em Freitas (1998), adaptado por Araújo et al. (2009); INMET (2010).

As precipitações anuais apresentaram uma média de 1.947 mm; desvio padrão de 216 mm, com o maior valor registrado em 1986, 2.425 mm, e o menor de em 1972, 1.633 mm, evidenciando uma considerável variabilidade interanual (Tabela 4; Figura 1). As classes de frequência de chuvas foram: 30% para anos secos-S (12 anos) e 30% muito secos-MS (12 anos), 17% com anos chuvosos-C (7 anos) e muito chuvosos-MC

(7 anos), e apenas 2 anos, classificados como extremamente chuvosos-EC (1986 e 1988).

Na análise da participação do fenômeno ENOS sobre as precipitações totais anuais da série 1971-2010, foi aplicado o IAC, onde verifica-se a variabilidade das chuvas, com anomalias negativas em 23 anos e positivas em 17 anos (Tabela 4; Tabela 5; Figura 2). No que se refere às anomalias positivas de chuva, observa-se que o menor valor foi observado foi de 0,66 em 1993, Chuvoso, sem a influência dos fenômenos analisados, ou seja, neutro, enquanto o maior IAC de 4,88 (Extremamente úmido), em 1986, sob a influência do índice El Niño moderado e dipolo negativo do Atlântico.

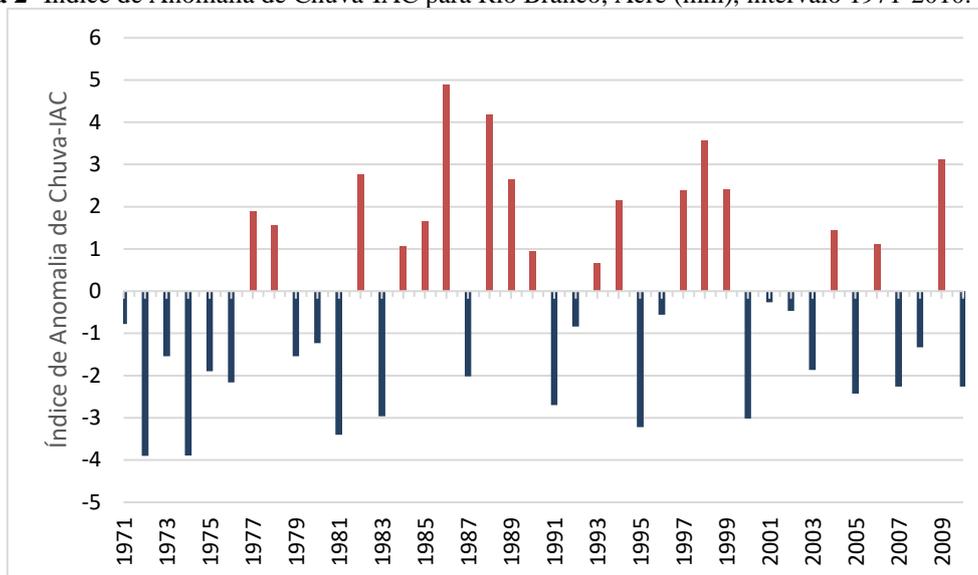
Figura 1 - Variação interanual da precipitação de Rio Branco, Acre (mm), intervalo 1971-2010.



Observa-se que em 1982, 1986, 1988, 1989, 1997, 1998, 1999 e 2009 as chuvas totais anuais situaram-se acima do limite superior do desvio padrão da série, proporcionando grandes volumes de precipitação, com os anos de 1982, 1986, 1997, 1998 e 2009 sob a influência da fase positiva (El Niño), e 1988, 1989 e 1999, sob a influência negativa de temperatura do Oceano Pacífico (La Niña) (Tabela 4; Tabela 5; Figura 1). Constata-se que nos anos com precipitações totais anuais acima do desvio padrão, foi observado o maior IAC em 1986 de 4,88, extremamente chuvoso-EC, sob a influência do episódio El Niño e dipolo negativo de outubro a dezembro e sob condição de neutralidade nos demais meses do ano, enquanto o menor do IAC, 2,4, ou seja, muito chuvoso-MC, foi registrado em 1999, sob a influência do índice La Niña durante todos os meses do ano (Tabela 4; Tabela 5; Figura 2). Segundo Kayano et al., (2016), durante

os eventos de La Niña 1998-2001, ocorreram altos índices pluviométricos sobre a Amazônia. Resultados semelhantes foram relatados por Sousa et al. (2015), para Conceição do Araguaia, Estado do Pará, com anomalias positivas associadas aos anos de ocorrência do fenômeno La Niña.

Figura 2 -Índice de Anomalia de Chuva-IAC para Rio Branco, Acre (mm), intervalo 1971-2010.



Nos anos de 1972, 1974, 1981, 1983, 1991, 1995 e 2000 as precipitações anuais totais foram abaixo do desvio padrão da série (Tabela 4; Tabela 5; Figura 1), com a ocorrência do fenômeno ENOS nos anos de 1972, 1983, 1991 e 1995 sob a influência da fase positiva, ou seja, o evento El Niño. No entanto, nos anos de 1974 e 2000, observa-se a ocorrência do ENOS tipo La Niña, sob a atuação do dipolo negativo em ambos. Por outro lado, em 1981, não foram registradas variações significativas na temperatura no Oceano Pacífico, sem a influência dos fenômenos analisados, ou seja, neutro. Segundo Ferreira e Mello (2005), em decorrência dos episódios El Niño, tem-se uma tendência a anos secos ou muito secos, principalmente quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico. Corroborando nesse sentido, Marengo (2007) relata que os eventos intensos de El Niño e o forte aquecimento das águas superficiais do Atlântico Tropical Norte, durante o verão no hemisfério Norte (junho a setembro), influenciaram e influenciarão nas maiores secas registradas na Amazônia.

Observa-se na série de dados de pluviometria, que em 25 anos, cerca de 63 % do período em análise, as precipitações situaram-se dentro do desvio padrão da série,

mesmo sobre a influência ou não do fenômeno ENOS, tanto em sua fase positiva como negativa, ou em anos neutros (Tabela 4; Figura 1).

Observa-se que para os anos com precipitações totais anuais abaixo do desvio padrão, o menor IAC foi observado em 1972, -3,9, muito seco-MS, sob a influência do El Niño forte e dipolo negativo, enquanto o maior valor negativo do IAC, foi registrado em 2001, -0,26, classificado como seco-S, sem a influência dos eventos analisados, ou seja, neutro. Alguns trabalhos relatam a relação entre a ocorrência de eventos de El Niño com os períodos secos no Nordeste brasileiro (ALENCAR et al., 2007; ALVES et al., 2015; RIBEIRO, 2016; MELO; LIMA, 2021).

Tabela 5 - Correlações entre o Índice de Anomalia de Chuva-IAC, El Niño Oscilação Sul (ENOS) e Dipolo do Atlântico (D), intervalo 1971-2010.

| IAC | ENf | D | ENM | D | ENF | D | N | D | LNf | D | LNM | D | LNF | D | |
|-------------|------|---|------|---|------|---|------|---|------|------|------|---|------|---|--|
| ES | | | | | | | | | | | | | | | |
| MS | 1976 | + | 1987 | N | 1972 | - | 1981 | + | | | 1974 | - | | | |
| | | | 1995 | - | 1983 | N | 2005 | + | | | 2000 | - | | | |
| | | | | | 1991 | - | | | | | 2007 | + | | | |
| | | | | | | | | | | | 2010 | + | | | |
| S | 1977 | - | | | 1992 | + | 2001 | N | | | 1973 | - | 1971 | - | |
| | | | 1979 | - | 1980 | + | | | | | 1975 | - | 1996 | - | |
| | | | | | 2002 | + | | | | | 2008 | - | | | |
| | | | | | 2003 | - | | | | | | | | | |
| NSNC | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 1978 | + | 2006 | N | 1990 | + | 1984 | - | 1985 | - | | | | | |
| | | | 2004 | + | | | 1993 | N | | | | | | | |
| MC | 2009 | - | 1994 | - | 1982 | + | | | | | 1989 | - | | | |
| | | | | | 1997 | + | | | | | 1999 | - | | | |
| | | | | | 1998 | N | | | | | | | | | |
| EC | | | 1986 | - | | | | | | 1988 | - | | | | |

Fonte: Elaboração própria baseando-se em Freitas (1998), adaptado por Araújo et al., (2009); INMET (2010); INPE (2020); NOAA (2010). Legenda: ENf = El Niño fraco, ENM = El Niño moderado, ENF = El Niño forte, LNf = La Niña fraca, LNM = La Niña moderada, LNF = La Niña forte; D=Dipolo do Atlântico negativo (-), positivo (+) e Neutro (N), ES=Extremamente seco, MS=Muito seco, S=Seco, NSNC=Nem seco nem chuvoso, C=Chuvoso, MC=Muito Chuvoso, EC=Extremamente Chuvoso.

Foram observados durante 23 anos valores de anomalias negativas de chuva, observando-se a preponderância de eventos do tipo El Niño em 11 anos (5 anos com dipolo negativo, 4 anos com dipolo positivo, e 2 anos, sem a ocorrência de dipolo), La Niña em 9 anos, e em três anos, sem o registro dos episódios analisados, ou seja, neutros. Nobre et al. (2007), relataram que as anomalias negativas de precipitação na Amazônia são associadas ao evento El Niño e ao aquecimento da temperatura superficial do Atlântico Tropical Norte. De forma semelhante Fisch (2007), afirma que nos anos de El Niño muito intensos, a precipitação na Amazônia fica abaixo dos anos

normais, devido à baixa ocorrência na formação de nuvens convectivas (Tabela 4; Tabela 5; Figura 2).

Por outro lado, os valores positivos do IAC ocorreram em 17 anos da série analisada, com 11 anos correspondentes a eventos El Niño, 4 anos correspondentes a episódios La Niña e em dois, sem o registro dos fenômenos analisados, ou seja, neutros (Tabela 4 e Figura 2). YOON e ZENG (2010) relatam que apenas um percentual da variabilidade da precipitação na Amazônia pode ser explicado pelo ENOS, e que esta relação é mais atuante somente durante o período chuvoso.

CONCLUSÃO

Evidencia-se uma considerável variabilidade interanual das precipitações em Rio Branco, Acre, com média de 1.947 mm, e desvio padrão de 216 mm, predominando os anos secos-S (12 anos) e muito secos-MS (12 anos), em decorrência das anomalias negativas de precipitação (23 anos), as quais, estão em sua maioria associadas ao evento El Niño (11 anos), gerando volumes de chuvas abaixo da média climatológica. Por outro lado, as anomalias positivas de precipitação foram observadas em 17 anos da série analisada, com cerca de 60% (10 anos), também associadas ao evento El Niño.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, por disponibilizar na rede mundial de computadores, a base de dados meteorológicos e ambientais coletados em estações automáticas e convencionais no Brasil.

REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II** (Escala 1:250.000): Documento Síntese. 2 ed. Rio Branco: SEMA. 356p. 2010.

ALENCAR, M. L. S.; BARBOSA, M.P.; SOUSA, R.F. Efeitos do El Niño de 1997/1998 na produção agropecuária na bacia do Rio Sucuru - Cariri Paraibano. **Caminhos de Geografia**, v. 24, n. 8, p. 15-21, 2007.

ALVES, M. F. A.; MEDEIROS, M. C.; MOURA, E. F.; LIMA, G. A.; CRISPIM, D. L. Análise do regime hídrico de Patos-PB por meio do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 42, 2015.

ARAÚJO, L. E.; NETO, J. M. M.; SOUSA, F. A. S. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista Ambiente & Água**, v. 4, n. 3, p. 93-110, 2009.

CHECHI, L.; SANCHES, F. O. O uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação do fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 6, p. 1586-1597, 2013.

CLIMATE PREDICTION CENTER. **Historical El Niño and La Niña**. Disponível em: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensostuff.html. Acesso em: 26 mai. 2020.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with amazona squall lines: a case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, p. 3163-3174, 1995.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FISCH, G.; MARENGO J. M.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta amazônica**, v. 28, p. 101-126, 1998.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte a Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. **Revista Tecnologia**, v. 1, p. 84-95, 1998.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. **Revista Journal of Climate**, v. 11, n. 11, p. 2863-2880, 1998.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events, **Journal of Climate**.v. 13, p. 35-58, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 2019. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 jul. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-INMET. 2010. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. s/d.. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 8 jun. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. 2020. **Monitoramento do El Niño durante ndj-2019/2020**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 04 mai. 2021.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Índice de Anomalia de Chuvas do Estado do Tocantins. **Geoambiente**, v. 19, n. 1, p. 57-71, 2012.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 4, p. 157-167, 2011.

MOLION, L. C. B. **On the dynamic climatology of the amazon basin and associated rain producing mechanisms. The geophisology of amazona vegetation and climate interactions**. John Wiley and Sons, New York. 1987.

MOLION, L. C. B.; DALLAROSA, R. L. G. Pluviometria da Amazônia. **Climanálise**, v. 5, p. 40-42, 1990.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Climate Prediction Center: Historical El Niño / La Niña episodes (1950-2016)**. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 22 jun. 2021.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; SOARES, D. B. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil, **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, p. 276-292, 2016.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do sul e a convecção da Amazônia.** 1986, 115 f. Tese. (Doutorado em Geografia) – Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V.; SOUZA, R. A. F.; GARCIA, S. R.; CALHEIROS, A. J. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. *Revista Climanalise*. Edição Comemorativa de 30 anos, novembro, 2016. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Kayanoetal.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2021.

KILADIS, G. N.; DIAS, H. F. Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. **Revista Journal of Climate**, v. 2, n. 9, p. 1069-1090, 1989.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade:** caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 2. ed. Brasília: MMA, v. 26, 2007, 212 p.

MELO, V. S.; LIMA, L. M. Caracterização da Chuva da Microrregião de Catolé do Rocha no Estado da Paraíba Baseada em Estatística Aplicada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 01, p. 97-106, 2021.

MINUZZI, R. B. Chuvas em Santa Catarina durante eventos do El Niño Oscilação Sul. **Geosul**, v. 25, n. 50, p. 107-127, 2010.

RIBEIRO, B. T.; AVANZI, J. C.; MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N. Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para região de Barbacena, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1297-1302, 2007.

ROCHA, E. J. P. **Balanco de umidade e influencia de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia.** 2001, 123 f. Tese ((Doutorado em Geografia) – Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

ROOY, M. P. V. A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos**, v. 14, p. 43-48. 1965.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Revista Monthly Weather Review**, v. 115, n. 8, p. 1606–1626, 1987.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Precipitation Patterns Associated with the High Index Phase of the Southern Oscillation. **Revista Journal of Climate**, v. 2, n. 3, p. 268–284, 1989.

SANCHES, F.O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 51, p. 73-84, 2014.

SILVA, F. F.; SANTOS, F. A.; SANTOS, J. M. Índice de anomalia de chuva (IAC) aplicado ao estudo das precipitações no município de Caridade, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 426-442, 2020.

SOUSA, A. M. L.; ROCHA, E. J. P.; VITORINO, M. I.; SOUZA, P. J. O. P.; BOTELHO, M. N. B. Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação na Amazônia Durante Eventos Enos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 01, p. 013-024, 2015.

THOM, H. C. S. **Some methods of climatological analysis.** Genève: World Meteorological Organization, 1966. 54 p.

YOON, J. H.; ZENG, N. An Atlantic influence on Amazon rainfall. **Climate Dynamics**, v. 34, p. 249-264, 2010.