

Variabilidade da precipitação na mesorregião sul do Amazonas em decorrência de eventos de El Niño

Variability of the precipitation in the southern Amazonas mesoregion due to El Niño events

Sara Angélica Santos de Souza*, Carlos Alexandre Santos Querino**, Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino**, Paulo André da Silva Martins***, Marcos André Braz Vaz**

*Planejar Assessoria, L. Cavalheiro – Eireli, Humaitá, AM, Brasil, e-mail: eng.amb.sara@gmail.com

**Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, e-mails: carlosquerino@ufam.edu.br, julianekayse@ufam.edu.br, marcosvaz@ufam.edu.br

***Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Programa de Pós-graduação em Geografia-PPGG, e-mail: martins_silvaandre@yahoo.com.br

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v54i0.73972>

Resumo

O sul do Amazonas encontra-se em um ciclo de atividade de exploração intensa que tem avançado rapidamente e, devido a isso, seu microclima tem sido modificado. Todavia, a ocorrência de eventos climáticos, tal como o fenômeno oceânico de grande escala El Niño – Oscilação do Sul (ENOS), influenciam no comportamento do clima e principalmente na dinâmica da precipitação. Este trabalho teve como objetivo analisar a influência do El Niño, nas intensidades moderada e forte, na precipitação da mesorregião Sul do Amazonas. O estudo foi realizado através de análise de dados de precipitação, em sete anos com episódios de El Niño, para os municípios de Apuí, Boca do Acre, Humaitá e Lábrea. Os dados de precipitação foram obtidos pelo sensor TRMM_3B42RT do satélite Tropical Rainfall Measurement Mission. Os totais sazonais médios (períodos seco e chuvoso) e anuais dos anos de ocorrência do fenômeno foram comparados com as normais climatológicas de cada município. O município mais afetado pelo evento foi Lábrea, com influência em aproximadamente 71% do total de anos estudados. O menos afetado foi o município de Apuí, com apenas 43% do total de anos afetados. Por fim, evidencia-se que as maiores anomalias de precipitação ocorrem em anos de El Niño forte e que o evento afeta principalmente a estação chuvosa da região amazônica.

Palavras-chave: Amazônia; Climatologia; Pluviometria; ENOS; Sazonalidade

Abstract

Southern Amazonas region has been passing by an intense exploitation, which has quickly advanced and, due to that, its microclimate has been modified. Nevertheless, the occurrence of climate events, such as the large-scale oceanic phenomenon El Niño – Southern Oscillation (ENSO), has influence on the climate pattern and mainly in the rainfall dynamics. The main aim of this paper was to analyze the influence of the El Niño events, with moderate and strong intensities, on the rainfall at the Southern Amazonas mesoregion. The research was conducted by analyzing rainfall data,

related to seven years with El Niño episodes, for the Apuí, Boca do Acre, Humaitá and Lábrea cities. The TRMM_3B42RT sensor, attached at the Tropical Rainfall Measurement Mission - TRMM satellite, has collected rainfall data. The seasonal totals (dry and wet periods) and annual averages for each year of El Niño episode, have been compared to the climate data of each city. Lábrea was the most affected city with 71% of El Niño episodes influence. The less affected city was Apuí, which was affected only in 43% of the cases. Hence, we highlight that the highest rainfall anomalies were observed in the years of strong El Niño and that the event affects mainly the wet season of the Amazon region.

Keywords: Amazon; Climatology; Pluviometry; ENSO; Seasonality

I. INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal brasileira corresponde a aproximadamente 61% do território brasileiro (5 217 423 km²) e compreende os estados do Pará, Amazonas, Rondônia, Roraima, Acre, Amapá e parte dos estados do Tocantins, Mato Grosso e Maranhão (IBGE, 2018). Dentre os estados inseridos nessa região, o Amazonas é o que possui os menores índices de desflorestamento. Todavia, a porção sul do Estado está inserida na área de maior concentração de desflorestamento, conhecida por Arco do Desmatamento (TAVARES e CORDEIRO, 2017).

Os desmatamentos na mesorregião sul do Amazonas têm por finalidade a conversão de floresta em pastagens e a queima de floresta para cultivo agrícola (INPE, 2018; PAVÃO et al., 2015; TAVARES e CORDEIRO, 2017; YANAI et al., 2011). Essas alterações trazem sérias consequências para o clima regional e global, pois altera o transporte de umidade para a atmosfera e, conseqüentemente, modificam o padrão da precipitação (PAVÃO et al., 2015).

A precipitação é um dos principais elementos climáticos na região tropical e, por isso, é responsável pela determinação do clima amazônico (SOUZA et al., 2015). A climatologia da precipitação na região amazônica é influenciada por sistemas meteorológicos como Alta da Bolívia, Linha de Instabilidade, Convecção Local e Friagens (FISCH et al., 2018). Além destes fenômenos climáticos de escala global, o El Niño - Oscilação Sul (ENOS) pode alterar o padrão de precipitação da região (NASCIMENTO JÚNIOR e SANT'ANNA NETO, 2015).

O ENOS é um fenômeno de interação oceano-atmosfera e caracteriza-se pelo aumento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Pacífico equatorial central e leste (MOLION, 2017). As anomalias positivas, ou seja, águas mais quentes, são denominadas de El Niño, e negativas, águas mais frias, La Niña (ANDREOLI e KAYANO, 2007; OLIVEIRA et al., 2015). O ENOS impacta as variáveis meteorológicas, o que possibilita observar mudanças e efeitos no clima de determinada região (MOURA et al., 2019).

Episódios de ENOS são responsáveis, por exemplo, por alterar a quantidade de precipitação pluviométrica exercendo papel essencial nas variabilidades climáticas regionais e globais (OLIVEIRA et al., 2008). Eventos de ENOS são responsáveis por seca e cheias em várias regiões tropicais ao redor do globo e provocam impactos na agricultura e, conseqüentemente, na economia, principalmente naquelas de países subdesenvolvidos (PETROVA et al., 2019). Ainda segundo os autores, os ENOS podem ser responsáveis por impactos à saúde humana, pois propiciam condições climáticas favoráveis ao aumento de vetores doenças, como por exemplo, a dengue. Outra forma de influenciar na saúde humana está relacionada com a variabilidade de materiais particulados na atmosfera de regiões poluídas como se verifica na China (JEONG et al., 2018).

Em regiões asiáticas, observa-se impacto tanto na temperatura quanto na precipitação, que normalmente aumentam no sudeste da China (YU et al., 2019). Anomalias no anticiclone sobre o Oeste do Pacífico são observadas quando há ocorrência de fenômenos de El Niño e, conseqüentemente, afetam as monções de inverno no Leste da Ásia (CHEN et al., 2013; KIM et al., 2017). Na América do Sul, estudos mostram que eventos de El Niño aumentam o volume de precipitação sobre o Sudeste e diminuem no Norte deste continente, além de favorecer chuvas acima do normal no norte da Argentina e do Uruguai (TEDESCHI et al., 2013; ANDREOLI et al., 2017).

No Brasil, em geral, atribuem-se as secas nas Regiões Norte e Nordeste e excesso de chuva nas Regiões Sul e Sudeste à ocorrência de El Niño, ao passo que ocorre o contrário em eventos de La Niña (MOLION, 2017). No entanto, estudos sobre os efeitos dos ENOS na porção Sul do Amazonas ainda são escassos. Desta maneira, esclarecer a potencialidade do impacto da ocorrência deste fenômeno em uma determinada região torna-se relevante para a sociedade que é diretamente afetada pelo excesso ou falta de precipitação.

Entender como de fato esses fenômenos afetam a mesorregião Sul do Amazonas, pode subsidiar o poder público nas tomadas de decisões para prevenções de catástrofes. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a influência do El Niño de intensidade moderada e forte, na precipitação da mesorregião sul do Amazonas.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na mesorregião Sul do Amazonas, nos municípios de Apuí (07° 11' S, 59° 53' W.Gr., 135m), Boca do Acre (08° 45' S, 67° 23' W.Gr., 116m), Humaitá (07° 30' S, 63° 01' W.Gr., 58m) e Lábrea (07° 15'

S, 64° 47' W.Gr., 75m) (Figura 1). Possuem área territorial de 54 245,15 km², 21 938,59 km², 68 262,69 km² e 33 111,16 km², respectivamente (IBGE, 2018).

De acordo com a Classificação de Thornthwaite, o clima de Apuí é B2rB'4a' (úmido, com pequena ou nenhuma deficiência hídrica, mesotérmico) e o de Boca do Acre é B3WA'a' (úmido, com moderada deficiência hídrica no inverno, megatérmico). O clima de Humaitá é B4WA'a' (úmido, com moderada deficiência hídrica no inverno, megatérmico) e, por fim, Lábrea possui clima B2WA'a' (úmido, com moderada deficiência hídrica no inverno, megatérmico) (MARTINS, 2019).

A mesorregião ainda possui seus períodos sazonais bem definidos, onde o período chuvoso ocorre entre outubro e abril e o período seco entre junho e agosto. Os demais meses são considerados período de transição entre os dois períodos (PEDREIRA JUNIOR et al., 2018).

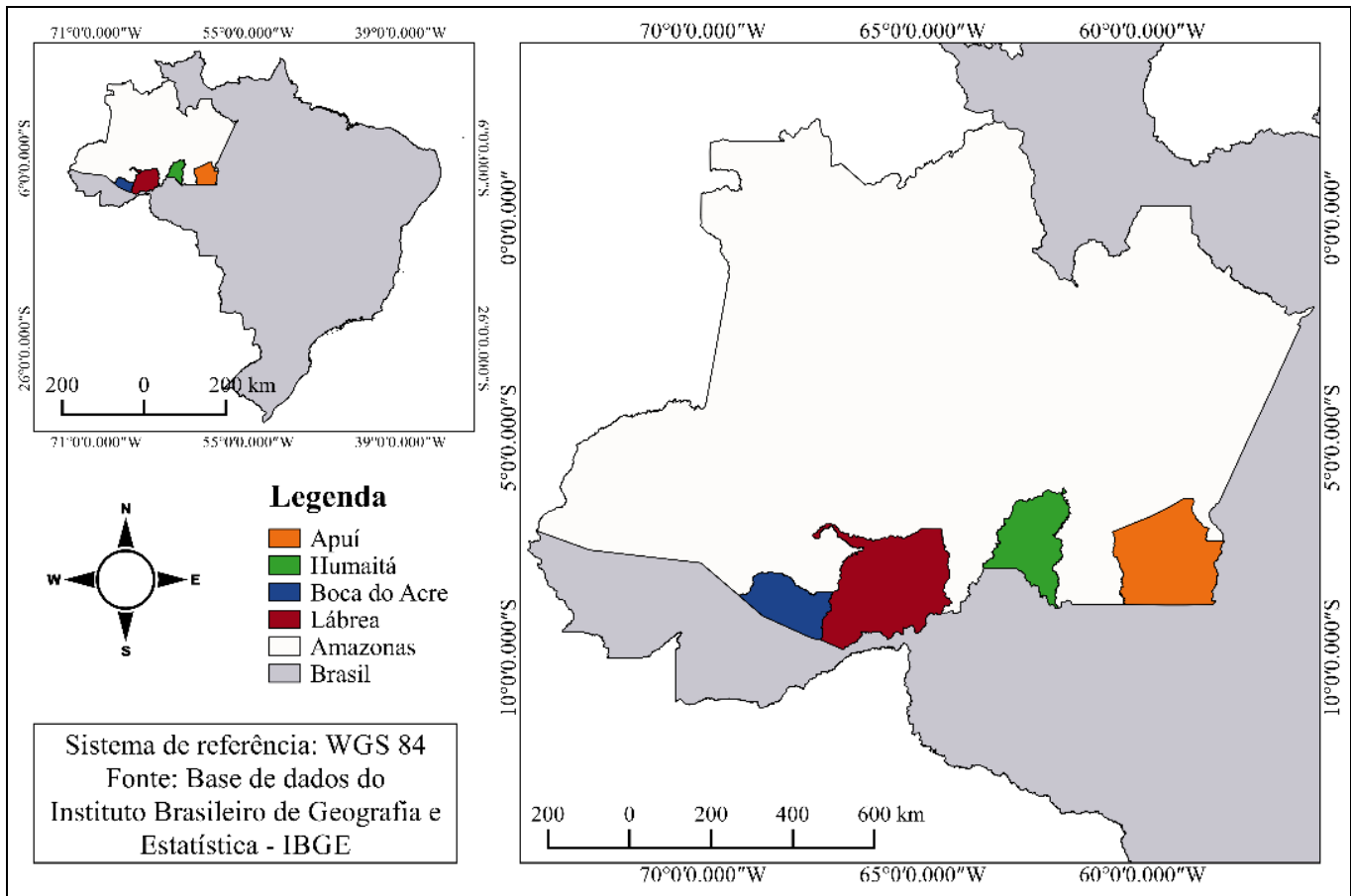


Figura 1. Localização dos municípios na mesorregião Sul do Estado do Amazonas, Brasil.

Coleta dos dados

Os dados de precipitação foram coletados no período de 1998 a 2017, pelo sensor TRMM_3B42RT e GPM_3IMERGDE, dos satélites TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) e GPM (*Global Precipitation Measurement*), que estão disponíveis no site da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>). De acordo com Santos et al., (2018) as estimativas de precipitação fornecidas pelos satélites podem ser usadas e refletem satisfatoriamente nos totais pluviométricos da área de estudo.

Os dados de ION (Índice Oceânico Niño), para os anos em que a ocorrência de El Niño foi moderada (anomalia da TSM variando entre 1,0 e 1,4 °C) e forte (anomalia a partir 1,5 °C), foram obtidos no site do Serviço Climatológico Nacional dos Estados Unidos (NOAA - *National Weather Service*) (www.nws.noaa.gov) (Tabela 1).

Tabela 1. Anos de ocorrência do fenômeno El Niño em intensidades moderada e forte.

Fenômeno	Intensidade	Anos
El Niño	Forte	1998, 2015-2016
	Moderada	2002-2003, 2009-2010

Fonte: OLIVEIRA et al. (2015, p. 288)

As normais climatológicas anuais da precipitação para os municípios de Humaitá e Lábrea foram obtidas no portal do INMET (INMET, 2009; 2010). As normais para os demais municípios foram encontradas através do cálculo da Normal Climatológica Provisória, a partir da média dos totais pluviométricos de dezenove anos de dados do satélite TRMM, no período de 1998 a 2017 (Tabela 2). Ressalta-se que essa normal é empregada quando o número de anos para os quais se dispõe de médias mensais para o cálculo da média climatológica é menor que 30 e igual ou maior que 10 anos (INMET, 2009).

Tabela 2. Normais climatológicas anuais para os municípios da mesorregião Sul do Amazonas.

Município	Normal Climatológica (mm)
Apuí	2449,6
Boca do Acre	2111,8
Humaitá	2193,7
Lábrea	2405,4

Fonte: Autor

Tratamento dos dados

Os dados foram tratados e analisados através dos totais pluviométricos sazonais (períodos seco e chuvoso) e anuais. Para efeito de referência, esses dados foram comparados com as normais climatológicas de cada município.

Intervalos de confiança foram estimados seguindo a equação $IC95\% = \mu \pm eo$, sendo μ a média calculada, eo a margem de erro dada por $eo = Z \cdot \sigma/n$, em que Z é o valor da distribuição normal padrão para 95% de confiança ($Z = 1,96$), σ o desvio padrão calculado e n o número de informações. Os IC95% foram plotados em gráficos e comparados com o valor da normal climatológica considerando os respectivos períodos sazonais (chuvoso e seco) por ano e por cidade estudada.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Apuí apresentou precipitação abaixo da média em 3 dos 7 anos estudados. Em 1998, 2003 e 2015, houve uma diminuição de 13,7%, 4,5% e 21,2%, respectivamente, em relação a normal climatológica pluviométrica (Tabela 3). Nos demais anos, percebeu-se que o total de precipitação foi acima da média (6,3%).

Em Boca do Acre, o total pluviométrico foi menor que o esperado em 3 dos 7 anos analisados, dos quais, coincide com Apuí em apenas 2. Durante os anos de 1998, 2015 e 2016, verificou-se uma queda na precipitação de 40,7%, 1,2% e 17,6%, respectivamente (Tabela 3). Nos demais anos, observou-se um incremento no total anual da precipitação, em média, de 12,7%.

Em Humaitá, 4 dos 7 anos analisados indicaram precipitações abaixo da média. Esses resultados foram observados nos anos de 1998 (37,3%), 2010 (7,7%), 2015 (28,8%) e 2016 (14,1%) (Tabela 4). Assim como em Apuí e Boca do Acre, nos demais anos foram observados chuvas acima da média anual (10,2%).

O município de Lábrea apresentou a maior quantidade de anos que tiveram chuvas abaixo da média, 5 dos 7 anos analisados. O total pluviométrico diminuiu nos anos de 1998 (13,3%), 2009 (12,7%), 2010 (21%), 2015 (23,1%) e 2016 (25,1%) (Tabela 4). Os anos de 2002 e 2003, juntos, foram responsáveis, em média, por um acréscimo na precipitação de 6,2%.

No ano de 1998, os municípios de Boca do Acre e Humaitá foram os mais prejudicados quanto ao regime de precipitação. A diminuição em média para cada um dos municípios foi de 39%. Os demais municípios do estudo também sofreram com esse evento, porém com um impacto menor (13,5%). Em 1998, o episódio de El

Niño ocasionou uma redução na precipitação e, conseqüentemente, um estresse hídrico no qual gerou secas severas no Norte e Nordeste do país (MOLION et al., 2006; ALVES et al., 2013). O El Niño de 1997/98 apresentou uma maior atuação espacial com anomalias negativas de precipitação, que atingiu 50% do território Amazonense (SOUZA et al., 2015). Ainda, segundo os mesmos autores, a maioria dos impactos na precipitação ocorreu no ano posterior ao início do evento, o que justifica os resultados aqui alcançados e apresentados para o referido ano hidrológico.

O segundo evento que mais afetou os municípios estudados ocorreu no período de 2015/2016. Neste período, o município que mais sofreu com a redução da precipitação foi Lábrea (24,1%), seguido pelo município de Humaitá (21,4%). Boca do Acre apresentou uma diminuição acentuada apenas no ano de 2016, com 17,6% a menos que a normal climatológica. Apuí, por sua vez, teve diminuição acentuada apenas em 2015, de 21,2% a menos que a normal. De acordo com Pereira et al. (2017), este El Niño teve início no verão austral de 2015 e se estendeu até o outono de 2016, de modo que os índices mais elevados foram registrados entre outubro de 2015 e fevereiro de 2016, período que coincide com a estação chuvosa na Amazônia. Em geral, os eventos de El Niño tendem a impactar muito mais na estação chuvosa da Região Amazônica do que na estação seca (MOURA et al., 2019).

As anomalias no ano de 2010 afetaram, principalmente, mais uma vez, a estação chuvosa amazonense. Os totais acumulados de precipitação ficaram abaixo da média histórica, e prolongaram-se neste comportamento até o fim do período seco, corroborando com Alves et al. (2013). Ainda, segundo os mesmos autores, este evento provocou redução da precipitação numa área de 3 milhões de quilômetros quadrados da Floresta Amazônica.

O regime de precipitação na Amazônia é modulado por sistemas dinâmicos de diferentes escalas, onde o que mais se destaca é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Durante os meses de verão (Inverno Amazônico), ocorre o desenvolvimento de um anticiclone que está associado com a forte convecção da Região Amazônica, denominado Alta da Bolívia (AB), de maneira que, em anos menos chuvosos da Região Amazônica, os centros da Alta da Bolívia (AB) são menos intensos (VIEIRA, 2013). Foi observado que, no El Niño de 1982/83, a atividade convectiva e precipitação na Amazônia diminuiu devido à desintensificação da AB (FISCH et al., 2018). O mesmo fator pode ter contribuído para as maiores reduções aqui encontradas.

Os municípios estudados também apresentaram anos em que a precipitação mostrou um padrão acima da normal climatológica. O período 2002/03 apresentou esse aumento em todos os municípios, exceto no

município de Apuí, onde mostrou aumento da precipitação apenas no ano de 2002. Neste período, a quantidade excessiva de precipitação atingiu principalmente o município de Humaitá, com 13,4% a mais que a normal climatológica. O ano de 2009 também coincidiu esse aumento em quase todos os municípios, exceto em Lábrea.

Contudo, não são todos os eventos de El Niño que alteram negativamente o volume pluviométrico da Região Amazônica. Moura et al. (2019) encontraram aumento da precipitação em 40% dos eventos de El Niño na região da Bacia Amazônica. Grandes secas, tais como 1982/83 e 1997/98, foram associadas à ocorrência de El Niño intensos, todavia, as ocorridas em 1964 e 1980 não estiveram associadas a este fenômeno (ALVES et al., 2013). Isto indica que apenas 40% da variabilidade da precipitação na Bacia Amazônica ocorre devido às anomalias de TSM no Pacífico Tropical. Os autores ainda sugerem o efeito de outras fontes, como o gradiente meridional SST no inter Atlântico tropical (que afeta principalmente as regiões norte e central da Amazônia), ou processos de superfície terrestre e grande frequência de transientes do Atlântico Sul (afetando o sul da Amazônia), para justificar a variabilidade interanual da precipitação na região.

Em estudo realizado no município de Humaitá, Souza et al. (2018) verificaram que nos anos estudados (1998, 2002, 2003, 2014, 2015, 2016 e 2017) apenas 71% dos casos de El Niño refletiram em anomalias negativas. Esses resultados se aproximam com os encontrados por Moura et al. (2019), onde verificaram que, de 10 eventos, seis foram responsáveis pela redução de precipitação na Bacia Amazônica. Em um outro estudo analisando as cheias e secas no Amazonas, Sales et al. (2010) afirmaram que, de 100% das cheias que ocorrem nos rios Negro e Solimões, 30% acontecem em anos com atividades de El Niño.

Tabela 3. Total pluviométrico anual, sazonal e diferença em relação a normal climatológica (NC) para os municípios Apuí e Boca do Acre nos períodos chuvoso (CVH) e seco.

Municípios	Anos	Período CVH (mm)	Período seco (mm)	Total (mm)	Diferença da NC (mm)
APUÍ	1998	1915,6	197,6	2113,2	-336,4
	2002	2236,7	279,6	2516,4	66,8
	2003	2044,8	296,9	2341,7	-107,9
	2009	2607,8	254,1	2861,9	412,3
	2010	2277,3	212,3	2489,6	40,0
	2015	1812,9	117,6	1930,6	-519,0
	2016	2279,9	263,9	2543,8	94,2
BOCA DO ACRE	1998	1145,6	107,3	1252,9	-858,9
	2002	2233,5	177,0	2410,5	298,7
	2003	1890,6	275,4	2166,0	54,2
	2009	2071,3	254,2	2325,5	213,7
	2010	2352,6	269,5	2622,2	510,4
	2015	1910,1	176,9	2087,0	-24,8
	2016	1599,7	141,2	1740,9	-370,9

Tabela 4. Total pluviométrico anual, sazonal e diferença em relação a normal climatológica (NC) para os municípios Humaitá e Lábrea nos períodos chuvoso (CVH) e seco.

Municípios	Anos	Período CVH (mm)	Período seco (mm)	Total (mm)	Diferença da NC (mm)
HUMAITÁ	1998	1270,0	104,4	1374,8	-818,9
	2002	2216,1	236,5	2452,6	258,9
	2003	2200,8	319,9	2520,7	327,0
	2009	2014,2	266,3	2280,4	86,7
	2010	1889,3	136,2	2025,5	-168,2
	2015	1460,1	102,7	1562,8	-630,9
	2016	1654,7	229,9	1884,6	-309,1
LÁBREA	1998	1969,1	117,2	2086,3	-319,1
	2002	2288,4	298,6	2587,0	181,6
	2003	2231,1	293,2	2524,3	118,9
	2009	2099,9	203,1	2099,9	-305,5
	2010	1767,4	132,6	1900,0	-505,4
	2015	1738,8	111,7	1850,5	-554,9
	2016	1614,3	186,8	1801,1	-604,3

Análises estatísticas

Os eventos de El Niño alteraram de forma significativa a precipitação dos municípios. A Figura 2 apresenta, por anos, os intervalos de confiança (95%) da precipitação (mm) nos municípios de Apuí (Figura 2A), Lábrea (Figura 2B), Boca do Acre (Figura 2C) e Humaitá (Figura 2D), em comparação às médias das normais climatológicas para os períodos chuvoso e seco. Os municípios de Lábrea e Humaitá apresentaram mais alterações significativas em relação à normal climatológica, enquanto os municípios de Apuí e Boca do Acre apresentaram menos alterações.

Ao comparar-se a quantidade de precipitação no período chuvoso e no período seco, nota-se que Apuí (Figura 2A), no período seco do ano de 2015, ficou significativamente abaixo da linha de média estimada para aquele período, devido a ação do evento forte que teve início neste ano. O município de Boca do Acre (Figura 2C) apresentou resultado semelhante no período chuvoso do ano de 1998, com registros abaixo da linha de média de precipitação para aquele município. Ressalta-se que, conforme já apresentado na tabela 3, este foi o ano mais afetado pelo evento, com o menor valor de precipitação do período estudado.

Em Humaitá (Figura 2D), o resultado foi semelhante ao do município de Boca do Acre (Figura 2C), apresentando um valor abaixo da linha de média de precipitação no ano de 1998, ano em que o evento foi mais severo neste município. O município de Lábrea (Figura 2B) apresentou a maior quantidade de períodos sazonais fora da linha de média, sendo estes o período seco do ano de 1998, o período chuvoso de 2010, os dois períodos de 2015 e o período chuvoso do ano de 2016, mostrando a maior ação do evento neste município.

Em estudo semelhante no estado do Mato Grosso, Sette e Tarifa (2002) verificaram que eventos fortes de El Niño, como o que ocorreu em 1998, provocam alterações em regiões como os climas tropical e equatorial, e que a principal alteração diz respeito à diminuição da precipitação, principalmente no período chuvoso, o que justifica a maioria das anomalias do período estudado terem ocorrido neste período.

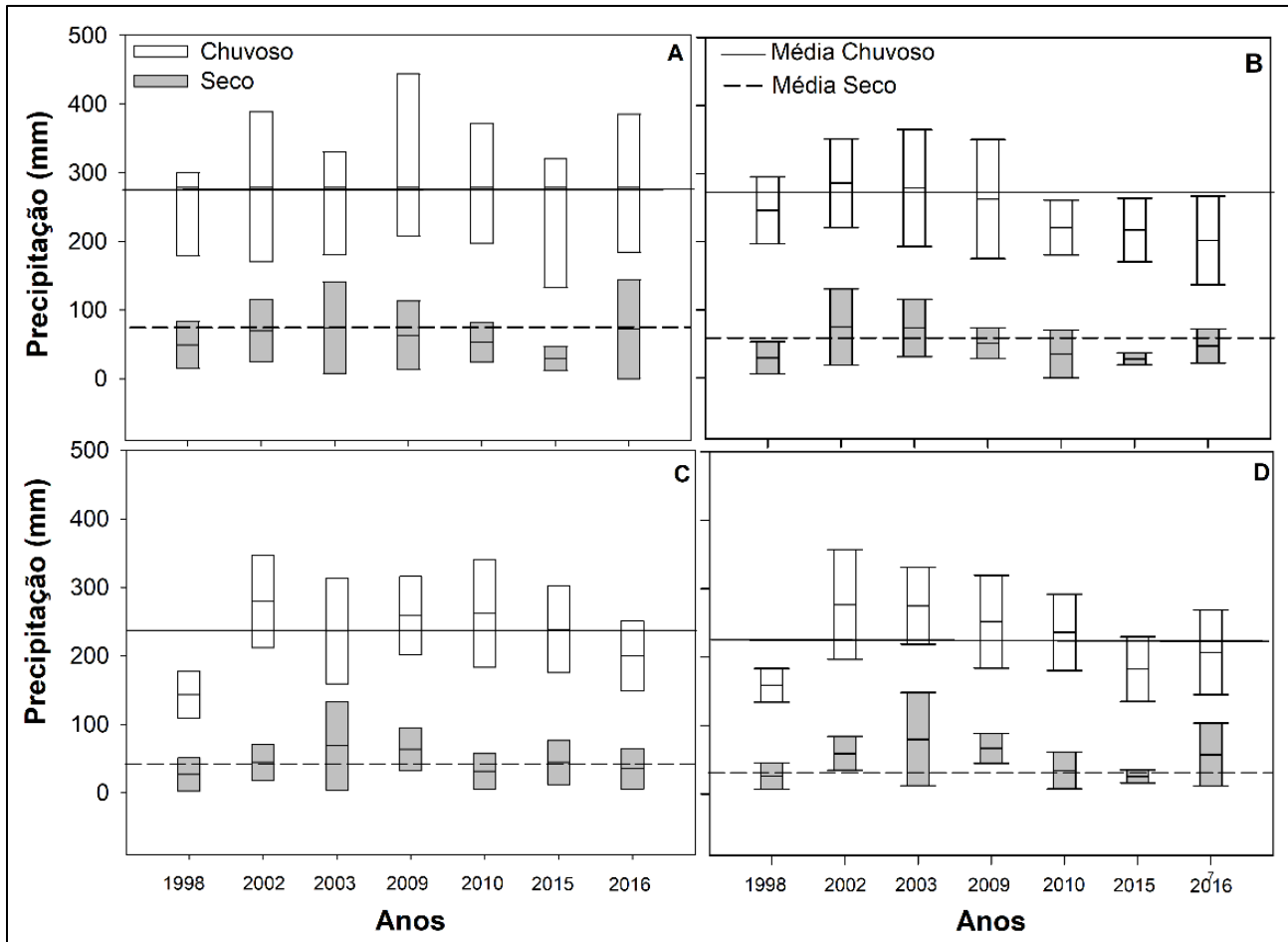


Figura 2. Intervalos de Confiança (95%) da precipitação (mm) nos períodos sazonais para os municípios de Apuí (A), Lábrea (B), Boca do Acre (C) e Humaitá (D)

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que o fenômeno El Niño apresenta influência sobre o total pluviométrico nos municípios do Sul do Amazonas, principalmente no período chuvoso. O mais impactado foi o município de Lábrea, com influência em aproximadamente 71% do total de anos estudados. Apuí foi o que se mostrou menos afetado, com apenas 43% do total de anos estudados.

Destaca-se que as maiores anomalias obtidas ocorreram em anos de El Niño forte (1998, 2015/16). Contudo, evidencia-se que mesmo em casos de El Niño de intensidade moderada, os municípios da mesorregião Sul do Amazonas sofrem impacto na precipitação.

Sugere-se que estudos futuros mais aprofundados sejam realizados, abrangendo um período maior de dados, bem como as outras intensidades do evento, propiciando um melhor conhecimento da relação deste fenômeno com a precipitação do Sul do Amazonas.

Agradecimentos

Ao programa de PIBIC da Universidade Federal do Amazonas, pela concessão de bolsa da primeira autora através do projeto PIB-E/0078/2018 – UFAM. Ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, pela disponibilidade dos dados. Os autores também são gratos a CAPES pela manutenção do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – PPGCA, do Instituto de Educação Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM.

V. REFERÊNCIAS

- ALVES, L. M.; MARENGO, J.A.; CAVALCANTI, I.F.A. Histórico de secas na Amazônia. In: BORMA, L. S.; NOBRE, C. A. (Org.). Secas na Amazônia. Ed. 1. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. cap. 1, p. 29 – 39.
- ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.1, p. 63-74, 2007.
- ANDREOLI, R. V.; OLIVEIRA, S. S.; KAYANO, M. T.; VIEGAS, J.; SOUZA, R. A. F.; CANDIDO, L.A. The influence of different El Niño types on the South American rainfall. *Internacional Journal of Climatology*, v. 37, p. 1374-1390, 2017.
- CHEN, W.; LAN, X. Q.; WANG, L.; MA, Y. The combined effects of the ENSO and the Arctic Oscillation on the winter climate anomalies in East Asia. *Chinese Science Bulletin*, v. 58, p. 1355–1362, 2013.
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>>. Acesso em: 18 out, 2018.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística Populacional – Geociências: ZEE Amazônia Legal. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15844-zee-amazonia-legal.html>>. Acesso em: 25 out, 2018.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília, DF. 465p. 2009.
- _____. Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010. Brasília, DF. 2010. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de dados de queimadas. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>>. Acesso em: 22 nov, 2018.
- JEONG, J. I.; PARK, R. J.; YEH, S.W. Dissimilar effects of two El Niño types on PM2.5 concentrations in East Asia. *Environmental Pollution*, v. 242, p. 1395-1403, 2018.
- KIM, J.W.; AN, S.I.; JUN, S.Y.; PARK, H. J.; YEH, S. W. ENSO and East Asian winter monsoon relationship modulation associated with the anomalous northwest Pacific anticyclone. *Climate Dynamics*, v. 49, p. 1157–1179, 2017.
- MARTINS, P. A. S. Normais climatológicas, balanço hídrico e classificação climática para a mesorregião sul do Amazonas. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2019.

- MOLION, L. C. B.; IMBUZEIRO, H. M. A.; CAVALCANTI, I. F. A. Chuvas intensas no Leste da Amazônia: fevereiro de 1980. *Revista Climanalise*, v. 3, p. 20-27, 2006.
- MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.21, p. 2237-2241, 2017.
- MOURA, M. M.; SANTOS, A. R.; PEZZOPANE, J. E. M.; ALEXANDRE, R. S.; SILVA, S. F.; PIMENTEL, S. M.; ANDRADE, M. S. S.; SILVA, F. G. R.; BRANCO, E. R. F.; MOREIRA, T. R.; SILVA, R. G.; CARVALHO, J. R. Relation of El Niño and La Niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. *Science of the Total Environment*, v. 651, p. 1639–1651, 2019.
- NASCIMENTO JÚNIOR, L.; SANT'ANNA NETO, J. L. Contribuição aos estudos da precipitação no estado do Paraná: a Oscilação Decadal do Pacífico – ODP. *RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise*, v. 35, p. 314-343, 2015.
- OLIVEIRA, F. M.; ARAÚJO, R. L.; CARVALHO, J. S.; COSTA, S. S. Determinação da variação no microclima de Manaus – AM por atividades antropogênicas e modulações climáticas naturais. *Acta Amazônica*, v. 38, p. 687-700, 2008.
- OLIVEIRA, N. L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, F. G. Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no estado do Mato Grosso. *Revista Ciência e natureza*, v. 37, p. 284-297, 2015.
- PAVÃO, V.M.; QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; PAVAO, L. L.; QUERINO, J. K. A. S.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Temperatura e albedo da superfície por imagens Tm Landsat 5 em diferentes usos do solo no sudoeste da Amazônia Brasileira. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 16, p. 169, 2015.
- PAVÃO, L.L.; QUERINO, C. A. S.; BIUDES, M. S.; PAVAO, V.M.; QUERINO, J. K. A. S.; MACHADO, N. G.; MACHADO, N. G.; BENEDITTI, C. A.; PEIXOTO, K. L. G. Distribuição espaço-temporal da temperatura da superfície urbana do município de Humaitá – Sul do Amazonas. *RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise*, v. 42, p. 210-224, 2017.
- PEDREIRA JUNIOR, A. L.; QUERINO, C. A. S.; K.A.S.QUERINO, J.; SANTOS, L. O. F.; MOURA, A. R. M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá – Am. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, p. 463-475, 2018.
- PEREIRA, H. R.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. Características da Atmosfera na Primavera Austral Durante o El Niño de 2015/2016. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, p. 293-310, 2017.
- PETROVA, D.; LOWE, R.; STEWART-IBARRA, A.; BALLESTER, J.; KOOPMAN, S. J.; RODÓ, X. Sensitivity of large dengue epidemics in Ecuador to long-lead predictions of El Niño. *Climate Services*. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cliser.2019.02.003>> Acesso em: 18, out, 2018.
- SALES, N. D.; REBELLO, E. R.; SILVA, J. F. As Maiores cheias e secas no Amazonas e as influências dos Fenômenos El Niño, La Niña, ODP e OMA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém: Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, p. 01-05.
- SANTOS, L. O. F.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. S.; PEDREIRA JUNIOR, A. L.; MOURA, A. R. M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Validation of rainfall data estimated by GPM satellite on Southern Amazon region. *Revista Ambiente & Água*, v. 14, n. 1, p. 1-9, 2018.
- SETTE, D. M.; TARIFA, J. R. A influência do El Niño 97/98 no clima do Mato Grosso. *Geosp (USP)*, v. 11, p. 51-67, 2002.

SOUZA, A. M. L.; ROCHA, E. J. P.; VITORINO, M. I.; SOUZA, J. O. P.; BOTELHO, M. N. Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação na Amazônia Durante Eventos ENOS. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, P. 13-24, 2015.

SOUZA, S. A. S.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. S.; PEDREIRA JUNIOR, A. L.; SANTOS, L. O. F. Impactos do El Niño na precipitação em Humaitá - AM. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA, 5, 2018, Manaus: Anais do Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, 2018, p. 1-6.

TAVARES, L.; CORDEIRO, L. Perfil socioeconômico e ambiental do sul do estado do Amazonas: Subsídios para Análise da Paisagem. WWF-Brasil, 2017.

TEDESCHI, R. G.; CAVALCANTI, I. F. A.; GRIMM, A. M. Influences of two types of ENSO on South American precipitation. *Internacional Journal of Climatology*, v. 33, p. 1382-1400, 2013.

VIEIRA, S. D. O. Efeitos da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre as chuvas da região Sul da Amazônia Brasileira. 2013. Tese (doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (INPA), Manaus.

YANAI, A. M.; FEARNESIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. A.; Desmatamento no sul do Amazonas: Simulação do efeito da criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 15, 2011, Curitiba: INPE, 2011. p. 6193-6200.

YU, X.; WANG, Z.; ZHANG, H.; ZHAO, S. Impacts of different types and intensities of El Niño events on winter aerosols over China. *Science of the Total Environment*, v. 655, p. 766–780, 2019.