

ANÁLISE DOS CICLOS DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DE BOA VISTA - RR NOS ANOS DE 1910 A 2014

ANALYSIS OF CYCLES OF PRECIPITATION IN BOA VISTA - RR REGION IN YEAR 1910 2014

ANÁLISIS DE LOS CICLOS DE PRECIPITACIONES EN BUENA VISTA - RR REGIÓN EN EL AÑO 1910 2014

Danielle Alves Silva
Instituto Nacional de Meteorologia – INMET
prof.daniellesilva@gmail.com

Carlos Sander
Departamento de Geografia, UFRR
Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPG-GEO/UFRR
carlos.sander@ufr.br

Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior
Departamento de Geografia, UFRR
antonio.araujojunior@ufr.br

Fábio Luiz Wankler
Departamento de Geologia, UFRR
Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPG-GEO/UFRR
fabio.wankler@ufr.br

RESUMO

Este estudo buscou relacionar e identificar a influência dos fenômenos El Niño e La Niña nos índices de precipitação da série histórica (1910 a 2014) da estação pluviométrica de Boa Vista, Capital do Estado de Roraima, Brasil. Os procedimentos metodológicos compreenderam: a) análises estatísticas dos dados diários, mensais e anuais para definição da série pluviométrica identificação de diferentes ciclos pluviométricos; b) identificação e confrontação dos dados pluviométricos com os períodos de vigência dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* a fim de identificar relações destes com anomalias observadas na série histórica. A análise da série histórica permitiu a identificação de quatro ciclos pluviométricos, representados por dois ciclos secos e outros dois úmidos. Os eventos El Niño e La Niña apresentaram grande compatibilidade com as variações pluviométricas da série. Os resultados apontam para a necessidade do estado e da sociedade civil se organizar aos efeitos dos ciclos de *El Niño*, em especial a retração do volume superficial de água disponível, estações secas mais fortes e ampliação de eventos de queimadas e, no caso dos ciclos de *La Niña*, recorrência de cheias e eventos associados.

Palavras chave: Precipitação; Sistemas meteorológicos; Cidade de Boa Vista

ABSTRACT

This study sought to relate and identify the influence of El Niño and La Niña phenomena in precipitation indices in the time series (1910-2014) of rainfall station of Boa Vista, the state capital of Roraima, Brazil. The methodological procedures included: a) statistical analyzes of the daily, monthly and annual data to define the rainfall series and identifying different rainfall cycles; b) identification and comparison of rainfall data to the periods of validity of the *El Niño* and *La Niña* phenomenon to identify the relationship with these anomalies observed in the time series. The analysis of the time series allowed the identification of four rainfall cycles,

represented by two dry and two wet cycles. The *El Niño* and *La Niña* events showed great compatibility with the rainfall variations in the series. The results point to the need of the state and civil society to organize the effects of *El Niño* cycles, especially the retraction of the superficial volume of water available, stronger dry seasons and extension of fires events and, in the case of *La Niña* cycles, recurrence of floods and associated events.

Keywords: Rainfall; Meteorological systems; City of Boa Vista

RESUMEN

Este investigación trata de relacionar e identificar la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña en los índices de precipitación en las series de tiempo (1910-2014) de la estación de las lluvias de Boa Vista, capital del estado de Roraima, Brasil. Los procedimientos metodológicos fueron: a) análisis estadísticos de los datos diarios, mensuales y anuales para definir la serie de precipitaciones identificar distintos ciclos de precipitaciones; b) la identificación y comparación de los datos de precipitación a los períodos de validez del fenómeno El Niño y La Niña para identificar la relación con estas anomalías observadas en las series de tiempo. El análisis de las series temporales permitió la identificación de cuatro ciclos de lluvia, representados por dos ciclos secos y dos ciclos húmedos. Los eventos El Niño y La Niña mostraron gran compatibilidad con las variaciones de precipitaciones de la serie. Los resultados apuntan a la necesidad de que el Estado y la sociedad civil para organizar a los efectos de los ciclos de El Niño, especialmente la retracción del volumen superficial de agua disponible, las estaciones secas más fuertes y la extensión de los acontecimientos incendios y, en el caso de ciclos de La Niña, la recurrencia de las inundaciones y los eventos asociados.

Palabras clave: Precipitación; Sistemas meteorológicos; Ciudad de Boa Vista.

1. INTRODUÇÃO

O clima é um elemento singular na formação das paisagens e influencia suas dinâmicas com impacto na organização dos agentes sociais e produtivos. O setor primário da economia, assim como o processo de uso e ocupação do espaço urbano, são em grande medida condicionados por fatores climáticos (secas, estiagens, alta pluviosidade etc.), sendo necessário o melhor conhecimento destes elementos.

A região Norte do Brasil é carente de estudos que abordem temáticas climatológicas gerais e, quando tratado de forma mais específica, existem muitas lacunas a serem preenchidas. Exemplo disso é o pouco conhecimento da ação de fenômenos como os eventos El Niño e La Niña, manchas solares, desmatamento/queimadas para o clima amazônico.

Análises climáticas relacionadas a alterações severas na Amazônia podem ser encontrados em Cavalcanti; Silveira; Alves (2013); Gonzalez et al. (2013); Marengo (2006); Marengo (2008); Molion (2005); Molion (2006) dentre outros. Estes trabalhos, consideram que as alterações na temperatura do oceano Pacífico Sul têm rebatimentos diretos, porém distintos, em território sul-americano. Tais alterações são conhecidas como El Niño e La Niña, onde primeiro compreende os fenômenos de aquecimento e o segundo de resfriamento da superfície oceânica.

Além destes eventos, manchas solares também são considerados elementos que condicionam o clima. Neste sentido, Molion (2005) estima que nos próximos 25 anos, a produção de energia solar poderá ser reduzida. Mesmo com emissões crescentes de partículas na atmosfera, a taxa anual de crescimento da concentração CO₂ poderá apresentar queda, uma vez que sua absorção, pelo Oceano Pacífico Tropical mais frio (La niña), poderá aumentar.

Assim, o Oceano Pacífico assume papel importante na discussão climática, pois suas variações de temperatura condicionam ciclos biogeoquímicos alterando essas dinâmicas por determinados períodos de tempo. Para tanto, torna-se salutar considerar fenômenos climáticos não somente de forma isolada, mas

associados entre si, visto que suas associações condicionam o tempo atmosférico, logo, condicionam a vida em sua plenitude.

O estudo de Sander et al. (2013), no entanto, considera um desafio ter em conta a relação El Niño e La Niña atrelada a eventos específicos, tais como cheias na cidade de Boa Vista no estado de Roraima, por exemplo, em razão da carência de dados.

No concernente a dinâmica pluviométrica no estado de Roraima, tem-se contribuições relevantes como Barbosa (1997), o qual apresentou um modelo de distribuição das chuvas com base em dados coletados em cinquenta estações pluviométricas distribuídas por todo o Estado de Roraima. Outro trabalho de importância regional foi desenvolvido por Araújo et al. (2001). Estes autores estimaram a precipitação pluviométrica mensal em vários níveis de probabilidade para a região de cerrado em Boa Vista e determinaram o período de irrigação com base na Capacidade de Água Disponível – CAD.

Em produção mais recente, Evangelista et al. (2008) apresentaram um estudo preliminar da distribuição pluviométrica e sua influência sobre o regime fluvial da bacia do rio Branco. Estes autores também destacaram a concentração de chuvas para todo o estado.

O estudo foi desenvolvido junto ao Laboratório de Estudos Hidrológicos – LEHI, vinculado ao Instituto de Geociências, que desenvolve pesquisas hidrológicas junto ao estado de Roraima.

Visando contribuir para a discussão, este trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica pluviométrica da cidade de Boa Vista – RR no período de 1910 a 2014, buscando relacionar e identificar a influência dos fenômenos El Niño e La Niña nos índices de precipitação nesse período.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na cidade de Boa Vista, estado de Roraima, na Amazônia Setentrional, posicionada entre as coordenadas 60° 32' 32" – 60° 46' 59" W e 2° 53' 11" – 2° 44' 45" N (Figura 1). Essa região marca a transição de terrenos mais elevados nas parcelas Oeste/Norte/Nordeste, associados ao Planalto das Guianas para planícies associadas à calha rio Negro/Amazonas.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw, Tropical com chuvas de verão e temperaturas médias anuais de aproximadamente 26 °C (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). A cidade de Boa Vista possui uma condição hidrológica bastante particular, onde seu período chuvoso ocorre entre os meses de abril e setembro, que concentra 80 % dos totais anuais precipitados ao longo do ano (EVANGELISTA et al., 2008; SANDER, 2015). Essa condição diverge ao observado na maior parte da Amazônia, que seu período chuvoso entre outubro e março.

O clima da região é regulado por duas massas de ar, a Equatorial Continental (MEC) e a Equatorial Atlântica. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a massa Equatorial Continental tem origem na Amazônia Ocidental e sua atuação está associada à posição do equador térmico, que acompanha o zênite solar, seguindo também o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical. Na região, a ação da MEC ocorre principalmente entre os meses de abril e setembro, quando o eixo do equador solar se encontra voltado para o Hemisfério Norte.

A massa de ar Equatorial Atlântica (Norte) tem origem no Anticiclone de Açores, no Atlântico Norte (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007), e tem atuação destacada sobre a região entre os meses de novembro a março, durante a vigência da estação seca (EVANGELISTA et al., 2008; SANDER, 2015). Sua atuação na região se deve basicamente a aproximação do centro de ação positivo de Açores ao equador geográfico, puxado pelo deslocamento do equador térmico para o Hemisfério Sul.

Esta condição determina a ação de ventos alísios no Nordeste da América do Sul que penetram pela Guiana seguindo um corredor de baixa topografia que favorece o deslocamento da coluna de ar para o Nordeste de Roraima. Tal condição implica na presença constante de ventos na região, denominados localmente de Cruviana, ao longo da maior parte da estação seca e favorecem a dissipação da umidade e redução das chuvas em tal período.



Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

2.2. Metodologia

Os procedimentos metodológicos compreenderam o levantamento de dados pluviométricos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (<http://www.inmet.gov.br>) junto à estação meteorológica de Boa Vista, assim como da Agência Nacional de Águas – ANA (código 8260000), assim como a base de dados utilizados e disponibilizados por Barbosa (1997). A partir de bases anuais completas foram realizadas análises dos valores totais e médios de dados diários, mensais e anuais. Tais procedimentos serviram para definição da série pluviométrica de Boa Vista, assim como na identificação de diferentes ciclos pluviométricos.

A segunda parte do trabalho compreendeu a identificação dos períodos de vigência dos fenômenos El Niño e La Niña a partir de plataformas do INPE (2015) e Climate Prediction Center (2015). As informações destes fenômenos foram compiladas e correlacionadas com o histórico pluviométrico de Boa Vista a fim de identificar relações destes com anomalias observadas nas séries.

3. RESULTADOS

Com uma série histórica levantada de pouco mais de um século (1910 a 2014) a estação meteorológica de Boa Vista apresentou uma média total 1.637,7 mm/ano (Figura 2). Cabe ressaltar que 81,7% dos anos tiveram seus dados validados por apresentarem séries anuais completas de chuvas, perfazendo um período de 85 anos.

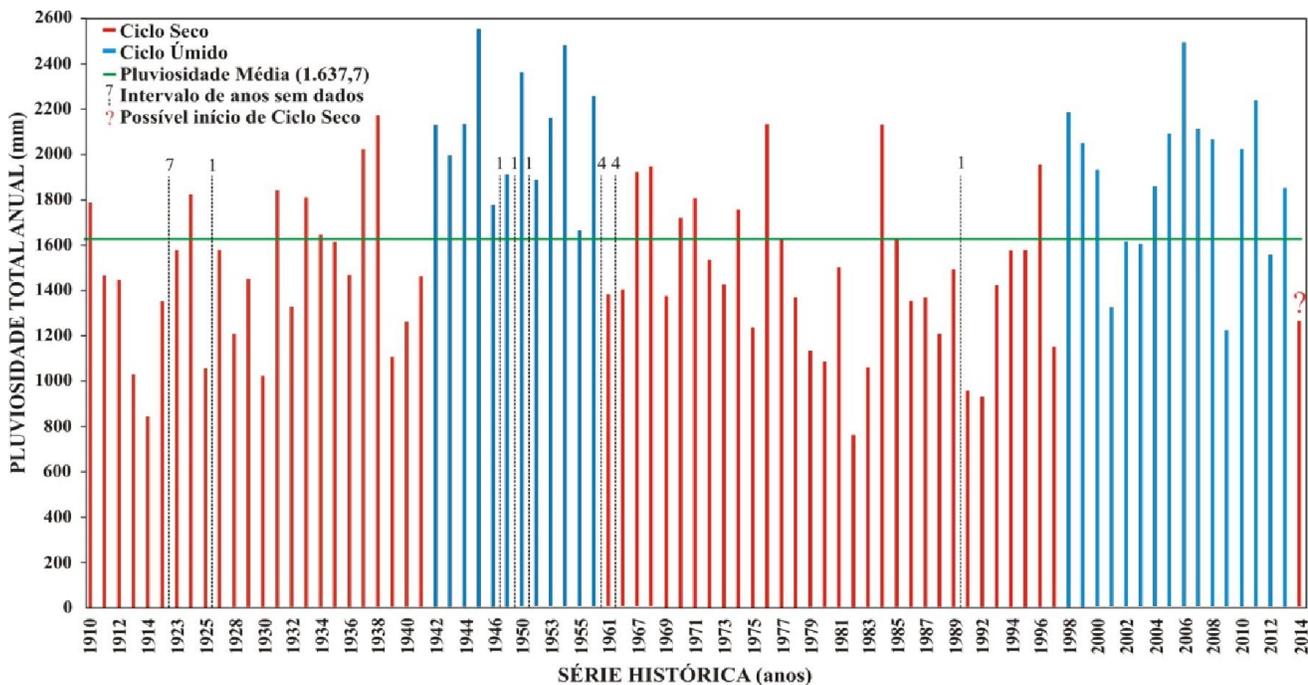


Figura 2: Série histórica pluviométrica de Boa Vista-RR, período 1910 – 2014 (modificado de BARBOSA, 1997; ANA, 2015; INMET, 2015).

A média histórica levantada em Boa Vista (1.637,7) corrobora com os trabalhos desenvolvidos por Barbosa (1997) e Araújo (2001). O primeiro autor, analisando a série histórica 1910 – 1995, estabeleceu médias pluviométricas de 1.614 mm/ano. Já Araújo (2001), apresentou médias anuais de 1.688,4 mm/ano, para a série de 1923 – 1997.

Com relação a amplitude pluviométrica total, a série mostrou uma variação de 3,34 vezes. Neste sentido, os valores oscilaram entre 764,4 mm (1982) e 2.554,6 mm (1945), indicando uma diferença 1.790,2 mm entre o volume máximo e mínimo da série.

Os levantamentos também indicaram a predominância de valores de pluviosidade total anual abaixo da média histórica (55,29 %), concentrados principalmente nos períodos de 1910 – 1941 e 1961 – 1997, contabilizando 87,23 % destes anos. Já nos períodos entre 1942 – 1956 e 1998 – 2013, somente 17,86 % dos anos apresentaram totais abaixo da média histórica. O grande destaque foi o período entre 1942 – 1956, onde não foram observados valores abaixo da média.

Uma análise mais detalhada dos dados (Figura 2) possibilitou a identificação de diferentes padrões pluviométricos, demonstrando ciclos ora mais secos, ora mais úmidos. De forma cronológica, foram identificados 4 ciclos básicos, sendo dois secos e outros dois úmidos, sucedendo-se um ao outro.

O primeiro ciclo seco (o primeiro da série) apresentou duração aproximada de 31 anos, cobrindo o período de 1910 (primeiro ano de levantamento da série) a 1941 (Figura 2). Os levantamentos apontaram valores médios de chuvas de 1.461,5 mm, estando 162,9 mm (10,76 %) abaixo da média histórica (1.637,7 mm). Do total de anos mensurados, 70,83 % dos valores se apresentaram abaixo da média e a amplitude média do período 2,57 vezes, totalizando 1.328,5 mm.

O segundo ciclo seco compreendeu o período de 1961 a 1997, com duração de 37 anos, tal período apresentou pluviosidade média de 1.468,1 mm. O valor é similar à média observada no primeiro com ciclo seco, estando 169,6 mm (10,36 %) abaixo da média histórica geral. Outra coincidência observada diz respeito ao número de anos com chuvas abaixo da média, onde cerca de 75 % dos anos monitorados apresentaram valores abaixo da média histórica. A amplitude pluviométrica também foi semelhante, com variação de 2,79 vezes, representando um montante de 1.369,8 mm.

O primeiro ciclo úmido, por outro lado, marcou o período de maior excedente hídrico da série. Com dados mensurados entre 1942 e 1956, tal período apresentou uma média de 2.110 mm. Este valor excedeu em 28,84 % (472,3 mm) a média pluviométrica da série. Contudo, essa diferença é ainda mais impressionante quando comparado aos ciclos que antecederam e que sucederam o referido período.

Com relação ao primeiro período (1910 -1941) houve um incremento de 648,5 mm. A passagem deste ciclo úmido para o ciclo seguinte, por sua vez, mostrou uma retração total de 641,9 mm. Outro destaque importante para o período é que todos os anos monitorados registraram valores acima da média histórica, além de apresentar a menor amplitude dos quatro ciclos (1,54 vezes), com variação de 890,9 mm.

O segundo ciclo úmido, apesar de menos imponente, também evidenciou diferenças substanciais quando comparado a média histórica, assim como aos ciclos secos. Com uma pluviosidade média de 1.890,3 mm tal ciclo apresentou uma pluviosidade 15,42 % (252,6 mm) superior à média histórica. Quando comparado ao ciclo seco anterior (1961 -1997), assim como no primeiro ciclo úmido, as diferenças são ainda mais representativas, com valores médios 28,56 % (422,2 mm) mais altos que o ciclo precedente.

Tomando por base o comportamento histórico da pluviosidade de Boa Vista, a sucessão de ciclos e o tempo médio de cada um (úmido e seco), os anos de 2014 e 2015 podem indicar a passagem do segundo ciclo úmido para um novo ciclo seco.

3.1. Relação dos eventos El Niño e La Niña com o regime pluvial de Boa Vista-RR

Ao longo das últimas décadas, parte dos estudos hidrológicos/climáticos tem se dedicado a influência dos fenômenos El Niño e La Niña no sistema superfície-atmosfera (BERLATO et al., 2005; MARENGO e OLIVEIRA, 1998; HIGUCHI et al., 2011; INPE, 2014; CUTRIM et al. (2000).

3.1.1. Ciclos de El Niño

Fazendo um comparativo dos fenômenos de El Niño, nas diferentes intensidades (forte, moderado e fraco), notou-se uma forte relação destes eventos com períodos de maior déficit pluviométrico na região de Boa Vista. A relação dos episódios de El Niño com o histórico pluviométrico de Boa Vista (1910 – 2015) são apresentados na Figura 3.

Considerando o período monitorado (105 anos) em 53,57 % dos casos houve registro de eventos de El Niño (INPE, 2015; Climate Prediction Center, 2015). Deste total 37,78 % foram eventos de intensidade forte, 33,33 % foram moderados e 28,89 % compreenderam fenômenos de fraca intensidade.

Observando os ciclos pluviométricos (Figura 2), verificou-se o maior percentual de eventos de El Niño para o segundo ciclo seco (1961-1997) com 68,75 % dos anos afetados por tais eventos, seguido pelo segundo ciclo úmido (1998-2015), com ocorrência em 56,25 % dos anos.

O primeiro ciclo seco (1910-1941), por outro lado, apresentou um percentual de 41,67 % de anos com El Niño, enquanto que no primeiro ciclo úmido (1942-1956), foi observado a menor recorrência de El Niños da série com manifestação em apenas 16,67 % dos anos.

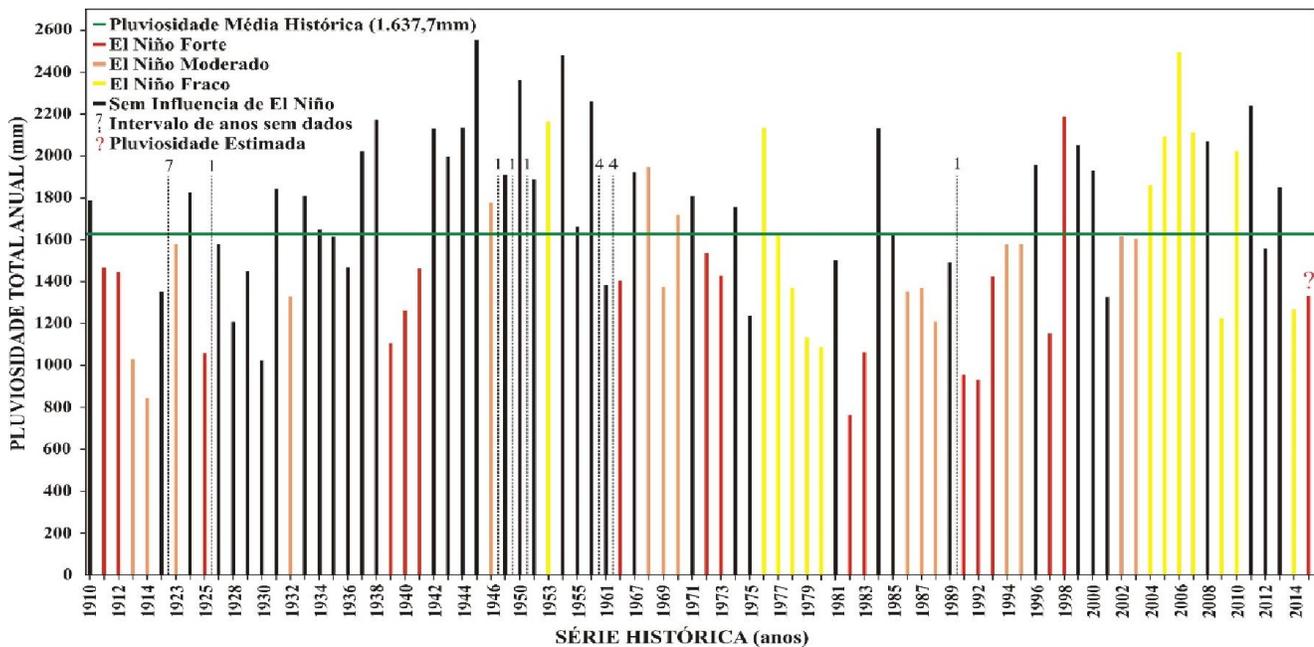


Figura 3: Relação entre o regime pluviométrico de Boa Vista-RR e a ocorrência de episódios de El Niño (INPE, 2015; Climate Prediction Center, 2015)

Mesmo que a proporção de anos afetados por fenômenos de El Niño seja maior no segundo ciclo úmido em relação ao primeiro ciclo seco, a resposta hidrológica de cada período provavelmente se deve à intensidade destes eventos (Tabela 1). Neste sentido, os anos afetados pela maior recorrência de eventos positivos (aumento da temperatura do Oceano Pacífico) de intensidade forte e moderada apresentam em média valores menores de precipitação. Tal situação se mostra evidente no primeiro ciclo seco, onde somente foram registrados eventos de intensidade forte (60 % dos casos) ou moderada (40 %).

O segundo ciclo seco, apesar de apresentar uma maior incidência de ciclos de El Niño (quando comparado aos demais ciclos - 68,75 %), o mesmo se dotou de uma maior variedade de intensidades que no primeiro período seco (Figura 3). Neste caso, os eventos de maior abundância foram os de intensidade moderada (77,27 %), seguidos pelos de forte intensidade (40,91 %), além do registro de eventos fracos (18,18 %).

Essa questão fica ainda mais clara quando analisado o último ciclo registrado na série histórica (úmido) (Figura 2). Apesar da alta incidência de El Niños (56,25 %), sendo maior que no segundo ciclo seco, predominaram eventos de fraca intensidade (66,67 %), sendo seguido pelos eventos moderados (22,22 %) e fortes (11,11 %).

Já o primeiro ciclo úmido (1942-1956) foi o que apresentou a menor recorrência de estágios de El Niño (16,67 % dos anos monitorados). Destes anos, 1956 registrou o evento em estágio moderado, enquanto que 1943 apresentou o fenômeno em baixa intensidade.

A análise das médias pluviométricas durante a vigência de eventos El Niño corroborou para o melhor entendimento dos ciclos pluviométricos (Tabela 1, Figuras 2 e 3). De forma geral, a atuação positiva dos ENOS repercute de forma negativa na manutenção das chuvas na região de Boa Vista. Neste sentido, a somatória de anos com El Niño mostrou uma queda média de 9,68 % dos totais anuais da série histórica, com um volume médio precipitado de 1.479,15 mm/ano.

Tabela 1: Comportamento da pluviosidade durante a ação de eventos El Niño e La Niña

Evento	Intensidade dos Episódios	Média da Série Histórica (1910-2014) (mm)	Média dos eventos (mm/ano)	Variação da Pluviosidade em Relação à Média Histórica	
				Volume (mm/ano)	Percentual (%)
El Niño	Geral	1637,7	1.479,15	-158,55	-9,68
	Forte		1.284,27	-353,43	-21,58
	Forte em anos sem La Niña		1.247,65	-390,05	-23,82
	Moderado		1.463,67	-174,03	-10,63
	Moderado em anos sem La Niña		1.392,28	-245,43	-14,99
	Fraco		1.777,41	139,71	8,53
	Fraco em anos sem La Niña		1.717,06	79,36	4,85
La Niña	Geral		1.731,4	93,7	5,72
	Forte		1.855,24	217,5	13,28
	Forte em anos sem El Niño		1.974	336,3	20,54
	Moderado		1.738,3	100,6	6,14
	Moderado em anos sem El Niño		1.854,92	217,2	13,26
	Fraco		1.530,08	-107,6	-6,57
	Fraco em anos sem El Niño		1.655,85	18,2	1,11

Fonte: organizado pelos os autores.

Avaliando os eventos de El Niño de acordo com sua intensidade (forte/moderado/fraco) os resultados se mostraram ainda mais relevantes, indicando que quanto maior a intensidade do evento, maior é a queda nos totais pluviométricos. Neste sentido, durante a atuação de estágios de El Niño de forte intensidade foi observado um valor 21,58 % abaixo da série histórica com pluviosidade média de 1.284,27 mm.

Os eventos de intensidade moderada seguiram a mesma tendência dos eventos fortes, porém, menos agressivos. Assim, durante a atuação destes ENOS foi observado uma redução média de 10,63 %, apresentando um volume medial de 1.463,67 mm/ano.

Em El Niños fracos, por outro, foram observados incrementos aos totais pluviométricos (8,53 %) quando comparados ao volume médio de chuvas em Boa Vista, chegando a uma pluviosidade de 1.777,41 mm/ano. Contudo, é necessário ressaltar que a média de tais eventos fica abaixo dos ciclos úmidos de pluviosidade identificados na série 1910 – 2014, quando a frequência de eventos de intensidade forte e moderada (El Niño) é menor.

Outros elementos revelam a influência negativa do El Niño na pluviosidade de Boa Vista. Isso acontece quando se considera somente os estágios forte e moderado em anos sem influência de La Niña (Tabela 1, Figura 5). Assim, para eventos de forte intensidade foi observado uma redução média de 23,82 % da pluviosidade chegando a um valor de 1.247,65 mm/ano.

Os eventos moderados também seguiram esta tendência, com valores 14,99 % menores que o histórico de chuvas de Boa Vista, somando um total de 1.392,28 mm/ano. Os eventos de fraca intensidade também tiveram a pluviosidade média reduzida, porém, com valores acima da média histórica (4,85 %).

Considerando a análise da influência dos ENOS positivos para as chuvas de Boa Vista, foi avaliado o comportamento médio pluviométrico em períodos de El Niños fortes (sem influência de La Niña) de acordo com o ano hidrológico. Essa avaliação teve como princípio o início da estação chuvosa até o término da estação seca, ciclo abril-março, conforme EVANGELISTA et al., 2008 e SANDER, 2015.

O enquadramento dos referidos anos (1969/1970, 1972/1973, 1982/1983, 1987/1988, 1991/1992, 1997/1998 e 2009/2010) indicou influências ainda mais nocivas a pluviosidade regional. Em tal período,

foram observados valores 28,38 % (464,7 mm) abaixo do histórico de chuvas em Boa Vista com pluviosidade média de 1.132,49 mm/ano. Tal análise elimina eventuais distorções geradas pela utilização de valores anuais (janeiro – dezembro), afetados muitas vezes por ambos os ciclos La Niña e El Niño.

A associação de El Niño e La Niña podem também trazer algumas vezes resultados bastante variados. Uma referência importante foi o ano de 1998 que, apesar de ser considerado um dos eventos (El Niño) mais fortes já registrados (COELHO et al., 2015), apresentou valores bem acima do normal com precipitação total de 2.187,3 mm.

Este tipo de situação se tornou possível devido este El Niño compreender o primeiro semestre de 1998, no período de vigência da estação seca, seguido por um La Niña de intensidade moderada que trouxe incremento às chuvas durante a estação úmida. Condição similar também aconteceu em 2010, quando os totais pluviométricos chegaram a 2.024,1 mm.

Assim, mesmo que o evento de El Niño influencie de forma negativa a pluviosidade regional, a ação de La Niña, associado atuação da Zona de Convergência Intertropical, podem afetar positivamente os totais de pluviosidade anual.

Por outro lado, em 1988, em período de vigência de El Niño e La Niña similar ao de 1998, os volumes precipitados foram bem abaixo da média pluviométrica, com um total de 1.208,4 mm precipitados. Essas diferenças podem estar relacionadas à atuação deficitária/irregular da Zona de Convergência Intertropical sobre a região, reduzindo consideravelmente os totais pluviométricos precipitados na estação chuvosa.

Outra análise realizada foi em relação aos totais de dias precipitados sobre os efeitos dos ENOS (Tabela 2). Considerando a série disponível para tal análise (1961 – 2014), Boa Vista apresentou em média 134,92 dias precipitados ao ano, com um volume médio de 12,48 mm/evento, com chuvas ocorrendo em média a cada 2,71 dias. Considerando o padrão pluviométrico médio para cada estação, o período chuvoso (abril-setembro) apresentou um intervalo médio de 1,83 dias entre cada evento. Para o período seco o intervalo foi de 5,18 dias.

Nos anos de El Niño, de forma geral, não houve grande variação no número total de chuvas, ficando somente 1,97 % abaixo da média histórica (132,26 dias precipitados). Contudo, se considerarmos somente os eventos fortes e moderados as diferenças foram bastante representativas. Assim, em anos de eventos de forte intensidade houve uma redução de 11,06 % no número de dias precipitados, totalizando 120 dias/ano com pluviosidade média de 11,55 mm (a menor de todas as séries avaliadas), que acabaram por representar um intervalo médio de 3,04 dias entre cada evento chuvoso.

Para o período chuvoso apresentou um intervalo médio de 1,86 dias entre cada chuva com uma pluviosidade média de 12,34 mm. Para o período seco o intervalo médio entre cada chuva foi de 5,34 dias.

Os eventos de intensidade moderada apresentaram resultados similares aos eventos mais intensos de El Niño. Em média precipitou 119,2 dias por ano (pluviosidade média de 12,86 mm), sendo um valor 11,65 % abaixo da série total (Tabela 2), com uma precipitação a cada 3,06 dias.

Assim como nas análises anteriores, o estágio de El Niño fraco se mostrou ineficiente quanto à redução dos dias com chuva, apresentando inclusive um acréscimo de dias precipitados quando relacionados ao histórico de toda a série (Tabela 2). Assim, para tais períodos foi observado um acréscimo de 5,99 % a média histórica, perfazendo um valor medial de 143 dias precipitados ao ano, com volume médio 12,72 mm/evento.

Tabela 2: Relação entre dias precipitados e eventos El Niño e La Niña

Episódio/Intensidade	Média de dias precipitados	Volume Médio Precipitado (mm)	Concentração de Chuvas		
			Estação Chuvosa (%)	Estação Seca (%)	
Série histórica (1961 – 2014)	134,92	12,48	66,67	33,33	
El Niño	Geral	132,26	74,29	25,71	
	Forte	120	71,53	28,47	
	Moderado	119,2	12,86	80,33	
	Fraco	143	12,72	67,25	32,75
La Niña	Geral	140,59	74,52	25,48	
	Forte	147,5	12,56	72,54	27,46
	Moderado	122,5	14,14	84,08	15,92
	Fraco	129,67	13,24	77	33

Fonte: organizado pelos autores

É necessário lembrar que o atual estágio de El Niño 2014-2016 é considerado pela NASA (2015) como o evento mais forte já registrado, superando o El Niño 1997-1998 (Figura 2). A Figura 4 apresenta um comparativo entre dados do nível do pacífico para os estágios de 1997-1998 e o atual (2015).

Deve-se entender ainda que existe uma relação entre a temperatura e o nível do mar. Neste caso o aquecimento das águas do Pacífico tem como consequência a expansão e ganho de nível do oceano. Assim, dentro dessa relação nível/temperatura nota-se uma maior superfície aquecida com destaque para o setor nordeste do Pacífico Tropical (Figura 4).

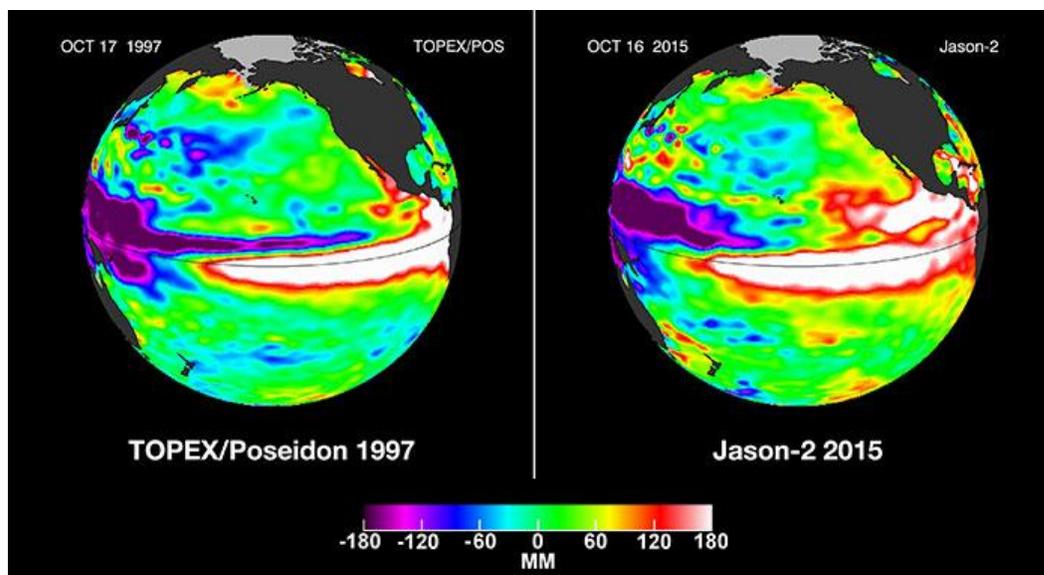


Figura 4: Comparativo da relação temperatura/nível do Oceano Pacífico para os El Niños 1997-1998 e atual (2015) Fonte: < <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>. Acesso em outubro de 2015.

3.1.2. La Niña

Assim como o fenômeno El Niño os eventos de La Niña interagiram com a dinâmica pluviométrica regional, mas com efeito contrário ao fenômeno anterior. Este último fenômeno tem basicamente afetado de

forma positiva as chuvas na região. Tal situação é destacada em diversos trabalhos desenvolvidos na região amazônica que destacam ganhos ao circuito hidrológico da região na vigência de La Niñas (GONZALEZ et al., 2013; SOUZA et al., 2000). A Figura 5 apresenta o histórico de recorrência de deste fenômeno e referidas intensidades.

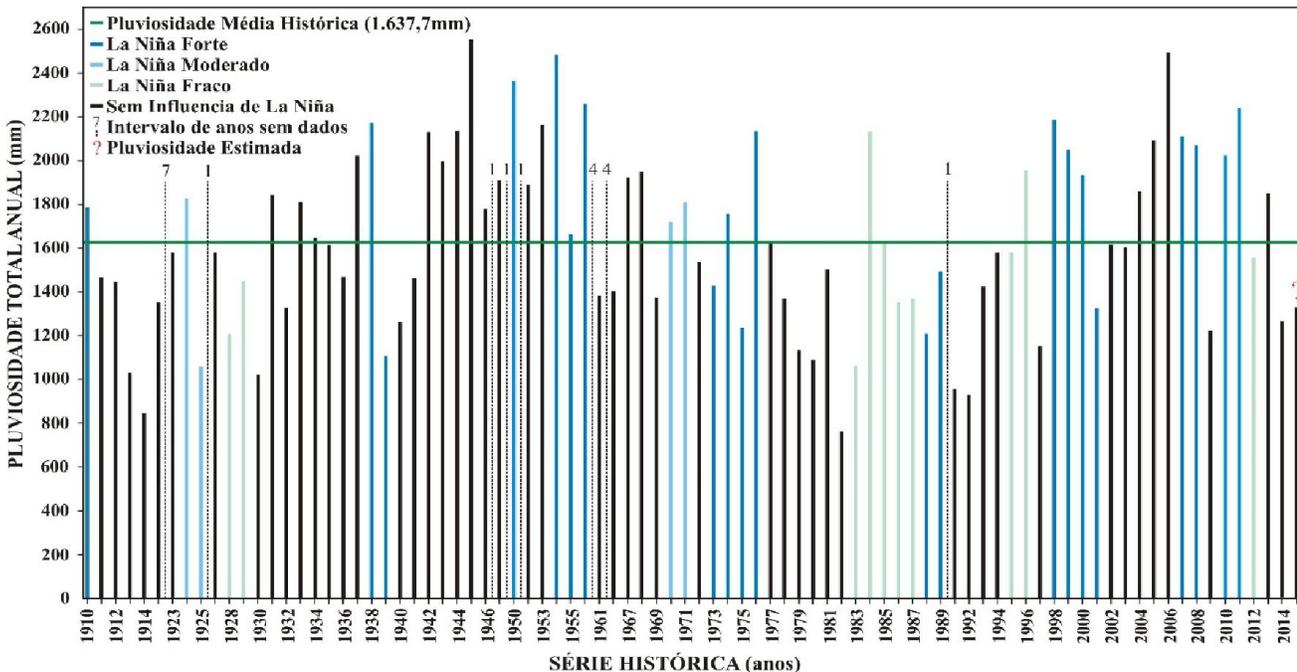


Figura 5: Relação entre o regime pluviométrico de Boa Vista-RR e a ocorrência de episódios de La Niña (INPE, 2015; Climate Prediction Center, 2015).

Baseando-se no histórico de dados completos da série 1910 – 2014, cerca de 41,18 % dos anos foram afetados por eventos de La Niña (INPE, 2015; Climate Prediction Center, 2015). Mesmo apresentando uma recorrência menor quando comparado aos eventos de El Niño, os eventos de La Niña, por outro lado, foram em sua maior parte de forte intensidade, ocorrendo em média em 60 % dos casos. Do montante restante, 28,57 % foram de intensidade fraca e somente 11,43 % compreenderam fenômenos de intensidade moderada.

A relação destes eventos com os ciclos pluviométricos de Boa Vista (Figura 2) indicou que o período de maior recorrência de La Niña foi no segundo ciclo úmido (1998-2013) com recorrência em 56,25 % dos anos, seguido pelo segundo ciclo seco (1961-1997) com 46,88 %.

O primeiro ciclo úmido (1942) mostrou um período de recorrência médio de 3 anos (em 33,33 % dos anos) e o primeiro ciclo seco apresentou a menor proporção de anos influenciados por La Niñas (29,17 % dos casos).

A intensidade dos eventos de La Niña, assim como observado nos El Niños, mostrou-se fundamental para o entendimento dos totais pluviométricos precipitados em cada ciclo. Assim, em períodos onde predominam La Niñas de intensidade forte e moderado os valores pluviométricos são maiores (Figura 5 e Tabela 2). Tal condição foi observada nos dois ciclos úmidos, onde no primeiro ciclo úmido (1942 – 1956) 100 % das ocorrências foram marcadas por eventos de forte intensidade. Já no segundo ciclo úmido (1998 – 2013) 88,89 % dos casos compreenderam fenômenos de intensidade forte e somente 11,11 % dos anos foram acometidos por eventos de fraca intensidade.

Contudo, mesmo que proporcionalmente o segundo ciclo úmido tenha apresentado maior frequência de La Niñas de alta intensidade, o primeiro ciclo apresentou valores de pluviosidade em média 10,41 % (219,7 mm) mais elevados. Tal situação pode ser explicada também pela maior recorrência de eventos de El Niños, afetando de forma contundente o balanço hídrico deste ciclo (Figura 3).

Os ciclos secos, por outro lado, apresentaram menor frequência de La Niñas de forte intensidade. Neste caso, os valores de ambos foram aproximados, quando o primeiro ciclo (1910 – 1941) apresentou 42,86 % de eventos de forte intensidade, enquanto que no segundo ciclo os eventos mais fortes representaram 40 % dos casos.

Em ambos os casos eventos de fraca intensidade foram posteriormente os mais frequentes (28,57 % no primeiro ciclo e 46,67 no segundo ciclo). Os volumes médios precipitados nos ciclos secos também foram aproximados (primeiro ciclo - 1474,8 mm/ano; segundo ciclo - 1468,1 mm/ano), com a ínfima vantagem de 0,45 % (6,7 mm) do primeiro ciclo para o segundo.

A análise dos totais pluviométricos em anos de La Niña e respectivas intensidades endossam as análises anteriores (Tabela 1, Figuras 2 e 4). De forma geral, a atuação de La Niñas repercute de forma positiva na manutenção das chuvas na região de Boa Vista. Neste sentido, a somatória de anos com La Niña indicou um incremento médio de 5,72 % (93,7 mm), apresentando uma pluviosidade de 1.731,4 mm/ano.

Da mesma forma que nos El Niños, os estágios de La Niñas de forte intensidade se mostraram efetivamente impositivos. Assim, durante a atuação dos eventos de maior magnitude foi observado um incremento médio de 13,28 % (217,5 mm) à média de toda a série, apresentando uma pluviosidade de 1.855,24 mm/ano.

Contudo, quando sacados os anos de La Niñas de forte intensidade afetados por El Niños os resultados se mostram ainda mais substanciais. Nestas condições o incremento médio foi de 20,54 % (336,3 mm/ano), chegando à pluviosidade de 1.974 mm/ano (Tabela 1).

Para estágios moderados também houve acréscimo aos totais pluviométricos quando comparado ao histórico de Boa Vista (Tabela 1). Em média estes estágios mostraram um ganho de 6,14 % (100,6 mm/ano), chegando a um total de 1.738,3 mm/ano. Quando descontados anos sem influência de El Niños, o acréscimo foi em média de 13,26 % (217,2 mm/ano), com um total precipitado de 1.854,92 mm/ano.

Os eventos de fraca intensidade, por outro lado, mostraram-se quase que insignificantes na alteração do ciclo pluviométrico local (Tabela 1). De forma geral, os anos de ocorrência destes eventos apresentaram volumes médios de chuvas mais baixos que a média histórica (- 6,57 %). A subtração de anos com ocorrência de El Niños também mostrou valores rondando a média histórica com um ganho ínfimo de 1,11 %.

Quando inventariados os totais de dias precipitados o efeito La Niña também apresentou condição diferencial (Tabela 2). De forma geral, estes eventos implicaram tanto no aumento de dias precipitados por ano (4,20 %), bem como no volume médio das chuvas (2,24 %). Assim, para tais períodos, choveu em média 140,59 dias/ano, com um intervalo médio de chuvas de 2,60 dias. Para a estação úmida (abril-setembro) o período médio entre cada precipitação foi de 1,74 dias, enquanto que no período seco tal intervalo foi de 5,06 dias.

O grande destaque em relação ao número de dias precipitados foram os eventos de forte intensidade. Tais La Niñas apresentaram em média 147,5 precipitados por ano, implicando num ganho médio de 9,32 % aos dias com chuvas. O tempo médio entre cada chuva foi de 2,48 dias, sendo os menores da série. Na estação úmida o intervalo médio entre cada evento foi de 1,71 dias, enquanto que, na estação seca, este foi de 4,46 dias.

Os eventos de La Niña moderados apresentaram dados bastante curiosos quanto ao número de dias precipitados (Tabela 2). Em média choveram 122,5 dias/ano totalizando um intervalo médio de 2,98 dias entre cada evento, sendo valores similares a estágios de El Niño. Apesar disso, os valores médios por precipitação foram os mais elevados das séries, com volume médio de 14,14 mm por evento.

Durante o período úmido os eventos moderados apresentaram um intervalo médio de 1,85 dias entre cada chuva, sendo equivalente à média histórica geral. O intervalo durante o período seco, por outro lado, foi mais esticado, chegando a uma média de 6,19 dias, com pluviosidade média de 8,6 mm.

Os eventos La Niña de fraca intensidade apresentaram desempenho médio aproximado à média geral com valores de 128,25 dias precipitados e um intervalo médio de 2,82 dias.

Outro detalhe a ser observado é que as concentrações dos dias com precipitação na estação úmida são de forma geral mais elevado em ciclos de La Niña que nos El Niños (Tabela 2). Este fator se dá basicamente

pelo fato da Zona de Convergência Intertropical ser mais atuante durante os meses de abril e setembro (estação úmida), favorecendo os processos convectivos que representam a gênese de eventos pluviométricos locais. Tal condição tende a aumentar o desnível entre as estações secas e úmidas favorecidas pela atuação/flutuação do campo barométrico.

4. CONCLUSÃO

A análise do histórico pluviométrico mostrou variações importantes associadas à sua condição tropical, na atuação de centros de ações atmosféricas, assim como na ação/frequência dos fenômenos El Niño e La Niña. Entre os resultados destacam-se:

- A média da série histórica de Boa Vista (1910 – 2014) é de 1.637,7 mm, apresentando uma amplitude total de 1.790,2 mm;
- A menor pluviosidade anual ocorreu no ano de 1982, com 764,4 mm, enquanto que o ano mais úmido foi 1945, com um volume total precipitado de 2.554,6 mm;
- A análise dos totais anuais permitiu a identificação de quatro ciclos pluviométricos, representados por dois ciclos secos e outros dois úmidos;
- O primeiro ciclo seco ocorreu entre 1910 – 1941 e apresentou uma pluviosidade média de 1.461,5 mm, sendo 10,76 % abaixo da média histórica;
- O segundo ciclo seco (1961 – 1997) apresentou dados similares ao primeiro ciclo seco, com médias de 1.468,1 mm/ano, estando 10,36 % abaixo da série pluviométrica de Boa Vista;
- O primeiro ciclo úmido (1942 – 1956) foi o período pluviométrico mais intenso, com 2.110 mm/ano, ficando 28,84 % acima da média histórica;
- O segundo ciclo úmido (1998 – 2013) foi menos intenso que o primeiro, porém, significativo. A pluviosidade média de 1.890,3 mm, sendo 15,42 % acima da série;
- Os eventos El Niño e La Niña apresentaram grande compatibilidade com as variações pluviométricas da série;
- Os anos de El Niño mostraram grande associação com os anos mais secos, com valores em média 9,68 % abaixo da série histórica;
- Quando considerada a intensidade dos eventos de El Niño, os valores foram ainda mais significativos. Em anos de eventos de forte intensidade choveu em média 21,58 % a menos que a média histórica. Os eventos moderados apresentaram valores 10,63 % da série;
- Os anos de vigência de La Niñas indicaram efeito contrário à atuação dos El Niños. De forma geral, o primeiro evento representou um incremento médio de 5,72 % à média histórica de Boa Vista;
- Os eventos de La Niña de intensidade forte e moderada apresentaram íntima relação com excedentes hídricos. Em eventos de forte intensidade mostrou valores médios de 13,28 % acima da série de Boa Vista. Já para os eventos de intensidades moderadas, o acréscimo médio foi de 6,14 %;
- A atuação de El Niños e La Niñas também parecem afetar o número de dias precipitados ao ano;
- Os eventos de El Niños de intensidade forte e moderada indicaram redução do volume de dias precipitados, com valores de 11,06 % e 11,65% abaixo da média histórica, respectivamente;
- Para os eventos de La Niña de forte intensidade foi verificado um incremento de 9,32 % ao número de dias. Contudo, em eventos de intensidade moderada, foi observada retração quanto ao número de dias precipitados, com 9,21 % abaixo da série histórica. Por outro lado, o volume médio precipitado nos eventos moderados foi o maior registrado, ficando 13,30 % acima da média histórica;
- O entendimento da interferência dos eventos El Niño e La Niña nos ciclos pluviométricos na região de Boa Vista apontam para a necessidade do estado e da sociedade civil se organizar aos efeitos de redução dos totais pluviométricos, associados aos ciclos de El Niños, estando entre os principais

efeitos: a retração do volume superficial disponível, estações secas mais fortes e, em consequência disso, a ampliação de eventos de queimadas;

- Outro detalhe a destacar é que o atual El Niño (2015) apresenta fortes indícios de ser o evento mais importante já registrado, superando o El Niño 1997-1998;
- Cabe lembrar que, face ao desenvolvimento eminente da agricultura regional, a proliferação de cultivos irrigados e crescimento dos centros urbanos, a demanda hídrica tem se ampliado gradualmente. Tal fator tem aumentado a pressão sobre os cursos fluviais, especialmente os perenes, implicando também na utilização de maiores volumes de água subterrânea;
- Para ciclos de La Niña pesa o planejamento efeitos provocados por altas pluviométricas, associado ao aumento da recorrência de cheias, danos patrimoniais (estradas, pontes) e pessoais (doenças de veiculação hídrica, aumento do número de pessoas desabrigadas).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Disponível em < <http://www.ana.gov.br/> >. Acesso em 20 set 2015.

ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. **Precipitação Pluviométrica Mensal Provável Em Boa Vista, Estado De Roraima, Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.3, p.563-567. Campina Grande-PB. 2001.

BARBOSA, R. I., FERREIRA, E. J. G & Castellón. **Distribuição das chuvas em Roraima.** Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima. INPA, p. 325-335, 1997.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. Brasília: **Pesq. agropec. bras.**, v. 40, n. 5, p. 423-432, 2005.

CAVALCANTI, I. F. A.; SILVEIRA, V. P.; ALVES, L. M. Características atmosféricas e oceânicas em anos de seca. In: BORMA, L. S.; NOBRE, C. A. (Org.). **Secas na Amazônia: causas e consequências.** São Paulo: Oficina de Textos, p. 54-77, 2013.

CLIMATE PREDICTION CENTER. Disponível em < <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/> >. Acesso out. 2015.

COELHO, C. A. S. et al. As secas de 1998, 2005 e 2010 - análise climatológica. In: BORMA, L. S.; NOBRE, C. A. (Org.). **Secas na Amazônia: causas e consequências.** São Paulo: Oficina de Textos, p. 89-122, 2013.

CUTRIM, E. M. C.; MOLION, L. C. B.; NECHET, D. Chuvas na Amazônia Durante o Século XX. In: XI Congresso Brasileiro De Meteorologia, Rio de Janeiro. **Anais do XI CBMET.** Rio de Janeiro, RJ : SBMET, p. 1327-1333. 2000.

EVANGELISTA, R. A. O.; SANDER, C.; WANKLER, F. L. Estudo preliminar da distribuição pluviométrica e do regime fluvial da bacia do rio branco, estado de Boa Vista – RR. In: SILVA, P. R. F, OLIVEIRA, R. S. (Org.) **Roraima 20 anos: as geografias de um novo estado.** – Boa Vista editora UFRR, 2008.

GONZALEZ, R. A. A influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 4, p. 469-480, 2013.

HIGUCHI, N; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N; HIGUCHI, F. G.; CHAMBERS, J. Q. A Floresta Amazônica e a Água da Chuva. **Floresta**, v. 41, n. 3, p. 427-434. 2011.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia.** Sistema Nacional de Informações Hidro-Meteorológicas - Médias mensais de precipitação período 1961 a 2015 – 1º Distrito de Meteorologia. Manaus – 2015.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Frequência dos fenômenos de El Niño e La Niña.** Disponível em: <http://www.inpe.br/anos.cptec.inpe.br/>. Acesso out. 2014.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

_____. **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.** Brasília: MMA, 2006. 212 p



MARENGO, J.; OLIVEIRA, G. S. Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação de La Niña de 1998 e 1999. **Anais VIII CBMet**. EN98007. 15 p. 1998.

MENDONÇA, F., DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo, Oficina de textos, 206p. 2007.

MOURÃO, G. M. N. Roraima no contexto agrário. In: SILVA, P. R. F., OLIVEIRA, R. S. (Org.). **Roraima 20 anos: as geografias de um novo estado**. – Boa Vista editora UFRR, 2008.

MOLION, L. C. B.; IMBUZEIRO, H. M. A.; CAVALCANTI, I. F. A. Chuvas intensas no leste da Amazônia: fevereiro de 1980. **Revista Climanálise**, ano 3, n. 1, p. 20-27, 2006.

_____. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do Pacífico. **Revista Climanálise**, ano 03, n. 1, p. 1-5, 2005.

NASA. Jet propulsion laboratory. Disponível em <https://sealevel.jpl.nasa.gov/el_nino2015/index.html>. Acesso out. 2015.

SANDER, C.; GASPARETTO, N. V. L.; SANTOS, M. L. dos; WANKLER, F. L.; ALMEIDA, D. A. de; MORAGA, C. H. Fenômenos de cheias e eventos de inundação na cidade de Boa Vista. In: WANKLER, F. L.; HOLANDA, E. C.; VASQUEZ, M. L. **Contribuição à Geologia da Amazônia**. Belém: SBG – Núcleo Norte. Vol. 8, p. 221– 234. 2013.

SANDER, C. Geomorfologia da planície aluvial do alto rio Branco em Roraima: Dinâmica e processos evolutivos. 230 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual de Maringá, 2015.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazônica**, v. 30, n. 2, p. 305-318, 2000.