



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Influência da Oscilação da Temperatura do Oceano Pacífico Equatorial no Regime de Precipitação da Região Hidrográfica do Atlântico Leste

Leandro de Santana Santos¹, Ludmilson Abritta Mendes²

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Laboratório de Modelagem Matemática em Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon, s/n, Jd. Rosa Elze, CEP 49000-100, São Cristóvão, Sergipe. (79) 3194-7576. leandrosantana14@gmail.com.

²Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil, docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon, s/n, Jd. Rosa Elze, CEP 49000-100, São Cristóvão, Sergipe. (79) 3194-7576. lamendes@ufs.br.

Artigo recebido em 15/02/2020 e aceito em 30/04/2020

RESUMO

Diante do cenário de estresse hídrico e alteração dos regimes pluviométricos, neste trabalho foi realizada uma avaliação da interferência do El Niño Oscilação Sul no regime pluviométrico da Região Hidrográfica do Atlântico Leste. Para tal, utilizou-se os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney para avaliar se, no período entre os anos de 1950 e 2018, há interferência dos fenômenos El Niño e La Niña na precipitação registrada nos períodos úmido e seco da região. Foi encontrada uma relação entre a ocorrência das anomalias climáticas sobre as médias das chuvas tanto nos meses secos quanto nos meses úmidos. Verificou-se que existe uma predominância dos efeitos de La Niña no período seco e que, no período úmido, La Niña influencia a porção norte da bacia e El Niño a porção sul.

Palavras-chave: ENOS, Variabilidade Climática, Precipitação.

Influence of Equatorial Pacific Ocean Temperature Oscillation on the Precipitation Regime of the East Atlantic Hydrographic Region

ABSTRACT

Given the scenario of water stress and alteration of rainfall regimes, in this work an evaluation of the interference of El Niño Southern Oscillation in the rainfall of the East Atlantic Hydrographic Region was performed. For this purpose, the nonparametric Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests were used to evaluate the stationarity of the basin rainfall series from 1950 to 2018. A relationship was found between the occurrence of climatic anomalies on the mean rain both in the dry and wet periods. It was found that there is a predominance of La Niña effects in the dry season and that in the wet season La Niña influences the northern portion of the basin and El Niño the southern portion.

Keywords: ENSO, Climate Variability, Precipitation.

Introdução

A região Nordeste do Brasil (NEB), com 53 milhões habitantes, é a segunda mais populosa do país, abrangendo 27,8% da população brasileira (IBGE, 2010). Trata-se da região com menor disponibilidade de recursos hídricos do país, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH, 2019), o que torna a garantia do atendimento das demandas hídricas na região um desafio aos diversos atores envolvidos no gerenciamento dos recursos hídricos.

Um dos fatores responsáveis pelo baixo índice de pluviosidade na região é a sua própria localização geográfica, que se encontra na Zona Intertropical do planeta, o que causa grande incidência de luz e acarreta altas temperaturas durante todo o ano (Ferreira e Mello, 2005). O clima predominante na região é o semiárido, que se caracteriza por apresentar temperaturas elevadas, chuvas escassas e irregulares. Segundo Filho et al. (2018), a seca no NEB está diretamente ligada à variabilidade interanual da distribuição de chuvas. A região apresenta a pior distribuição de pluviosidade de acordo com o mapa das faixas de precipitação média anual do Brasil (SNIRH, 2019), que mostra a discrepância entre as médias anuais do Brasil entre 1977 e 2006.

Outros fatores podem ser apontados como motivadores do baixo regime pluviométrico no NEB. Entre esses fatores, podem-se citar a formação de um ramo subsidente da célula de Walker, que se desenvolve sobre a costa Ocidental da América do Sul, ocasionando na redução da precipitação; o bloqueio, em anos de seca, da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ao norte de sua posição normal, o que deixa o NEB sob uma região de subsidência que inibe a precipitação, e os efeitos de circulação de grande escala El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico (Nóbrega et al., 2016). Os eventos extremos que ocorrem sobre o NEB, como chuvas torrenciais e secas severas, têm sido relacionados aos padrões anômalos de grande escala da circulação atmosférica global, inclusive o El Niño (Marengo et al., 2016; Salgueiro et al., 2016).

El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de interação oceano-atmosfera, relacionado a anomalias na temperatura média do oceano (Marengo et al., 2016). Segundo Molion (2017), o El Niño (EN) é o aquecimento das águas do Pacífico Tropical próximo à costa da América do Sul. Hiera et al. (2019) pontuou que a ZCIT encontra-se mais ao norte de sua posição normal durante os anos de EN, assim os ventos alísios de sudeste e de nordeste são mais fracos, acarretando redução da umidade que penetra o NEB. Associado

a isso, o episódio do EN é caracterizado pelo aquecimento da água superficial do Pacífico Tropical (Temperatura da Superfície do Mar – TSM), no qual as pressões atmosféricas diminuem em relação à normal. Por outro lado, os eventos de La Niña (LN) caracterizam-se pelo resfriamento das águas superficiais e aumento na intensidade dos alísios, os quais atingem velocidades acima da média (Molion, 2017).

Estudos como os de Araújo et al. (2013), Filho et al. (2018) e Pinheiro et al. (2018) apontam que EN é um dos responsáveis pela redução das chuvas na região NEB e, a depender da intensidade e do período do ano em que se manifesta, é responsável por anos considerados secos e muito secos, principalmente se ocorrer em conjunto com o Dipolo Positivo do Atlântico, que é também desfavorável às chuvas. Em contrapartida, o fenômeno LN, quando associado ao Dipolo Negativo do Atlântico, é normalmente responsável por anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos no NEB (Ferreira e Mello, 2005).

O fenômeno conhecido como Dipolo do Atlântico se apresenta quando ocorre uma diferença na TSM do Atlântico Tropical Norte (ATN), Atlântico Equatorial (AE) e Atlântico Tropical Sul (ATS), causando movimentos descendentes quando o ATN está quente e o AE e ATS estão mais frios, diminuindo a precipitação sobre o NEB (dipolo positivo). Quando as águas do ATN estão mais frias e as águas do ATS estão mais quentes, ocorrem movimentos ascendentes anômalos, aumentando a precipitação no NEB (dipolo negativo) (Costa et al., 2018).

Lima e Nunes (2018) mostraram que EN e LN também influenciam na intensidade das correntes de jato, devido ao incremento da TSM do Pacífico acarretar em um maior gradiente de temperatura em latitudes médias. Mas os efeitos de EN e LN não se concentram apenas no âmbito meteorológico. De acordo com Santos et al. (2011), nos anos em que ocorrem EN, o solo apresenta menores valores de umidade quando comparado com anos em que ocorrem LN, de modo que o regime térmico e hídrico do solo também sofre influência destes fenômenos.

Nesse contexto, fica evidente que a descoberta de relações entre os efeitos de EN e LN e o regime pluviométrico podem se tornar ferramentas no auxílio a prevenção contra eventos críticos, como as secas ou como as inundações, que já tiveram seu aumento de ocorrências relacionado a episódios de ENOS por Silva et al. (2020). Essas ferramentas também podem contribuir para um melhor gerenciamento de recursos hídricos, com impactos na agropecuária, o principal setor econômico das regiões afetadas pela seca, cujo

colapso pode elevar o nível de incidência de pobreza na região (De Nys e Engle, 2015).

Estudos publicados sobre a influência do ENOS no regime de chuvas no Brasil envolveram as regiões Sul e Sudeste (Cera e Ferraz, 2015; Santos et al., 2016; Lima e Nunes, 2018), o Norte e a parte setentrional do NEB (Araújo et al., 2013; Nóbrega et al., 2016; Almeida e Medeiros, 2017; Pinheiro et al., 2018; Salgueiro et al., 2018). Esses estudos, no entanto, deixam uma lacuna no NEB correspondente à Região Hidrográfica do Atlântico Leste (RHAL), uma região de grande extensão situada entre o Sudeste do Brasil e o Nordeste Setentrional, as quais se diferenciam quanto às características climatológicas.

Por se localizar entre duas regiões que apresentam efeitos opostos quando da ocorrência de ENOS, suspeita-se que a RHAL possua um caráter de transição no que se refere aos efeitos gerados pelos fenômenos de EN e LN entre o Nordeste Setentrional e o Sudeste do Brasil. Assim, o objetivo deste estudo é identificar, na RHAL, as áreas mais suscetíveis a alterações no regime

pluviométrico devido à influência das anomalias meteorológicas do ENOS provenientes do Oceano Pacífico, diferenciando os efeitos de EN e de LN, quantificar essas alterações e localizá-las ao longo da RHAL.

Metodologia

A área de estudo compreende as principais bacias hidrográficas inseridas na RHAL, a qual engloba parte dos estados de Sergipe, Bahia, Espírito Santo e Minas Gerais. Segundo a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH) (BRASIL, 2006), a RHAL apresenta 386.092 km² de área, superfície que corresponde a aproximadamente 4% do território brasileiro, com 26% no estado de Minas Gerais, 69% no estado da Bahia, 1% no Espírito Santo e 4% em Sergipe. As maiores altitudes da RHAL ultrapassam os 1100 m e se situam ao longo do divisor com a bacia hidrográfica do rio São Francisco, limite oeste da RHAL, como apresentado na Figura 1.

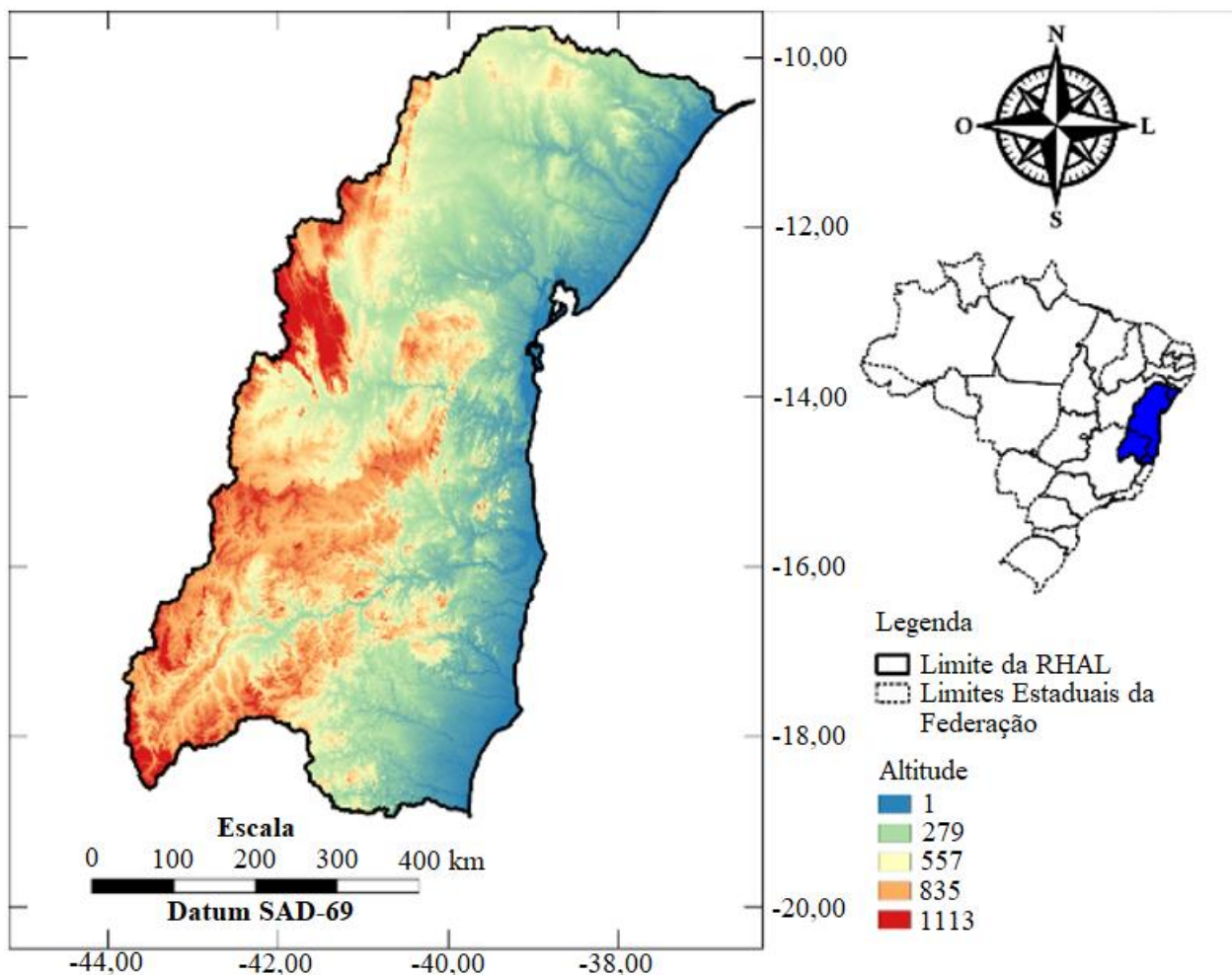


Figura 1 – Localização e mapa altimétrico da Região Hidrográfica do Atlântico Leste

Fonte: Autores (2019)

A RHAL apresenta quatro climas: árido, semiárido, úmido e subúmido, sendo uma região com forte incidência de radiação solar. A evapotranspiração anual oscila de 1400 mm em Salvador e Aracaju a menos de 900 mm na Chapada Diamantina, conforme apresentado na Figura 2. Porções da RHAL fronteiriças à bacia do rio São Francisco estão dentro do Polígono da Seca. As precipitações totais apresentam bastante variação dentro da região, com as precipitações médias anuais variando de 1985 mm em Salvador a 835 mm na estação do Senhor do Bonfim. As chuvas são abundantes ao longo da costa durante o ano, porém na região de Aracaju e de Camaçari as

chuvas se concentram entre março e julho. À medida que se afastam do litoral, as chuvas diminuem e tendem a se concentrar nos meses de novembro a abril (BRASIL, 2006).

A umidade relativa varia bastante dentro da região, diminuindo no sentido litoral-continente. Os valores anuais máximos de umidade (83%) se encontram em Ilhéus e Canavieiras, com os mínimos em Monte Carlo (63%) e Espinosa (60%), próximas a Minas Gerais, onde os valores de umidade relativa do ar podem chegar a 50% nos meses de agosto e setembro. (BRASIL, 2006).

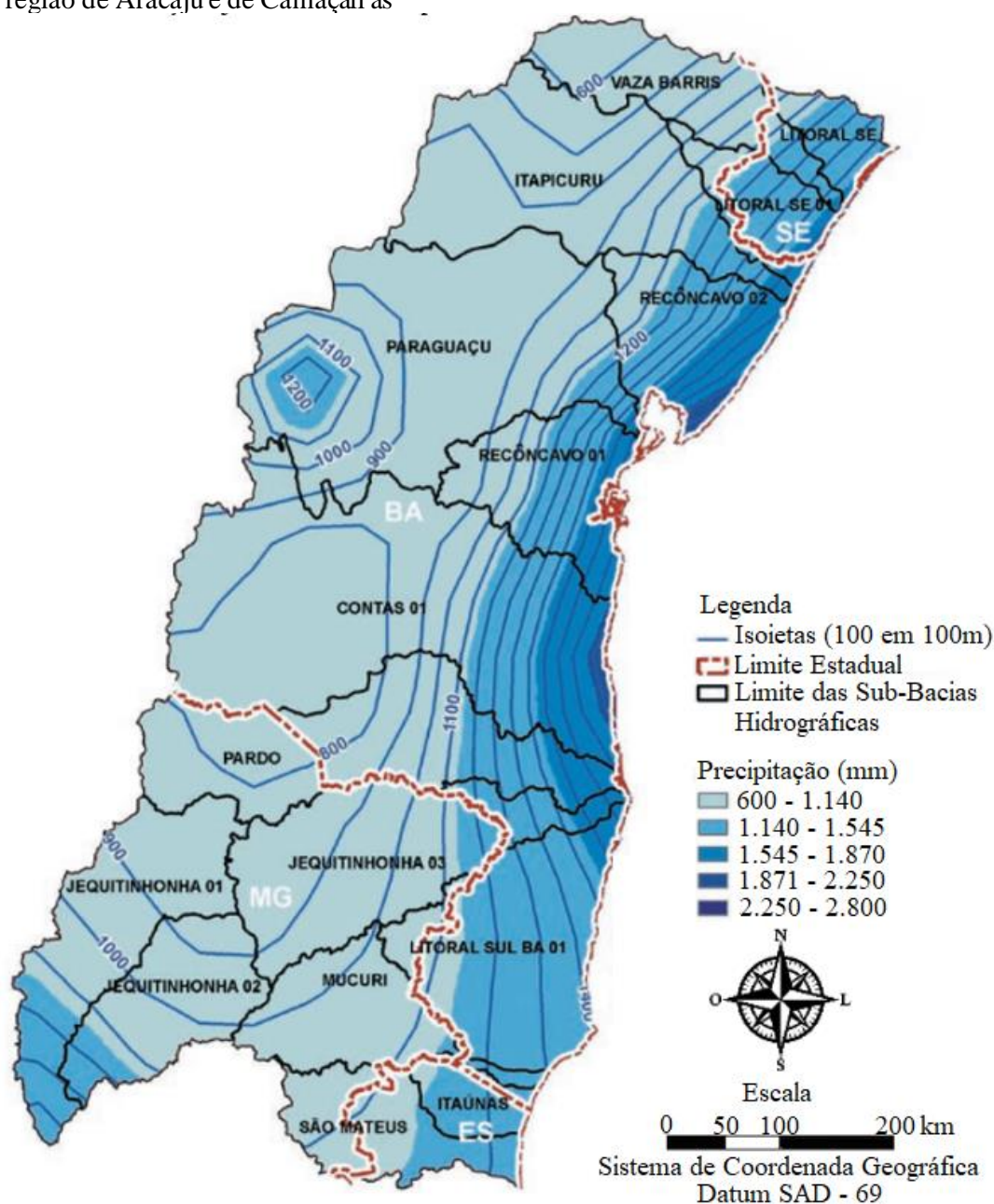


Figura 2 – Precipitação Média Anual (mm) da RHAL.
Fonte: Adaptado de SRH (2006)

Para a análise dos efeitos dos fenômenos EN e LN, foram levantados postos pluviométricos próximos às regiões de nascente e de foz das bacias com o auxílio do portal Hidroweb (ANA, 2019a). O programa Hidro, disponibilizado no portal, foi utilizado para a organização e seleção dos dados.

Na Figura 3 são apresentadas as sub-bacias e a localização dos postos utilizados. Na Tabela 1 as informações fisiográficas de cada bacia são exibidas, e a Tabela 2 expõe os dados de cada posto pluviométrico utilizado.

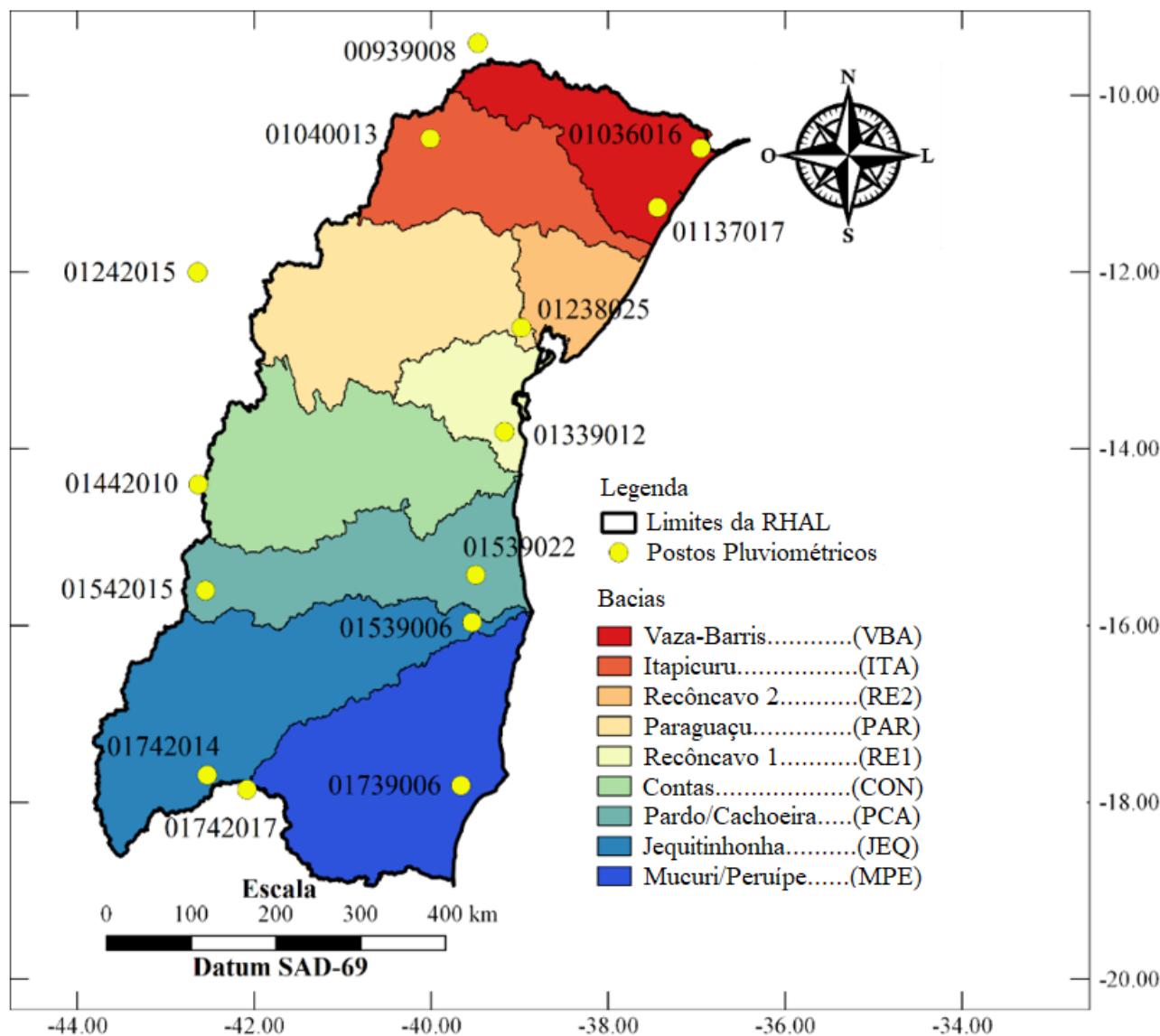


Figura 3 – Descrição das bacias e localização dos postos pluviométricos.
Fonte: Autores (2019)

Tabela 1 – Área (A) e Perímetro (P) das bacias da RHAL.

Bacia	VBA	ITA	RE2	PAR	RE1	CON	PCA	JEQ	MPE
A (km ²)	31913,1	36979,6	17245,1	56426,0	18537,9	56991,0	44086,1	73031,7	66085,8
P (km)	1293,0	1385,2	819,6	1660,6	970,9	1792,7	1770,3	2095,4	1496,6

Fonte: Adaptado de ANA (2019b)

Tabela 2 – Dados dos postos pluviométricos utilizados no estudo

Bacia	Código	Nome	Operador	Localização	Lat.	Long.	Período
VBA	01036016	Japaratuba	ANA	Foz	-10,60°	-36,95°	Out/44 - Set/91
	00939008	Patamute	DNOCS	Nascente	-9,41°	-39,47°	Jun/11 - Mar/91
ITA	01137017	Estância	CPRM	Foz	-11,27°	-37,44°	Out/44 - Atual
	01040013	Açude Quicé	DNOCS	Nascente	-10,49°	-40,01°	Mar/59 - Dez/91
PAR/RE2	01238025	São Félix	DNOCS	Foz	-12,63°	-38,98°	Out/45 - Ago/91
	01242015	Brotas de Macaúba	CPRM	Nascente	-12,00°	-42,63°	Jan/76 - Atual
CON/RE1	01339012	Ituberá	CPRM	Foz	-13,81°	-39,17°	Out/64 - Atual
	01442010	Guirapa	DNOCS	Nascente	-14,40°	-42,63°	Jun/36 - Fev/01
PCA	01539022	Camacan	CPRM	Foz	-15,43°	-39,49°	Fev/63 - Atual
	01542015	R. Pardo de Minas	CPRM	Nascente	-15,60°	-42,55°	Out/76 - Atual
JEQ	01539006	Itapebi	CPRM	Foz	-15,96°	-39,53°	Jun/43 - Atual
	01742014	Capelinha	CPRM	Nascente	-17,69°	-42,53°	Set/75 - Atual
MPE	01739006	Helvécia	CPRM	Foz	-17,81°	-39,66°	Dez/41 - Atual
	01742017	Malacacheta	CPRM	Nascente	-17,85°	-42,08°	Dez/73 - Atual

Fonte: Adaptado de Hidroweb (2019)

Os dados dos postos foram submetidos ao teste não paramétrico de Spearman, para avaliar a estacionariedade, a qual se refere ao fato de que, quando as flutuações aleatórias são excluídas, as observações amostrais são invariantes com relação à cronologia de suas ocorrências (Naghettini e Pinto, 2007). O teste consiste em encontrar uma correlação entre a ordem m_t de classificação, pela magnitude, da sequência representada pela série hidrológica X_t , e os índices de tempo T_t . O coeficiente r_s , dado pela Equação 1, é a base do teste de Spearman, em que N é o número de elementos da série:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{t=1}^N (m_t - T_t)^2}{N^3 - N} \quad (1)$$

Sob a hipótese de que não há correlação entre m_t e T_t e para $N > 10$, demonstra-se que a distribuição de r_s pode ser aproximada por uma Normal de média zero e variância dada por:

$$Var[r_s] = \frac{1}{N-1} \quad (2)$$

que segue uma distribuição Normal padrão.

A estatística T do teste de Spearman é dada por:

$$T = \frac{r_s}{\sqrt{Var[r_s]}} \quad (3)$$

O teste de estacionariedade de Spearman foi aplicado considerando a hipótese nula H_0 – a amostra não apresenta tendência temporal – e a hipótese alternativa H_1 – a amostra apresenta tendência temporal. Por se tratar de um teste bilateral, a um nível de significância α , deve-se rejeitar a hipótese nula se $|T| > z_{1-\frac{\alpha}{2}}$.

Neste estudo foram considerados apenas os postos cujas séries de precipitação anual mostraram-se estacionárias pelo teste de Spearman. Tal decisão teve como objetivo garantir a não interferência do viés da pluviosidade na análise dos fenômenos EN e LN.

Com os dados mensais de precipitação de cada posto, foram calculadas suas médias trimestrais para realizar a comparação com os dados de TSM média trimestral móvel normalizada do Oceano Pacífico (Figura 4), observadas para a área Niño 3.4 (5°N-5°S, 170°W-120°W), disponibilizados pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2019).

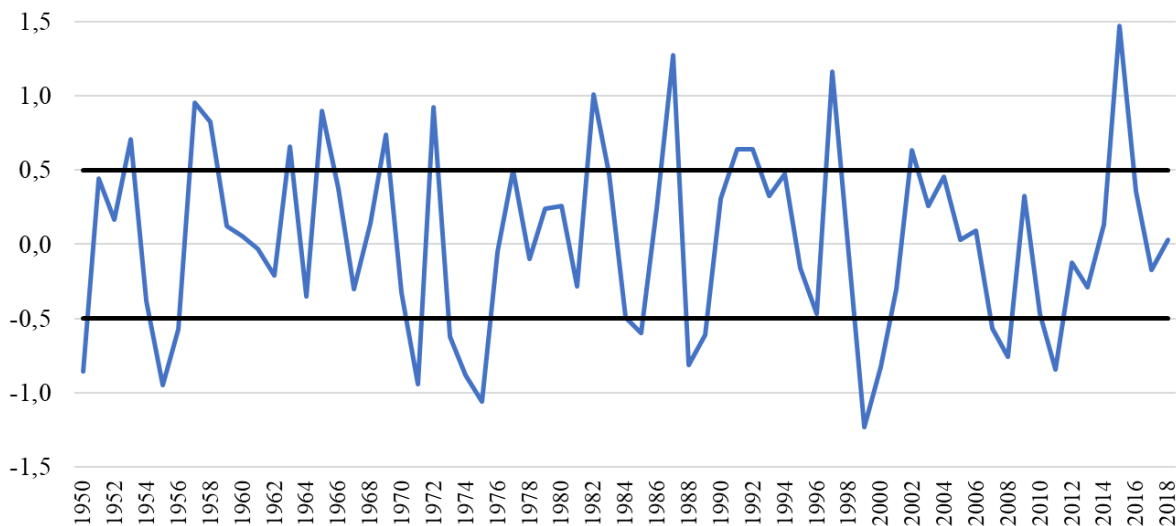


Figura 4 – Comportamento da TSM normalizada do Oceano Pacífico
 Fonte: Adaptado de *National Weather Service* (2019)

Com o objetivo de melhor associar os dados de precipitação aos dados de TSM fornecidos pela NOAA, as anomalias de precipitação foram normalizadas através da média e do desvio padrão, conforme a Equação 4.

$$x_n = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad (4)$$

em que x_n é a anomalia trimestral de precipitação normalizada, x é a precipitação média no trimestre, \bar{x} é a média histórica da precipitação média no trimestre e σ é o desvio padrão da precipitação média do trimestre de interesse.

Com os dados normalizados, as amostras foram separadas em três grupos: um com registros em período de ocorrência de EN, outro com registros em período de ocorrência LN e o terceiro com registros em períodos neutros (N), ou seja, em que não houve manifestação de nenhum dos fenômenos. Para esses grupos, foram realizados os testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e de Mann-Whitney.

Segundo Martins (2008), o teste de Kruskal-Wallis avalia se K amostras provêm de populações com médias iguais. Para realizar o teste, deve-se dispor em ordem crescente as observações de todos os K grupos (neste caso, os grupos são EN, LN e N), atribuindo-lhes posições de 1 a n , e concedendo valores médios no caso de empates. O valor da soma das posições é então calculada e posteriormente o valor da variável de teste H , conforme a Equação 5:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^K \frac{(R_i)^2}{n_i} - 3(n+1) \quad (5)$$

em que n é a quantidade total de elementos, R_i é o somatório das posições dos elementos do grupo i e n_i é a quantidade de elementos do grupo i .

Uma vez que a variável H segue uma distribuição Qui-Quadrado (χ^2), seu valor será comparado com o valor crítico de χ^2 , o qual é função do nível de significância α adotado no teste (neste estudo, $\alpha = 10\%$) e do número de graus de liberdade, igual a $(K-1)$. Considera-se como hipótese nula H_0 que as médias dos K grupos são iguais, e, como hipótese alternativa H_1 , que há pelo menos um par diferente. Caso o valor calculado de H seja maior que o crítico de χ^2 , H_0 é rejeitada, ou seja, pode haver diferença entre as médias com risco igual ao de significância adotado.

A seleção dos postos e a forma de agrupamento dos dados foram motivadas principalmente por dois fatores. O primeiro se deve ao fato de que, inicialmente, foram levantados mais de 60 postos pluviométricos para a realização do teste de Spearman, que se revelou inconclusivo para a maioria dos postos. Devido a isso, foi limitada ainda mais a quantidade de postos, sendo selecionados postos na região litorânea e nas cabeceiras das bacias, de forma que fosse possível observar a influência da continentalidade no regime pluviométrico.

Tal critério acarretou o segundo fator, que é a sazonalidade da ocorrência das chuvas: os períodos secos e úmidos das bacias mudam entre os postos que se encontram próximos à nascente e os próximos ao litoral, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados dos postos pluviométricos

Bacia	Código do posto	Média anual (mm)	Período Úmido			Período Seco		
			Trimestre mais úmido	MHTU (mm)	Meses úmidos	Trimestre mais seco	MHTS (mm)	Meses secos
VBA	1036016	1356,89	AMJ	641,20	Mar-Ago	NDJ	108,12	Set-Jan
	939008	272,94	FMA	83,10	Dez-Abr	JAS	4,60	Mai-Nov
ITA	1137017	1340,52	AMJ	583,27	Mar-Ago	NDJ	149,72	Set-Fev
	1040013	570,81	JFM	129,30	Nov-Mai	ASO	30,69	Jun-Out
PAR/RE2	1238025	1083,11	AMJ	416,03	Mar-Jul	DJF	185,88	Ago-Fev
	1242015	755,31	NDJ	410,50	Out-Mar	JJA	4,77	Abr-Set
CON/RE1	1339012	468,89	FMA	129,11	Nov-Mai	JAS	104,22	Jun-Out
	1442010	747,03	NDJ	439,06	Out-Mar	JJA	3,63	Abr-Set
PCA	1539022	1483,81	FMA	432,46	Nov-Mai	JAS	284,18	Jun-Out
	1542015	836,53	NDJ	491,28	Out-Mar	JJA	12,63	Abr-Set
JEQ	1539006	1231,53	NDJ	415,21	Out-Abr	JAS	221,11	Mai-Set
	1742014	1094,10	NDJ	640,46	Out-Mar	JJA	29,82	Abr-Set
MPE	1739006	1365,66	OND	467,15	Out-Abr	JAS	232,03	Mai-Set
	1742017	1164,63	NDJ	620,42	Out-Mar	JJA	63,97	Abr-Ago

*MHTU – Média Histórica do Trimestre Mais Úmido

*MHTS – Média Histórica do Trimestre Mais Seco

Fonte: Autores (2019)

Os postos da foz das bacias Vaza-Barris, Itapicuru e Paraguaçu apresentam comportamento hidrológico diferente dos demais, com seu período úmido começando em março. Os postos das nascentes dessas bacias, apesar de se encontrarem no semiárido, têm o período úmido com comportamento análogo ao das demais bacias, localizadas mais a sul na RHAL. Dessa forma, é visível que a separação de EN, LN e neutro em períodos mensais não seria a melhor opção, pois os postos ao norte não apresentam comportamento semelhante mesmo estando em latitudes próximas. Logo, a melhor opção para verificar a influência dos fenômenos meteorológicos foi uma segunda separação da manifestação de EN, LN e neutro (N) em períodos secos e úmidos de cada bacia.

Com a nova divisão, os dados foram agrupados em 6 sub-grupos, sendo eles: EN, LN e N no período seco e no período úmido. Para verificar se ocorre alguma alteração entre os grupos, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney. O teste de Mann-Whitney avalia se as médias de duas amostras de tamanhos diferentes provêm de uma mesma população. Para a realização do teste, a série completa é classificada em ordem crescente, indicando a ordem de classificação m de cada observação e a qual sub-amostra ela pertence. Caso as sub-amostras não sejam homogêneas, os elementos de uma sub-amostra podem apresentar ordens de classificação consistentemente maiores ou menores que os valores da outra (Naghttini e Pinto, 2007). O valor

da estatística V do teste de Mann-Whitney é dado pelo menor valor entre as Equações 6 e 7:

$$V_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1(N_1 + 1)}{2} - R_1 \quad (6)$$

$$V_2 = N_1 N_2 - V_1 \quad (7)$$

em que R_1 é a soma das ordens de classificação dos elementos da primeira sub-amostra, N_1 é o tamanho da sub-amostra 1 e N_2 o tamanho da sub-amostra 2, sendo $N_1 \leq N_2$. A estatística do teste (T) é calculada pela Equação 8:

$$T = \frac{V - E[V]}{\sqrt{\text{Var}[V]}} \quad (8)$$

sendo

$$E[V] = \frac{N_1 N_2}{2}$$

e

$$\text{Var}[V] = \frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}$$

A variável segue uma distribuição Normal padrão e o teste é bilateral, a um nível de significância α . Assim, considerando a hipótese nula H_0 – a amostra é homogênea – e a hipótese alternativa H_1 – a amostra não é homogênea –, a decisão deve ser a de rejeitar a hipótese nula se $|T| > z_{1-\frac{\alpha}{2}}$.

Com os resultados dos testes de Mann-Whitney e a partir da análise das médias normalizadas, foi utilizado o programa QGIS para a elaboração de mapas interpolados das variações das temperaturas médias normalizadas. Neste procedimento, foram utilizados os *shapes*, arquivos que contém informações geoespaciais em forma de

vetor que descrevem geometrias, das regiões hidrográficas e suas bacias, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2019b).

Para a construção dos mapas de influência, foram utilizados os valores das alterações mais significativas quando havia influência de EN e LN na RHAL, tanto para o período úmido como para o período seco. Os valores da média das anomalias de precipitação normalizadas, obtidas em cada posto, foram interpolados no QGIS, a fim de se obter a gradação do efeito dos fenômenos a partir do ponto de localização dos postos.

Resultados e Discussões

No mapa apresentado na Figura 5 estão indicados o trimestre mais úmido e o trimestre mais seco de cada posto pluviométrico analisado neste estudo. Os resultados obtidos estão em conformidade com os períodos úmido e seco relatados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM) para a RHAL (CPRM, 2006).

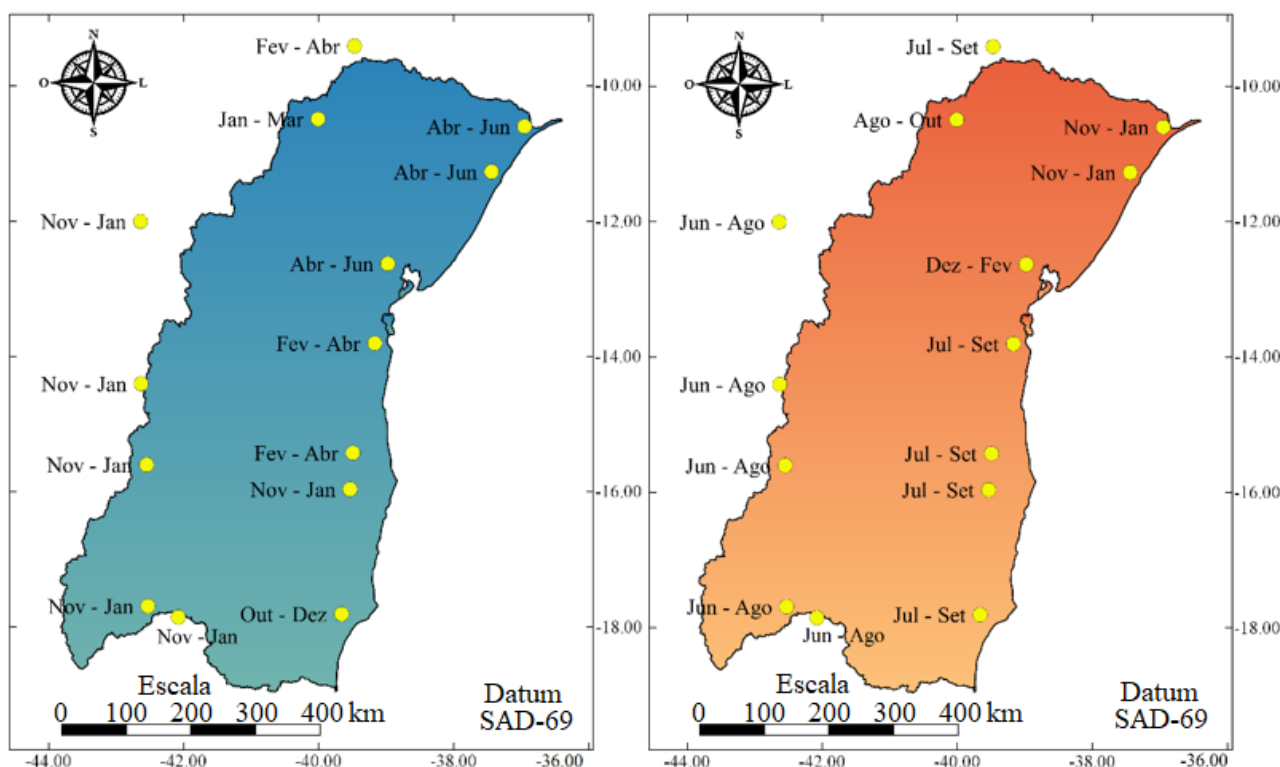


Figura 5 – Meses mais úmidos (esquerda) e mais secos (direita) de cada posto.

Fonte: Autores (2019)

Os resultados do teste de Kruskal-Wallis são apresentados na Tabela 4, realizado com um nível de significância $\alpha = 10\%$. Nota-se que, em todos os postos, foi rejeitada a hipótese nula, ou seja, a precipitação pode estar sofrendo interferência dos eventos de EN e/ou de LN.

O teste de Mann-Whitney faz a análise dos grupos em pares, de forma que são relacionadas as médias normalizadas de anomalias de precipitação entre El Niño e La Niña (ENxLN), entre El Niño e neutro (ENxN) e entre La Niña e neutro (LNxN), tanto no período seco como no período úmido de cada posto. Na Tabela 5 estão apresentados os resultados de valor-p obtidos, com destaque em negrito para os valores menores que $\alpha = 10\%$, o que indica diferença estatística entre os grupos.

Na Tabela 6 estão as médias das anomalias de precipitação trimestral normalizadas (APN) dos postos para os períodos seco e úmido com EN, LN e N em cada bacia da RHAL.

Na bacia do rio Vaza-Barris (VBA), a região das nascentes, situada no sertão semiárido, sofre influência de LN com efeito no aumento da pluviosidade durante o período seco (APN de 0,401). Esse efeito é comprovado estatisticamente pelo baixo valor-p do teste de Mann-Whitney na comparação de LN com EN (0,01%) e N (0,17%), conforme mostrado na Tabela 5. No período úmido, ainda na região das nascentes, não se nota alteração nas chuvas, com médias normalizadas das anomalias de precipitação próximas de zero nas três comparações.

Tabela 4 – Resultados dos testes de Kruskal-Wallis

Bacia	Código	Nome do posto	Localização	χ^2	$\chi^2_{\text{crítico}} = 4,605$
VBA	01036016	Japarutuba	Foz	8,08	Rejeita-se H_0
	00939008	Patamute	Nascente	10,86	Rejeita-se H_0
ITA	01137017	Estância	Foz	25,14	Rejeita-se H_0
	01040013	Açude Quicé	Nascente	10,59	Rejeita-se H_0
PAR/RE2	01238025	São Félix	Foz	31,15	Rejeita-se H_0
	01242015	Brotas de Macaúba	Nascente	8,25	Rejeita-se H_0
CON/RE1	01339012	Ituberá	Foz	8,07	Rejeita-se H_0
	01442010	Guirapa	Nascente	12,87	Rejeita-se H_0
PCA	01539022	Camacan	Foz	12,37	Rejeita-se H_0
	01542015	Rio Pardo de Minas	Nascente	16,10	Rejeita-se H_0
JEQ	01539006	Itapebi	Foz	11,01	Rejeita-se H_0
	01742014	Capelinha	Nascente	7,74	Rejeita-se H_0
MPE	01739006	Helvécia	Foz	8,89	Rejeita-se H_0
	01742017	Malacacheta	Nascente	12,47	Rejeita-se H_0

Fonte: Autores (2019)

Tabela 5 – Resultados do valor-p obtidos no teste de Mann-Whitney

Bacia	Código	Localização	Período Seco			Período Úmido		
			ENxLN	ENxN	LNxN	ENxLN	ENxN	LNxN
VBA	01036016	Foz	10,34%	37,44%	27,07%	0,23%	33,33%	1,65%
	00939008	Nascente	0,01%	24,24%	0,17%	48,00%	47,93%	8,98%
ITA	01137017	Foz	1,25%	29,89%	0,27%	0,01%	58,95%	0,01%
	01040013	Nascente	6,83%	81,14%	2,86%	51,76%	0,34%	5,26%
PAR/RE2	01238025	Foz	0,05%	90,74%	0,08%	0,01%	43,91%	0,01%
	01242015	Nascente	24,77%	3,92%	44,94%	14,35%	3,88%	58,01%
CON/RE1	01339012	Foz	1,20%	29,95%	10,41%	21,73%	0,87%	19,85%
	01442010	Nascente	8,57%	41,06%	1,33%	18,28%	18,51%	1,97%
PCA	01539022	Foz	10,21%	3,35%	76,66%	0,82%	2,40%	96,93%
	01542015	Nascente	3,22%	59,07%	1,15%	5,86%	18,46%	0,17%
JEQ	01539006	Foz	64,04%	32,62%	24,77%	1,72%	59,06%	8,24%
	01742014	Nascente	1,71%	94,45%	1,37%	88,37%	6,95%	6,59%
MPE	01739006	Foz	97,96%	4,89%	3,57%	0,79%	3,82%	46,11%
	01742017	Nascente	6,86%	49,83%	0,90%	76,06%	3,61%	1,05%

Fonte: Autores (2019)

Tabela 6 – Médias das anomalias de precipitação trimestral normalizadas (APN) dos postos

Bacia	Código	Localização	Período Seco			Período Úmido		
			EN	LN	Neutro	EN	LN	Neutro
VBA	01036016	Foz	-0,063	0,089	-0,095	-0,073	0,351	-0,038
	00939008	Nascente	-0,183	0,401	-0,077	-0,023	-0,097	-0,003
ITA	01137017	Foz	-0,055	0,250	-0,091	-0,148	0,483	-0,074
	01040013	Nascente	-0,061	0,362	-0,152	0,286	0,126	-0,178
PAR/RE2	01238025	Foz	-0,179	0,303	-0,072	-0,277	0,542	-0,142
	01242015	Nascente	-0,167	-0,040	0,073	-0,148	0,051	0,109
CON/RE1	01339012	Foz	-0,157	0,190	-0,061	-0,133	0,015	0,118
	01442010	Nascente	-0,051	-0,065	0,129	-0,059	-0,174	0,189
PCA	01539022	Foz	-0,288	0,096	0,118	-0,251	0,097	0,112
	01542015	Nascente	-0,095	-0,331	0,134	0,002	-0,299	0,262
JEQ	01539006	Foz	-0,129	0,180	-0,036	-0,163	0,094	-0,112
	01742014	Nascente	0,063	-0,322	0,101	-0,036	-0,105	0,253
MPE	01739006	Foz	-0,232	-0,170	0,022	-0,250	0,093	0,002
	01742017	Nascente	0,014	-0,313	0,130	-0,064	-0,194	0,268

Fonte: Autores (2019)

A foz do Vaza-Barris também registra influência de LN no aumento da precipitação, porém, ao contrário da nascente, esta alteração se dá no período úmido (APN de 0,351), o que é comprovado pelos baixos valores-p da comparação de LN com EN (0,23%) e N (1,65%). Este resultado mostra conformidade com estudo de Araújo et al. (2013). Na foz do Vaza-Barris não se detectam, no período seco, alterações significativas da pluviosidade.

Na bacia do Itapicuru (ITA), a nascente, situada no sertão semiárido, há influência de EN e de LN no período úmido, que atuam aumentando a precipitação (APN igual a 0,286 e 0,126 respectivamente), o que é confirmado pelo valor-p na comparação de N com EN (0,34%) e com LN (5,26%). Esse resultado está em conformidade com o comportamento de LN descrito por Araújo et al. (2013) para o NEB. No período seco, nota-se aumento da pluviosidade apenas com LN (APN igual a 0,362), que registra valor-p abaixo de 10% na comparação com EN e N. Na foz, predominam os efeitos de LN, com aumento da pluviosidade no período seco (APN de 0,250) mas principalmente no úmido (APN de 0,483), o que se confirma, nos dois períodos, pelos valores-p abaixo de 10% na comparação de LN com EN e N.

Nas bacias do Paraguaçu e Recôncavo 2 (PAR/RE2), a nascente não apresenta indícios da influência de EN e LN nos períodos seco e úmido, com um regime de chuvas estável. A foz, no entanto, tem influência de LN no acréscimo de chuvas tanto no período seco (APN igual a 0,303) e ainda maior no úmido (APN igual a 0,542), com valores-p entre 0,01% e 0,08% nas comparações de LN com EN e N em ambos os períodos. Esse resultado tem coerência com o estudo de Souza et al. (2016), que relatam eventos de chuvas extremas na foz do Paraguaçu.

Nas nascentes da bacia do rio de Contas/Recôncavo 1 (CON/RE1), é identificável pequena diminuição das precipitações por LN no período úmido (APN de -0,174), porém sem significância estatística detectada no teste de Mann-Whitney. Durante o período seco não há indícios de que ocorram efeitos de ENOS nas nascentes. Na foz, a diminuição de chuvas por EN no período seco (APN de -0,157) e no período úmido (APN de -0,133) e o aumento por LN no período úmido (APN de 0,190) não mostraram diferença estatística significativa no teste de Mann-Whitney. Almeida (2002) relata que a região da foz apresenta aumentos e reduções na precipitação durante a ocorrência de EN e durante a ocorrência

de LN, o que pode explicar o resultado inconclusivo no teste feito neste estudo.

Nas bacias dos rios Pardo/Cachoeira (PCA), na região da nascente nota-se, em condições de LN, diminuição das chuvas nos períodos seco (APN igual a -0,331) e úmido (APN igual a -0,299), o que é confirmado pelos valores-p abaixo de 10% na comparação de LN com EN e N em ambos os períodos. Na foz, nota-se interferência do EN nos meses úmidos, também com diminuição da pluviosidade (APN de -0,251), o que foi comprovado pelo valor-p na comparação de EN com LN (0,82%) e com N (2,40%). A diminuição das chuvas na foz durante o período seco (APN igual a -0,288) não é estatisticamente comprovada pelo teste de Mann-Whitney, no qual foi constatada diferença significativa de EN apenas com N e não com LN.

Na bacia do Jequitinhonha (JEQ), a nascente sofre influência de LN, com significativa redução da chuva no período seco (APN de -0,322), o que é confirmado pelo valor-p na comparação LNxEN e LNxN. No período úmido, embora seja notado fraca redução das chuvas tanto por EN (APN de -0,036) como por LN (APN de -0,105), ambos os efeitos são confirmados pelo valor-p na comparação de N com EN (6,95%) e com LN (6,59%). Na foz, o único efeito comprovado pelo teste de Mann-Whitney é o pequeno aumento das chuvas em períodos de LN no período úmido (APN igual a 0,094).

Na região das bacias do Mucuri/Peruípe (MPE), a nascente tem uma redução das chuvas durante a ocorrência de LN no período seco (APN de -0,313) e, no período úmido, uma diminuição da chuva durante a ocorrência dos fenômenos de EN (APN igual a -0,064) e de LN (APN igual a -0,194), todos comprovados pelo teste de Mann-Whitney. Na foz, há diminuição das chuvas no período seco durante a ocorrência de EN (APN de -0,232) e LN (APN de -0,170); no período úmido, notam-se efeitos apenas de EN, com diminuição da pluviosidade (APN de -0,250), resultados comprovados pelos valores-p abaixo de 10% nas comparações do teste de Mann-Whitney.

A anomalia negativa causada por ENOS nas bacias da porção sul da RHAL (PCA, JEQ e MPE) nos períodos secos, identificada pelos resultados deste estudo, está de acordo com o comportamento descrito por Mota et al. (2019) para as proximidades da região.

A Figura 6 apresenta o mapa da RHAL no período seco dos postos, apontando qual ou quais fenômenos são responsáveis pelas anomalias na média de precipitação.

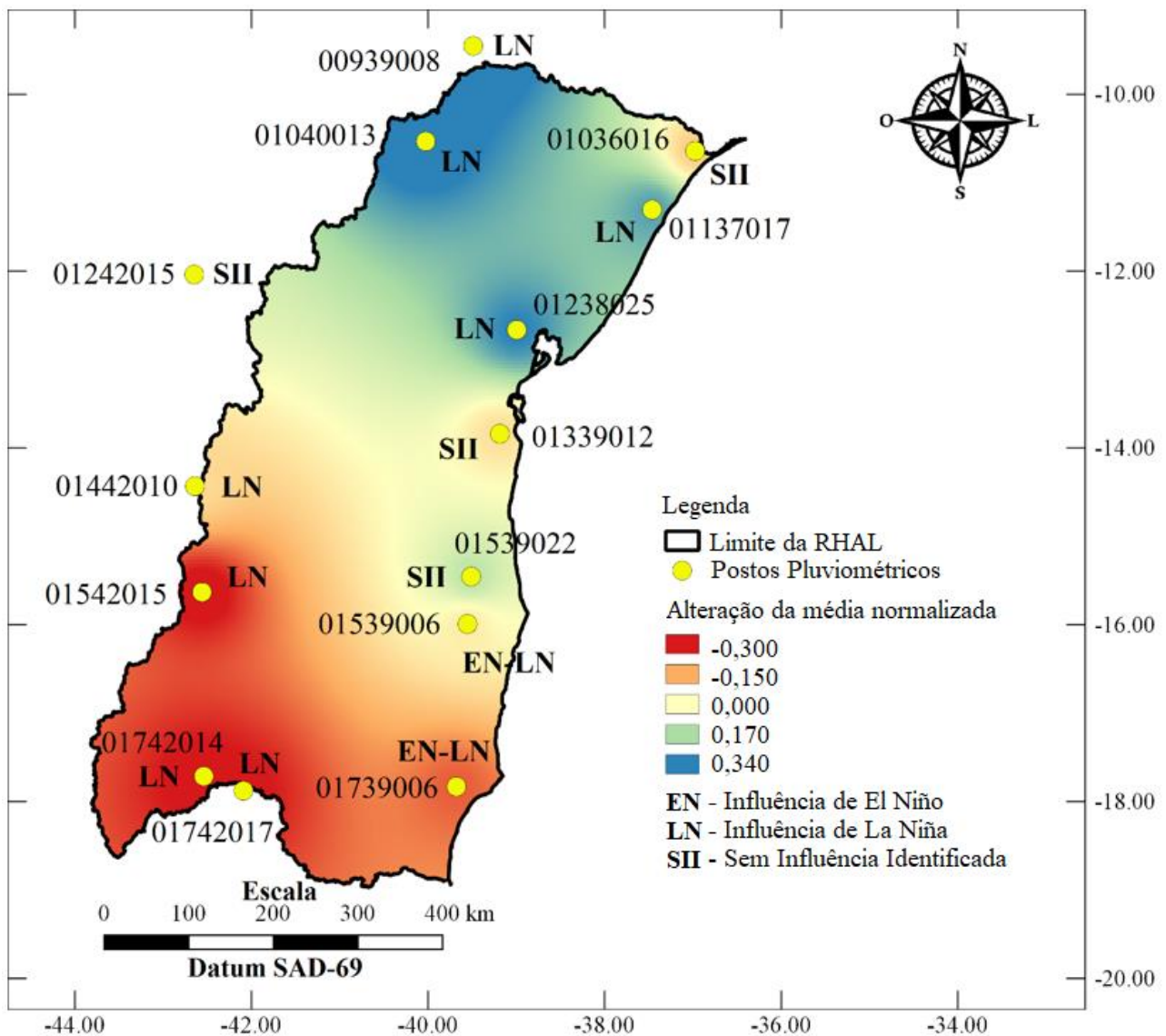


Figura 6 – Mapa da influência dos efeitos de EN e LN durante o período seco dos postos.
 Fonte: Autores (2019)

Ao avaliar a Figura 6, é possível observar que, nos períodos secos, o norte da RHAL tem uma maior alteração na média normalizada, com significativo aumento das chuvas em meses secos de LN nas cabeceiras do Vaza-Barris e na foz do Paraguaçu e proximidades do Recôncavo Baiano. O sul da RHAL apresenta diminuição da pluviosidade em meses secos quando há ocorrência de LN nas cabeceiras do Jequitinhonha e Pardo e, na foz do Mucuri, tanto com EN como LN. A bacia do rio de Contas e a foz dos rios Pardo e Cachoeira constituem uma região intermediária dos efeitos observados no período seco.

A Figura 7 dispõe o mapa dos postos da RHAL no período úmido, com indicação de qual

ou quais fenômenos são responsáveis pela alteração das chuvas. Nota-se que a porção norte da RHAL sofre maior influência dos efeitos de LN na faixa litorânea, com significativo aumento das precipitações. Na porção sul da RHAL nota-se o oposto, ou seja, diminuição da pluviosidade nos meses úmidos, devido tanto a EN como LN. Nota-se também que, nos meses úmidos, os efeitos de ENOS são menos intensos na redução das chuvas, e mais intensos no acréscimo da pluviosidade da RHAL. Analogamente ao que foi percebido no período seco, a bacia do rio de Contas constitui uma região de transição dos efeitos de ENOS no período úmido.

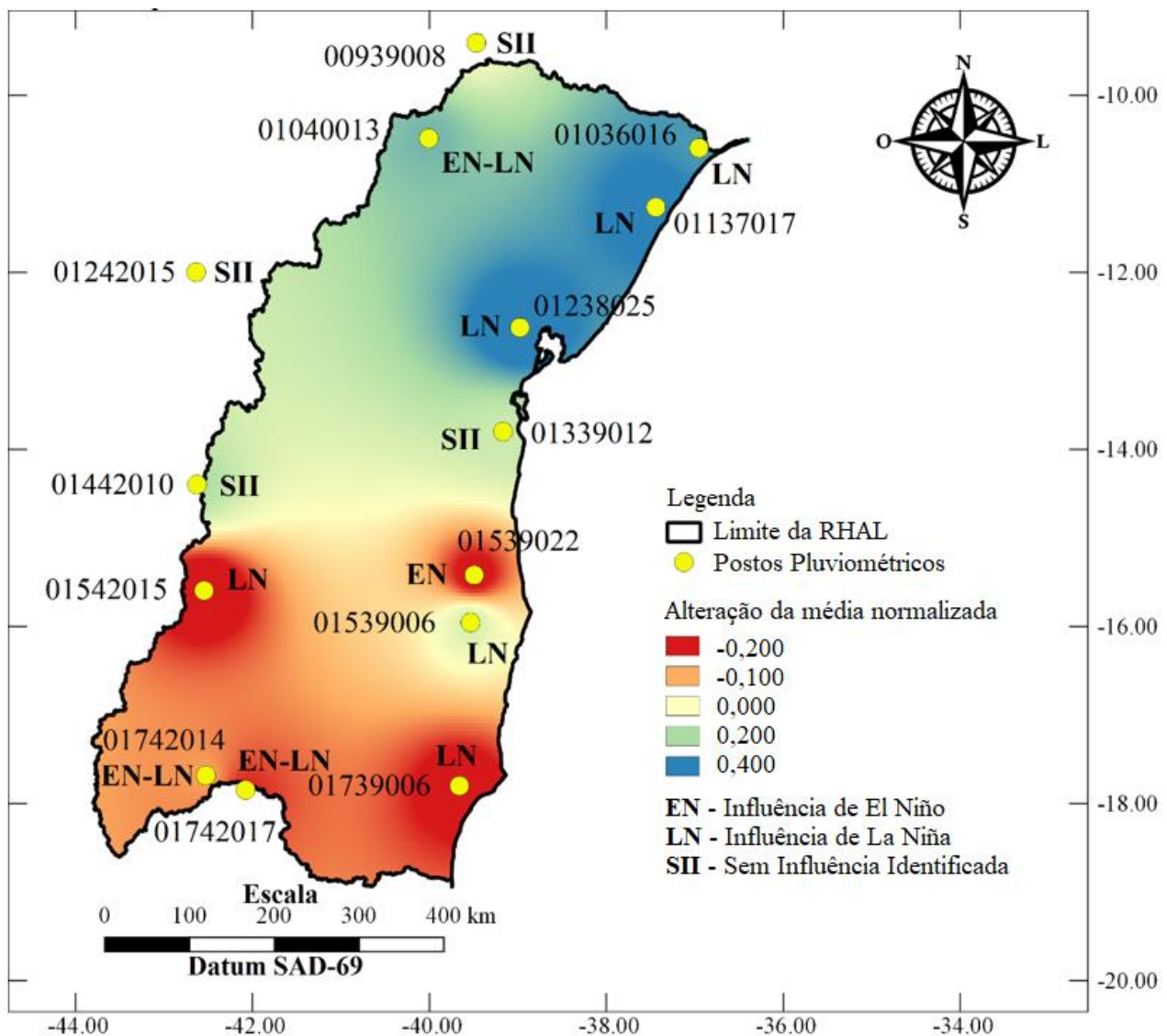


Figura 7 – Mapa da influência dos efeitos de EN e LN durante o período úmido dos postos.
 Fonte: Autores (2019)

Outra forma de visualizar a variação espacial das anomalias da precipitação na RHAL é apresentada na Figura 8, que mostra os efeitos observados em uma mesma época do ano: semestre abril-setembro e o semestre outubro-março.

Nota-se que, nas bacias da porção norte da RHAL, a maior alteração da pluviosidade é positiva, ocorrendo com maior intensidade na nascente e na foz do Itapicuru no semestre de outubro-março, ou seja, nos meses secos no litoral e úmidos no interior. Porém, no semestre abril-

setembro, a alteração positiva abrange toda a porção norte da RHAL, porém com intensidade menor que no semestre outubro-março.

Para as bacias da porção sul da RHAL, as alterações de precipitação são negativas em ambos os semestres. Nesta porção da RHAL, o semestre seco é abril-setembro tanto para o litoral como para o interior, e as alterações são mais intensas neste semestre do que em outubro-março, manifestando-se principalmente na região das nascentes.

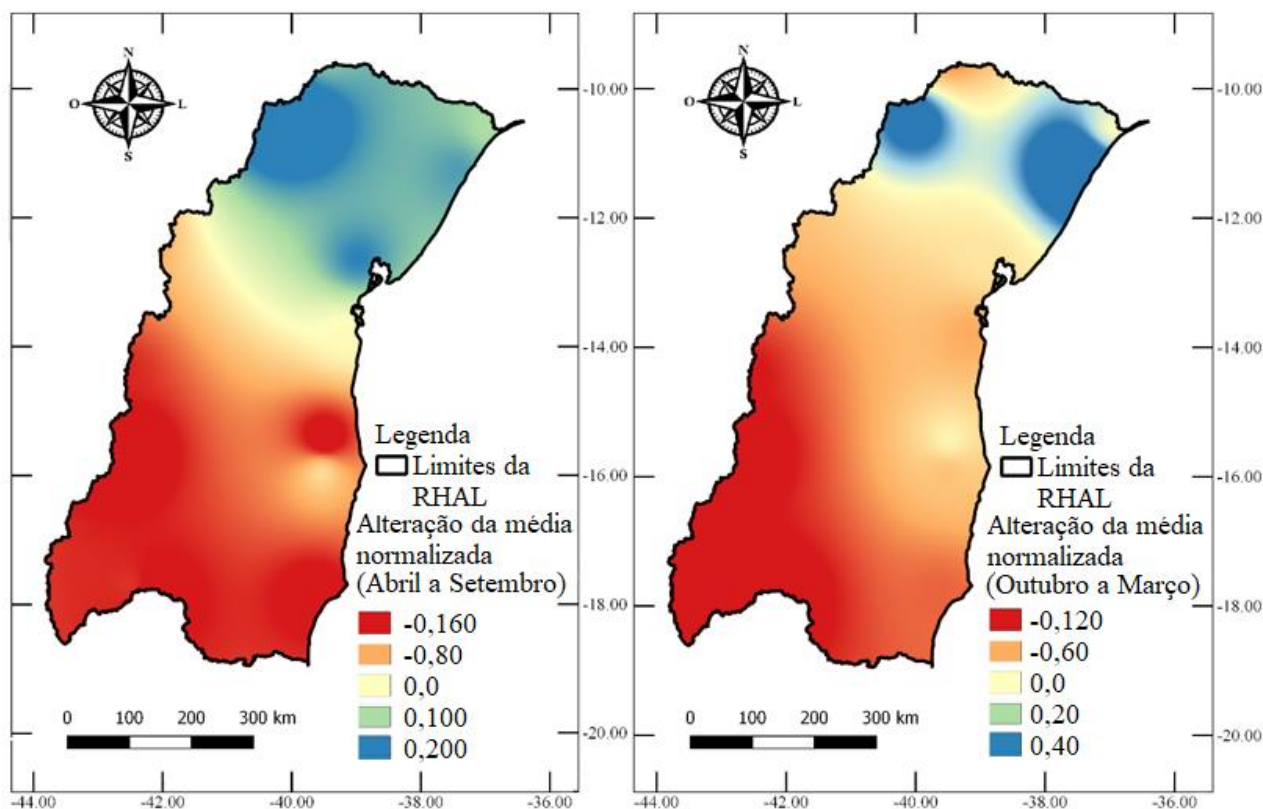


Figura 8 – Mapa da influência dos efeitos de EN e LN nos semestres de abril-setembro (esquerda) e de outubro-março (direita).
Fonte: Autores (2019)

Conclusões

Este estudo apresentou a influência dos fenômenos meteorológicos de EN e LN na Região Hidrográfica do Atlântico Leste, que está de acordo com o apresentado por Pinheiro et al. (2018) para a porção do NEB situada além do limite norte da RHAL, e conforme apresentado por Santos et al. (2016) para regiões situadas além do limite sul da RHAL. Também foi possível identificar as áreas de influência dos fenômenos a partir de mapas interpolados.

Os resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Mann-Whitney mostram que, na porção norte da RHAL, a tendência da ocorrência das anomalias meteorológicas levam a um acréscimo na quantidade de chuva, mesmo durante a ocorrência de EN, que geralmente está ligado a redução da pluviosidade (Pinheiro et al., 2018), sendo que esse comportamento já havia sido observado por Costa et al. (2015) em seu estudo sobre as tendências nos extremos de precipitação sobre a região semiárida do NEB. Já na porção sul da RHAL, constatou-se a tendência de redução de chuva quando há a influência dos eventos meteorológicos, mesmo quando LN se manifesta, de forma que nem sempre LN está atrelada a um acréscimo da pluviosidade, conforme apresentado por Ferreira e Mello (2005).

Destaca-se que a RHAL é uma área de transição dos efeitos de EN e LN, sofrendo aumento na pluviosidade ao norte e redução ao sul, com a bacia de Contas e a foz dos rios Pardo e Cachoeira sendo uma zona de transição, onde os efeitos não ocorrem com grande intensidade, ou até mesmo não se apresentam, em conformidade ao observado para a região Sudeste do Brasil por Santos et al. (2016), e para a Paraíba, situada ao norte da RHAL, por Almeida e Medeiros (2017).

É perceptível que, quando comparados os mapas interpolados com o mapa da divisão climática da Secretaria dos Recursos Hídricos (BRASIL, 2006), na porção situada no semiárido a diferença pluviométrica apresenta menor acréscimo de chuva, principalmente na região da bacia do rio de Contas e na foz do Pardo/Cachoeira. Isso indica que, à medida que os efeitos se aproximam da zona de transição, a influência de EN e LN vai se tornando mais litorânea que continental, ao contrário da bacia do Vaza-Barris, localizada na porção norte da RHAL, cuja influência no posto da nascente e da foz se inverte entre os períodos seco e úmido.

Estudos anteriores como os de Nóbrega et al. (2014), Nóbrega et al. (2016) e Silva (2017) mostram que os efeitos da TSM do Atlântico podem ser responsáveis por uma maior perturbação

no regime pluviométrico do NEB que os efeitos das anomalias de TSM do Pacífico. Pereira et al. (2020) também comentam que a relação entre os efeitos de EN e LN e a pluviosidade no litoral nordestino (na região conhecida como Zona da Mata) se apresentam de forma mais evidente, enquanto que o dipolo positivo apresenta uma relação com grande extensão do Nordeste, abrangendo até a parte central da Amazônia (Nóbrega et al., 2016). Isso pode explicar os resultados inconclusivos obtidos em alguns postos, principalmente na região das nascentes, que podem vir a apresentar um comportamento mais radical caso os efeitos das anomalias de TSM dos dois oceanos forem levados em consideração. Esse estudo fornece elementos para que se incorpore a análise da influência do dipolo em trabalhos futuros.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Modelagem Matemática em Engenharia Civil (LAMEC), do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe, pela estrutura disponibilizada.

Referências

- ANA. Agência Nacional de Águas. Portal Hidroweb. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/mapa_hidroweb.jsf. Acesso em: 05 ago. 2019a.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Metadados. Unidade de Planejamento Hídrico. 2017. disponível em: http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/04a2bb5750c8467c8216ea4cdd100efa_0. Acesso em: 10 set. 2019b.
- Almeida, H. A. de. (2002). Relação entre o fenômeno el niño-oscilação sul e a ocorrência de chuvas no Sudeste da Bahia. (Nº 183). Boletim técnico. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC.
- Almeida, H. A. de, & Medeiros, E. A. (2017). Variabilidade no regime pluvial em duas mesorregiões da Paraíba e sua relação com o fenômeno EL Niño Oscilação Sul. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 2(3), 177–185. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.3.2017.1340.177-185>
- Araújo, R. G., Andreoli, R. V., Candido, L. A., Kayano, M. T., & Souza, R. A. F. de. (2013). A influência do evento El Niño-Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. *Acta Amazonica*, 43(4), 469-480. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000400009>
- BRASIL. (2006). Ministério do Meio Ambiente. Caderno da Região Hidrográfica do Atlântico Leste. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011024710.pdf. Acesso em: 03 de ago. 2019.
- Cera, J. C., & Ferraz, S. E. T. (2015). Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30(1), 81–88. <https://doi.org/10.1590/0102-778620130588>
- Costa, C. E. A. D. S., & Blanco, C. J. C. (2018). Influência da variabilidade climática sobre a erosividade em Belém (PA). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33(3), 509-520. <https://doi.org/10.1590/0102-7786333010>
- Costa, M. da S., Lima, K. C., Andrade, M. de M., & Gonçalves, W. A. (2015). Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(5), 1321–1334. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150071>
- CPRM/SGB - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (Brasil). Atlas Pluviométrico do Brasil, indicação do mês mais chuvoso/ indicação do mês mais seco, 2006. Escala: 1:5.000.000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html> Acesso em: 10 set. 2019.
- De Nys, E., & Engle, N. (2015). Convivência com o Semiárido e Gestão proativa da seca no Nordeste do Brasil: Uma nova Perspectiva. Disponível em: <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/274491468212968728%20/pdf/90527-PORTUGUESE-REVISED-BRI-PUBLIC-Box391464B-Folheto-Secas-Final.pdf>. Acesso em: 09 de set. 2019.
- Ferreira, A. G., & Mello, N. G. da S. (2005). 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*, 1(1), 15–28. <https://doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25215>
- Filho, W. L. F. C., Santos, T. V. dos, Diogo, A. M., & Amorim, R. F. C. de. (2018). Diagnóstico da Precipitação e EVI em Dois Eventos de Seca no Nordeste do Brasil. *Revista do Departamento de Geografia*, 35, 102–112. <https://doi.org/10.11606/rdg.v35i0.140068>

- Hiera, M. D., Junior, A. F. L., & Zanella, M. E. (2019). Análise da tendência da precipitação no Estado do Ceará no período 1974 a 2016. *Revista Brasileira de Climatologia*, 24. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v24i0.54207>
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Indicadores Sociais Mínimos – ISM. Aspectos demográficos. Brasil. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/indicadoresminimos/tababela1.shtm>. Acesso em: 16 de set. 2019.
- Lima, M. V., & Nunes, A. B. (2018). Comportamento climático do balanço do vento térmico na América do Sul de acordo com os eventos ENOS: Estudo preliminar. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(2), 728–744. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.6.p728-744>
- Marengo, J. A., Cunha, A. P., & Alves, L. M. (2016). A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Revista Climanalise*, 3, 49-54. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011616023>
- Martins, G. de A. (2008). *Estatística Geral e Aplicada*, 3 ed. ATLAS, São Paulo.
- Molion, L. C. B. (2017). Gênese do El Niño. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.51873>
- Mota, E. P. da, Cunha, D. M., Cruz, F. M., & Panquestor, E. K. (2019). Precipitações em Governador Valadares, MG e sua relação com o fenômeno ENOS nos períodos chuvosos de 2008 a 2017. *ForScience*, 7(1). <https://doi.org/10.29069/forscience.2019v7n1.e355>
- Naghetini, M., & Pinto, É. J. de A. (2007). *Hidrologia Estatística*, 1 ed. CPRM, Belo Horizonte.
- National Weather Service. (2019). NOAA's Climate Prediction Center. Cold & Warm Episodes by Season. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 05 de set. 2019.
- Nóbrega, R. S., Santiago, G. A. C. F., & Soares, D. B. (2016). Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. *Revista de Geografia Norte Grande*, 63, 9–26. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022016000100002>
- Nóbrega, R. S., Santiago, G. A. C. F., Nóbrega, R. S., & Santiago, G. A. C. F. (2014). Tendência de Temperatura na Superfície do Mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. *Mercator (Fortaleza)*, 13(1), 107–118. <https://doi.org/10.4215/RM2014.1301.0008>
- Oliveira, G. C. de S., Júnior, J. P. da S., Nóbrega, R. S., & Girão, O. (2011). Uma Abordagem da Geografia do Clima Sobre os Eventos Extremos de Precipitação em Recife–PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4(2), 238–251. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4.2.p238-251>
- Pereira, M. D. B., Moura, M. de O., & Lucena, D. B. (2020). Análise da variabilidade pluviométrica interanual da Zona da Mata Nordestina e a identificação de anos padrão. *Revista Brasileira de Climatologia*, 26(0), Article 0. <https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.61276>
- Pinheiro, E., Vasconcelos Júnior, F. D. C., Martins, E. S. P. R., Passos, D. F., & Pereira, J. M. R. (2018). Relação Entre Duração dos Eventos de El Niño com as Condições do Atlântico Tropical e a Precipitação no Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33(3), 497-508. <https://doi.org/10.1590/0102-7786333009>
- Salgueiro, J. H. P. D. B., Montenegro, S. M. G. L., Pinto, E. J. D. A., Silva, B. B. D., Souza, W. M. D., & Oliveira, L. M. M. D. (2016). Influence of oceanic-atmospheric interactions on extreme events of daily rainfall in the Sub-basin 39 located in Northeastern Brazil. *RBRH*, 21(4), 685-693. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011616023>
- Santos, S. R. Q. dos, Sansigolo, C. A., & Santos, A. P. P. dos. (2016). Dinâmica temporal em múltiplas escalas de tempo dos eventos secos e chuvosos no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(5). <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160087>
- Santos, S. R. Q. dos, Silva, R. B. C. da, Barreto, P. N., Nunes, H. G. G. C., Rodrigues, R. da S., & Campos, T. L. de O. B. (2011). Regime térmico e hídrico do solo para área de floresta tropical em anos de El Niño e La Niña, Caxiuanã-PA: Estudo de caso. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 26(3), 367–374. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862011000300004>
- Santos, S. R. Q. dos, Sansigolo, C. A., & Santos, A. P. P. dos. (2016). Dinâmica temporal em múltiplas escalas de tempo dos eventos secos e chuvosos no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(5), 1292-1300. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160087>

Silva, D. F. da. (2017). Aplicação de Análises de Ondaletas para Detecção de Ciclos e Extremos Pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32(2), 187–198.

<https://doi.org/10.1590/0102-77863220002>

Silva, D. F. da, Lima, M. J. D. S., Neto, P. F. D. S., Gomes, H. B., Silva, F. D. dos S., Almeida, H. R. R. D. C., Costa, R. L., & Pereira, M. P. S. (2020). Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no Índice Padronizado de Precipitação Para o Leste do Nordeste. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(2), 449-464.

<https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p449-464>

Sousa, F. de A. S. de, Macedo, M. J. H., Guedes, R. V. de S., & Silva, V. de P. R. da. (2016). O Índice de Precipitação Padronizada (IPP) na identificação de extremos de chuvas e secas na bacia do rio Paraguaçu (BA). *AMBIÊNCIA*, 12(2), 707-719.

<https://doi.org/10.5935/ambiencia.2016.02.14>

SNIRH. Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Chuva, Precipitação média anual e tempo de retomo, Mapa interativo. Disponível em: <http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=da8c9edf91804682b269e9d631117619>. Acesso em: 18 abr. 2020.