



## Análise da influência climática sobre a cultura do milho na Região Metropolitana de Maceió (AL)

*Analysis of climate influence on corn culture in the Metropolitan Region of Maceió (AL)*

Sherlly Teles de Oliveira<sup>1</sup>  
Djane Fonseca da Silva<sup>2</sup>  
Maria José da Silva Lima<sup>3</sup>

**Resumo:** O Estado de Alagoas tem uma pequena participação na produção agrícola brasileira de milho, entretanto, por causa de sua localização e outros fatores, alguns municípios são bastante afetados por variações climáticas, logo, a produção local pode sofrer quedas significativas em anos da atuação dos fenômenos El Niño e La Niña, sucedendo assim problemas socioeconômicos para a população. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é analisar os efeitos da influência climática sobre a cultura do milho cultivado na Região Metropolitana de Maceió (RMM) e para isso foram utilizados os dados de precipitações do Instituto Nacional de Meteorologia e Agência Nacional de Águas, com período de 1987 a 2017. Usou-se o software *Matlab* para gerar a Análise de Ondeletas, as quais possibilitam a identificação das causas climáticas dos eventos extremos para a Região Metropolitana (Maceió, Marechal Deodoro e Rio Largo). Foram extraídos os dados de produtividade do milho do site Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, com período de 1987 a 2017. Com esses dados foram gerados mapas de distribuição espacial da produção de milho em anos de eventos extremos climáticos. Pode-se concluir que a produção de milho na região foi influenciada diferentemente pelos fenômenos El Niño e La Niña, em suas categorias, entretanto foi notado que em todos os municípios da RMM não houve produção de milho nos anos de El Niño Fraco, e houve aumento da produção de milho em anos de La Niña Forte.

**Palavras-chave:** Agricultura. El Niño. La Niña. Precipitação. Análises de Ondeletas.

**Abstract:** The State of Alagoas has a small participation in Brazilian agricultural production of corn, however, due to its location and other factors, some municipalities are quite affected by climatic variations, therefore, the local production can suffer significant falls in years of the phenomena acting El Niño and La Niña, thus resulting

<sup>1</sup> Mestra em Meteorologia. UFAL. E-mail: sherllyteles@outlook.com

<sup>2</sup> Doutora. Professora UFAL - ICAT. E-mail: djanesilva@icat.ufal.br

<sup>3</sup> Mestre em meteorologia. UFAL. E-mail: maria.lima@icat.ufal.br



socioeconomic problems for a population. Therefore, the objective of this research is to analyze the effects of climatic influence on the culture of corn grown in the Metropolitan Region of Maceió (RMM) and for that purpose, the precipitation data from the National Institute of Meteorology and the Agency Nacional de Águas with the period from 1987 to 2017. The Matlab software was used to generate the Wave Analysis, which make it possible to identify the climatic causes of extreme events in the metropolitan region (Maceió, Marechal Deodoro and Rio Largo). Corn productivity data were extracted from the Brazilian Institute of Geography and Statistics website, from 1987 to 2017. With These data, spatial distribution maps of corn production were generated in years of extreme weather events. It can be concluded that corn production in the region was influenced differently by the phenomena El Niño and La Niña, in their categories, however it was noted that in all municipalities of RMM, there was no corn production in the years of El Niño, and there was increase in corn production in La Niña Forte years.

**Keywords:** Agriculture. El Niño. La Niña. Precipitation. Wavelets Analysis.

## 1 Introdução

Na agricultura de eficiência e competitividade é essencial saber lidar com riscos, o que realmente faz a diferença para o sucesso dessa atividade. Portanto, o gerenciamento de riscos deve ser considerado pelos assistentes técnicos, pelos extensionistas rurais, pelos pesquisadores, pelos produtores, pelos políticos e pelos planejadores de políticas agrícolas. A variabilidade climática não prevista pode ser considerada como o principal risco para a produção. Sendo assim, a ela ficam condicionados a resposta do potencial genético da cultivar utilizada, o resultado do uso de adubo, o surgimento de doenças e de pragas, entre vários outros fatores. Portanto, na escolha e manejo de culturas, uma grande atenção deve ser dada às questões climáticas, sua variabilidade natural e suas projeções para a estação de crescimento, particularmente para aquelas decisões em que há alternativas de escolha (CUNHA, 2011).

Fenômenos climáticos extremos estão influenciando cada vez mais as vidas das pessoas, e estão se tornando uma ameaça para o mundo devido ao aquecimento global. Os agricultores, que dependem do clima para o plantio, precisam estar cientes do que os fenômenos El Niño e La Niña podem causar na cultura agrícola, já que eles ocorrem cada vez mais intensificados. Os fenômenos El Niño e La Niña produzem impactos diretos nos totais pluviométricos registrados numa região, o que é



fundamental para o agricultor realizar um planejamento e adotar medidas que visem um menor prejuízo, diante desta situação (CUNHA *et al.*, 2011).

O estado de Alagoas é um dos menores estados do Brasil, apesar disto contribui com uma pequena participação no PIB brasileiro que corresponde por cerca R\$ 46,364 bilhões (SINC, 2017). Uma parte desse valor é dada pelas produções agrícolas, principalmente a cultura do milho, sendo essa cultura, a segunda principal cultura cultivada em Alagoas, seguida da cana de Açúcar (IBGE, 2017a). No país, Alagoas ocupa a vigésima primeira posição do ranking dos estados do Brasil que produzem milho com uma produção de aproximadamente 37.29 toneladas (TON) de milho (IBGE, 2017b). Apesar de Alagoas não ter uma grande participação na economia brasileira, esse valor poderia ser ainda maior se diminuísse consideravelmente as perdas agrícolas pelo fator da variabilidade climática.

Cirino *et al.* (2012) verificaram que essas perdas são potencializadas para a região Nordeste nos anos de El Niño, ou seja, anos que as secas são mais intensas. Resultados como esses sugerem que as perdas do milho, da ordem de 40%, possam chegar por conta da ocorrência do El Niño, até a 60% de perdas na produção no estado da Bahia.

Araújo *et al.* (2013) concluíram que no caso do cultivo do milho, os municípios dos estados da Paraíba e da Bahia foram os mais prejudicados, com cerca de 40% de redução na produtividade, o que torna bastante preocupante, já que o milho é produzido por pequenos agricultores familiares.

Carvalho *et al.* (2013) determinaram a probabilidade das ocorrências de períodos secos no município de Rio Largo, pertencente ao estado de Alagoas, relacionando-as com os fenômenos, El Niño Oscilação Sul. Eles notaram a forte influência de eventos de ENOS (El Niño Oscilação Sul) na frequência dos períodos secos da região. Esses eventos provocam mudanças significativas nas ocorrências de períodos secos, sendo que anos com episódios de El Niño intensificam a frequência de períodos secos (10 a 60%), enquanto eventos de La Niña reduzem essa frequência (0 a 45%).

Segundo Porcionato *et al.* (2018), a região do MATOPIBA, conhecida como a nova fronteira agrícola, formada pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, apresentou uma queda em sua produção agrícola na ordem de 35,66%, em decorrência da seca provocada pelo fenômeno El Niño nos anos de 2015 e 2016, considerado como sendo o fenômeno mais intenso dos últimos 50 anos, segundo informações do NOAA/NASA.

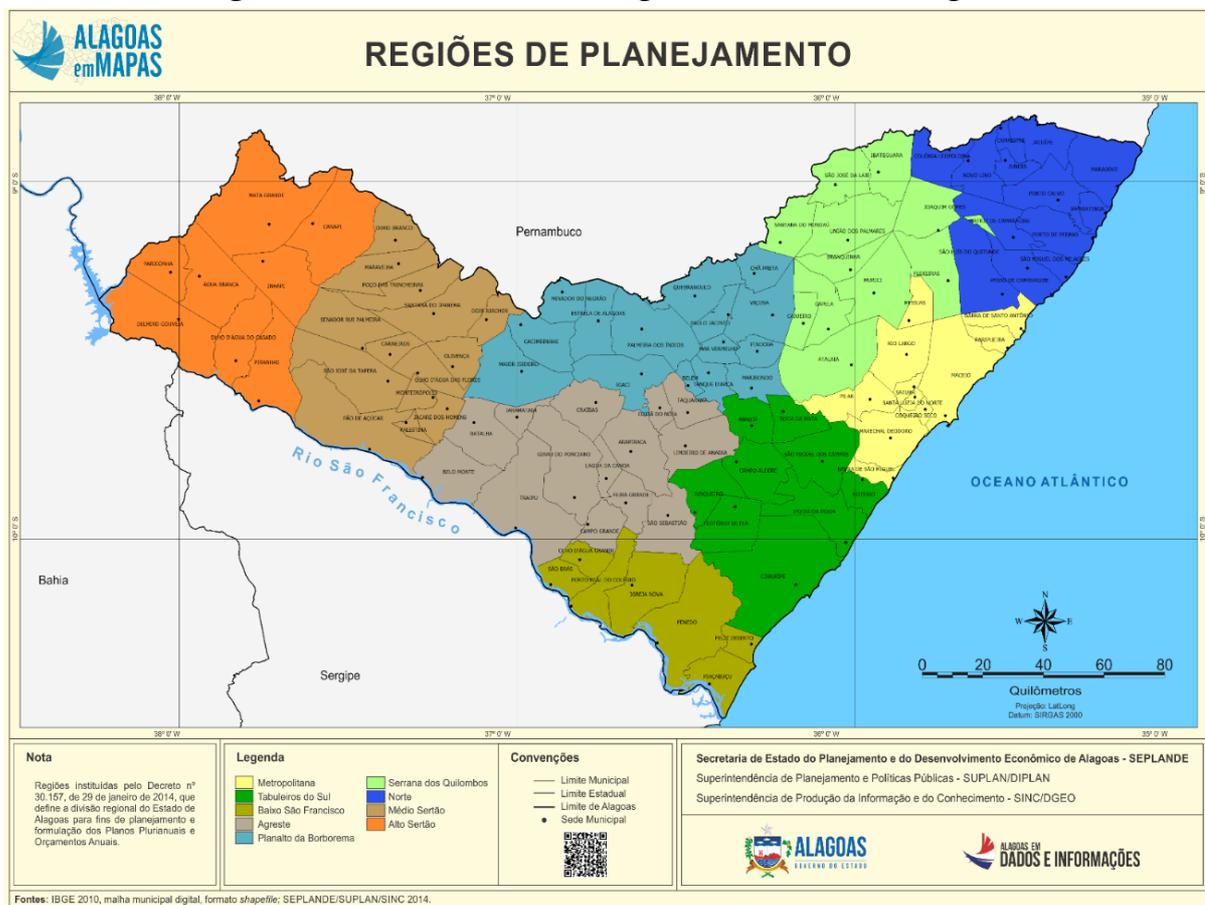


Diante disto, esta pesquisa tem o objetivo de analisar os efeitos da variabilidade climática sobre a cultura do milho cultivado da Região Metropolitana de Maceió (RMM), identificando as causas climáticas desta variabilidade.

## 2 Material e métodos

Situada no Nordeste brasileiro, Alagoas (Figura 1) possui uma população de 3.322.820 pessoas, com uma área de territorial de 27.848,140 km<sup>2</sup> (IBGE, 2017c), representando 0,33% do território nacional (BARROS *et al.*, 2012); um Produto Interno Bruto (PIB) de 46.364 bilhões de reais (SINC, 2017); possui 102 municípios agrupados e classificados em 9 macrorregiões (Figura 1), entretanto nesta pesquisa só foi estudada a Região Metropolitana de Maceió (RMM), devido a sua importância econômica em decorrência da capital do estado pertencer a esta macrorregião e pela produção histórica do milho na região (IBGE, 2017a).

**Figura 1** - Divisão das macrorregiões do estado de Alagoas



Fonte: SEPLAG (2012).



A RMM possui 11 municípios, sendo eles: Barra de Santo Antônio, Barra de São Miguel, Coqueiro Seco, Maceió, Marechal Deodoro, Messias, Paripueira, Pilar, Rio Largo, Santa Luzia do Norte e Satuba (Figura 1). Tem uma área de aproximadamente 2.341 km<sup>2</sup> banhada por rios e mares; suas principais atividades econômicas são: pesca, comércio, agricultura, pecuária e turismo. Seu clima pode ser classificado como úmido. Suas principais vegetações são: mangues litorâneos e florestas tropicais. É composto pelos seguintes tipos de solos: argissolo acinzentado, amarelo, vermelho-amarelo, neossolo regolítico, litólico e quartzarênico, gleissolo, organossolo tiomórfico, latossolo amarelo (IPEA, 2015).

## 2.1 Dados

Foram utilizados dados de precipitação (Prp) dos municípios pertencentes à RMM, extraídos da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O período de dados utilizados foi de 1987 a 2017. Entretanto, devido à ausência das séries para todos os municípios pertencentes à RMM, foram analisados apenas os dados de 3 (três) municípios: Maceió, Marechal Deodoro e Rio Largo.

Os dados que apresentaram falhas foram preenchidos pelo método das médias climatológicas como adotado por outros autores (DA SILVA, 2009, 2010; SILVA, 2015; DA SILVA, 2017).

Foram utilizados dados mensais de Prp para verificar quais sistemas e fenômenos climáticos influenciam as séries pluviométricas, e conseqüentemente a produção agrícola do milho da RMM. Esses dados geraram as análises de Ondeletas.

Os dados de produtividade agrícola do milho foram extraídos do IBGE para os anos de 1987 a 2017. Foram gerados gráficos das médias das produções de milho para os anos que sofreram a influência dos fenômenos El Niño e La Niña, dividindo estes em categorias Forte, Moderado e Fraco, em comparação com anos normais. Nesta etapa da pesquisa essa comparação foi realizada apenas o ENOS pois ele é o principal responsável pela variabilidade pluviométrica, conforme observado pelas Análises de Ondeletas.

Os anos de ocorrência para cada categoria do ENOS são citados nas tabelas 1 e 2, no entanto, para alguns anos de ocorrência nas categorias de ENOS, não existia dado



para produção de milho, então fez-se a média da produção de milho para determinada categoria de ENOS com os anos que possuíam dados desta mesma categoria.

Foram gerados mapas espaciais através do *software* Surfer 9.0, utilizando o método de Kriging. Para observar os impactos climáticos sobre a produção agrícola de milho na RMM, em seus respectivos estágios de intensidade do ENOS.

### 2.1.1 Análise de Ondeleta/ Ondaleta ou Wavelet

As séries de precipitações da RMM, dos anos de 1987 a 2017, foram submetidas à análise de Ondeletas (AO) em busca de identificar escalas temporais dos sistemas e fenômenos meteorológicos que influenciaram as séries, ou seja, as causas da variabilidade climática.

No entanto, foi gerada uma Ondeleta por município, sendo no total 3(três) Ondeletas. Os índices de Prp que foram submetidos à análise de Ondeleta foram tratados e calculados a partir da climatologia mensal e normalizados pelos desvios padrão (ANDREOLI; KAYANO, 2005; SILVA, 2015), gerando um índice médio por município, através da Equação 1.

$$AVar_{i,j} = (Var_{i,j} - Var_i / \sigma_i) \quad (1)$$

Em que:  $AVar_{i,j}$  é a anomalia da variável, no ano  $j = 1, 2, 3, \dots, N$  e mês  $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ ;  $Var_{i,j}$  é a variável no ano  $j = 1, 2, 3, \dots, N$  e mês  $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ , o qual foi calculado sua anomalia;  $Var_i$  é a média climatológica do mês a ser calculado a anomalia e  $\sigma_i$  é o desvio padrão utilizado para cada mês  $i$  específico.

A Ondeleta Morlet pode ser considerada complexa pois apresenta características próximas às de sinais meteorológicos, tais como simetria ou assimetria, e variação temporal brusca ou suave. Segundo a literatura, este é um critério para escolha da função Ondeleta (WENG; LAU, 1994; MORETTIN, 1999) usada por Silva (2015); Da Silva (2017) (Equação 2).

A função de Morlet é dada pela seguinte expressão:  $a$  = pequenas ondas geradas por dilatação;  $b$  = pequenas ondas geradas por translação;  $\Psi(t)$  = função simples de variável real  $t$ .

$$\psi(t) = e^{iw_0t} e^{-t^2/2} \quad (2)$$

Em que:  $i$  = parâmetro de dilatação e compressão da onda;  $w_0$  = parâmetro de frequência e  $t$  = tempo.



### 2.1.2 Produção agrícola mediante ocorrência de ENOS

Optou-se por verificar os impactos de ENOS sobre a produção devido suas fases serem mais frequentes e mais curtas que outros fenômenos climáticos como ODP, Dipolo e Manchas solares. Além disso, durante as ocorrências de ENOS, têm-se dados disponíveis da produção da cultura de cana de açúcar da RMM.

Além disso, estudos comprovam a influência do ENOS sobre o Nordeste do Brasil e sobre Alagoas (ANDREOLI; KAYANO, 2005; CUNHA *et al.*, 2011; ARAÚJO, 2012; CARVALHO *et al.*, 2013; NOBRE *et al.*, 2017). As tabelas 1 e 2 trazem os anos utilizados como base para divisão de categorias de ENOS (CPTEC, 2017).

Assim, gráficos comparativos da produção de milho da RMM e mapas de distribuição espacial da produção de milho de Alagoas foram feitos a partir das categorias descritas das Tabelas 1 e 2 do CPTEC, 2017.

**Tabela 1 - Anos de El Niño utilizados no estudo**

<b>Forte</b>	<b>Moderado</b>	<b>Fraco</b>
<b>1972-1973</b>	1965-1966	1963
<b>1982-1983</b>	1968-1970	1976-1977
<b>1991-1993</b>	1986-1988	1977-1978
<b>1997-1998</b>	1994-1995	1979-1980
-	2002-2003	2004-2005
-	-	2006-2007
-	-	2007-2009

Fonte: CPTEC (2017).

**Tabela 2 - Anos de La Niña utilizados no estudo**

<b>Forte</b>	<b>Moderado</b>	<b>Fraco</b>
<b>1973-1976</b>	1964-1965	1983-1984
<b>1988-1989</b>	1970-1971	1984-1985
<b>2006-2007</b>	1998-2001	1995-1996
<b>2007-2008</b>	-	-

Fonte: CPTEC (2017).



### 3 Resultados e discussão

#### 3.1 Análise das Ondeletas para a macrorregião metropolitana de Alagoas

Para o município de Maceió (Figura 2a) foram detectadas algumas precipitações acima da média nos anos: 1989, 1994, 2000, 2001, 2004, 2009, 2011, 2014 e 2017. Já as precipitações que ficaram abaixo da média e que acarretaram anos secos, foram os anos: 1989, 1993, 2001, 2002, 2011, 2015 e 2016. Esses eventos de chuvas acima ou abaixo da média podem ser explicados pela análise de Ondeletas mostradas nas seguintes Figuras 2b e 2c.

Observam-se as presenças das escalas: sazonal (0,25 anos), semestral (0,5 anos), interanual, ENOS (entre 1 a 2 anos), ENOS estendido (entre 4 a 8 anos), Dipolo do Atlântico (entre 7 a 11 anos), ciclos de manchas solares (11 anos) e a escala decadal de 20 a 22 anos, que está ligada à ODP, que esteve presente ao longo de toda série, de acordo com a Figura 2b. A união desses fenômenos ou sistemas meteorológicos dessas escalas temporais distintas agindo em conjunto ou a ausência dos mesmos podem intensificar ou diminuir drasticamente a chuva, causando assim, anos chuvosos ou secos (MARKHANN, 1974; HASTENRATH; HELLER, 1977; HASTENRATH; KACZMARCZYK, 1981; ROCKWOOD; MADDOX, 1998; DA SILVA, 2017).

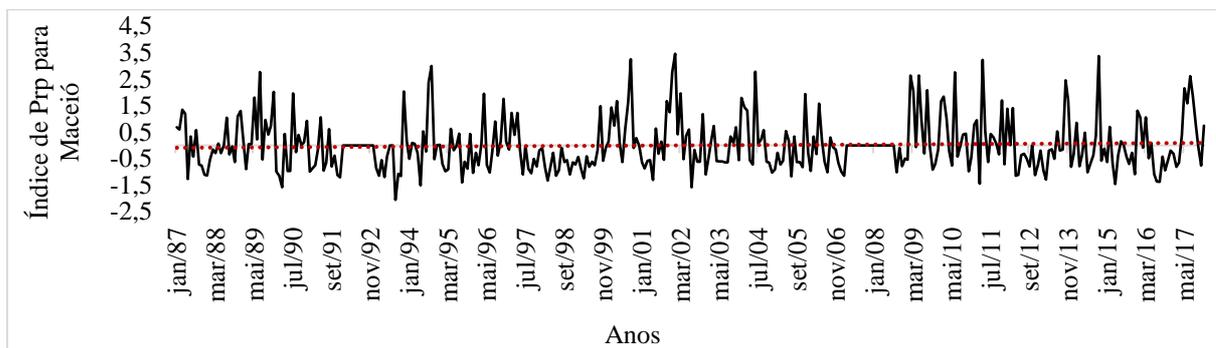
O ano de 2002 apresentou sistema meteorológico significativo na escala sazonal, no entanto o Moderado El Niño de 2002 – 2003 (CPTEC, 2017) que se estendeu à escala de até 8 anos (Figura 2b), gerou a seca neste ano em Maceió (figura 2a).

Por fim, a Figura 2c que mostra Espectro de potência global (EPG), indicou que a escala de 8 anos, ligada ao ENOS estendido e ao início do sinal do Dipolo do Atlântico, são as escalas dominantes (CLAUZET; WAINER, 1999; DA SILVA, 2017), seguidas pelas escalas secundárias entre 1 – 2 anos associadas ao ENOS (CPTEC, 2017).

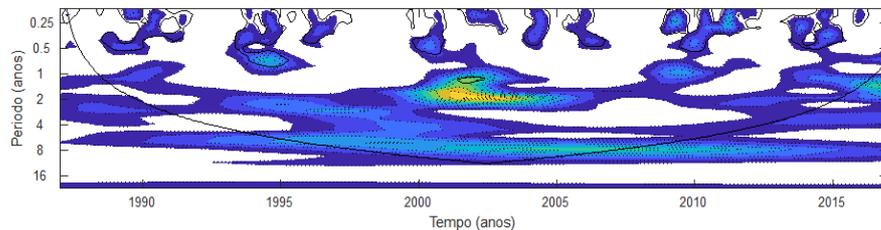
Também ocorreram eventos de seca em decorrência da união de eventos/fenômenos de escalas distintas, que aconteceram de forma simultânea, todavia, a não ocorrência de alguns sistemas, também ocasionaram a seca em Maceió. Tem como exemplo os anos secos: 1993 e 2002. O ano de 1993 houve a ausência das escalas sazonal, semestral e interanual curta (1 ano), que somado à presença da escala de ENOS, classificado como Forte El Niño (CPTEC, 2017), junto com o ENOS estendido (Figura 2b), resultando em seca nesse período (Figura 2a).

**Figura 2 -** a) Índice de Prp para o município de Maceió para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95% de probabilidade.

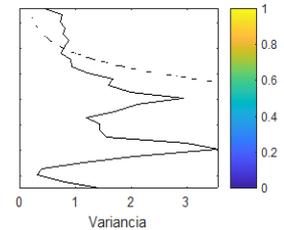
(a)



(b)



(c)



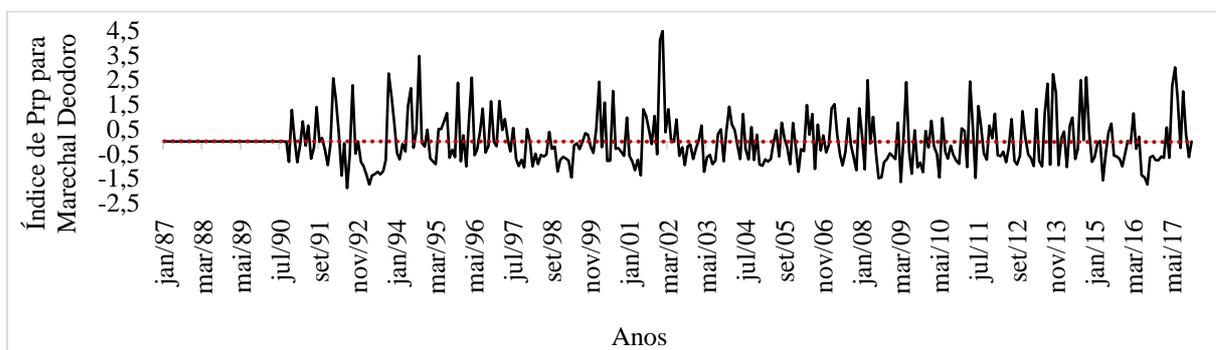
Fonte: AUTOR (2019).

Na série de Prp do município de Marechal Deodoro (Figura 3a), os maiores valores observados de precipitação ocorreram nos anos de 1994, 2001 e 2017, ocasionados pela associação de eventos/fenômenos de escalas distintas agindo simultaneamente, conforme encontrado nas pesquisas de Markhann (1974), Hastenrath e Heller (1977), Hastenrath e Kaczmarcyk (1981), Rockwood e Maddox (1998) e Da Silva (2017).

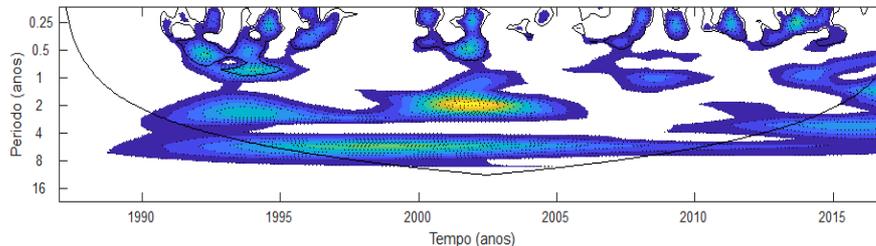
No entanto, no ano de 1994, por exemplo, a Prp foi acima da média (Figura 3a), devido à escala sazonal somada à escala semestral, à escala interanual curta, escala do ENOS estendido (4 a 8 anos) e à de 8 anos, ligada ao início do Dipolo do Atlântico. Entretanto, no ano de 2001, as mesmas escalas ocorreram, porém, a de ENOS estendido de maior intensidade devido ao fenômeno La Niña classificada como moderada (CPTEC, 2017), intensificou as precipitações no NEB.

**Figura 3** - a) Índice de Prp para o município de Marechal Deodoro para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95% de probabilidade.

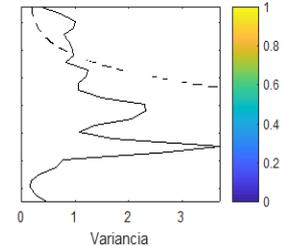
(a)



(b)



(c)



Fonte: AUTOR (2019).

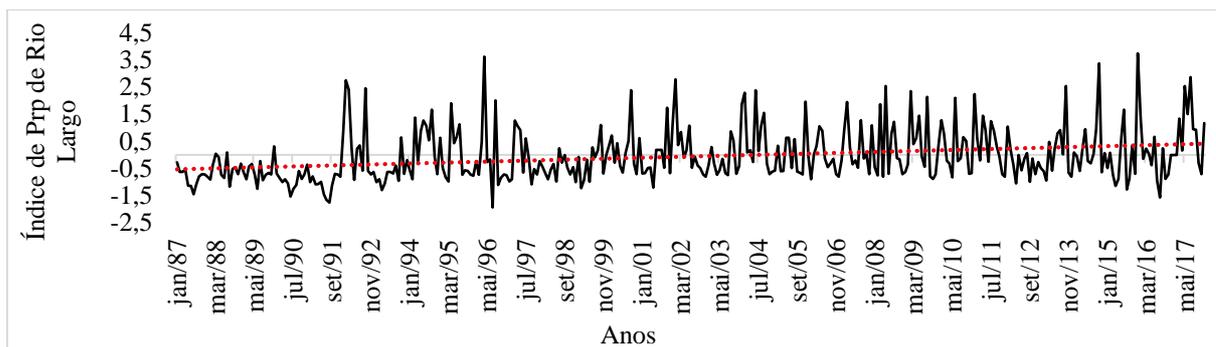
Eventos de baixa Prp ocorreram devido ausência de eventos/sistemas nas escalas sazonal, semestral e interanual curta, conforme hipótese defendida por Markhann (1974), Hastenrath e Heller (1977), Hastenrath e Kaczmarczyk (1981), Rockwood e Maddox (1988) e Da Silva (2017). Isso pode ser visto na Figura 4a nos anos de 1987 a 1990, 1991, 1996, 1999 e 2016, os quais apresentaram as maiores anomalias negativas de Prp em Rio Largo.

As escalas de 8 a 11 anos, ligadas ao Dipolo do Atlântico, foram as escalas dominantes (Figura 4c). Rio Largo também mostrou a influência da escala de 11 anos ligada ao ciclo de manchas solares e a escala de 20 - 22 anos ligada à ODP (Figura 4b), presentes ao longo de toda série, ao contrário do ocorrido na cidade de Marechal Deodoro.

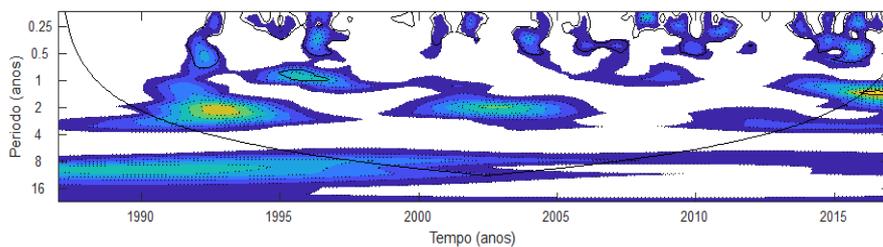
De acordo com a Figura 4a, que mostra o índice de Prp de Rio Largo, os anos que apresentaram altos valores de precipitações foram os anos de 1992, 1996, 2001 a 2002, 2004, 2008 a 2011, 2013 a 2015 e 2017, devido à associação das escalas sazonal, semestral, interanual, eventos de ENOS, ENOS estendido, Dipolo do Atlântico e ODP (Figura 4b).

**Figura 4 -** a) Índice de Prp para o município de Rio Largo para o período de 1987 a 2017; b) Espectro de potência de Ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95% de probabilidade.

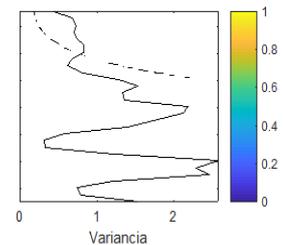
(a)



(b)



(c)



Fonte: AUTOR (2019).

Esse resultado está em associação com Da Silva (2017), que mostrou que a ocorrência dessas escalas/eventos em mesma fase potencializa o mesmo, favorecendo aumento da precipitação. Da Silva (2009), usando AO para Bacia hidrográfica do rio Mundaú, também encontrou essas escalas temporais relacionadas aos sistemas/fenômenos climáticos.

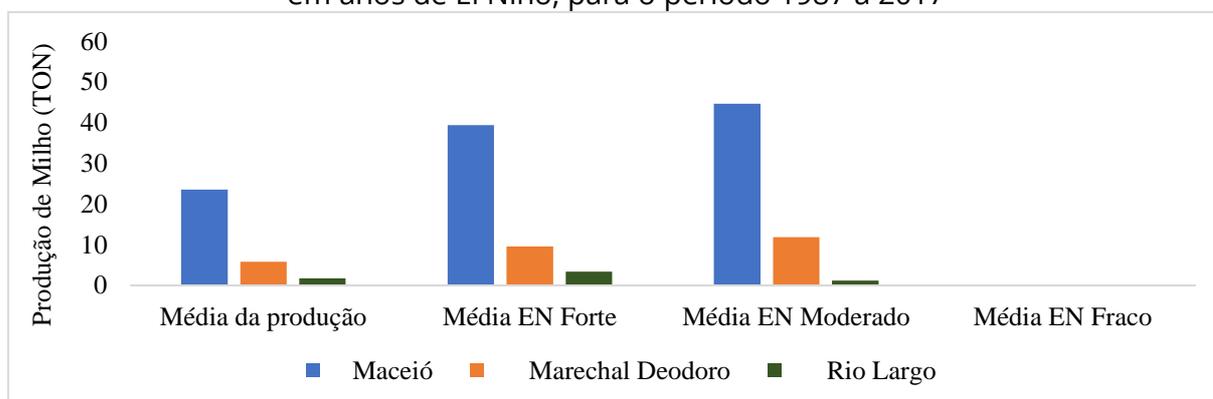
### 3.2 Impactos dos ENOS nas produtividades do Milho da Macrorregião Metropolitana

De acordo com a figura 5, em anos que tiveram a influência do El Niño Forte, os municípios de Maceió, Marechal Deodoro e Rio Largo tiveram um aumento na produção de milho quando comparado com a média da produção de milho prevista. Maceió teve um aumento no valor de 65,61%, já Marechal Deodoro um aumento de 65,33% e Rio Largo um aumento de 91,64%.

Quando comparada à média de produção de Milho com a média de produção de milho sobre a influência do El Niño Moderado, pode-se perceber que tiveram um aumento nas produções de milho de 89,68% no município de Maceió, e no município de Marechal Deodoro a produção de milho dobrou, já no Município de Rio Largo houve um decréscimo na produção de milho sobre a influência no El Niño Moderado com uma diminuição de 34,24%. Essa diminuição em Rio Largo pode ser em decorrência do solo diferente dos outros municípios, já que se encontra na parte alta após Maceió, região alta e repleta por tabuleiros, e essa formação também apresenta menos precipitação que os municípios que se encontram em área costeira com maiores chuvas (OLIVEIRA, 2020).

Como pode-se observar na figura 5 não foi registrada nenhuma produção de milho nos municípios de Maceió, Marechal Deodoro e Rio largo nos anos que tiveram influência do El Niño Fraco, de acordo com a classificação da Tabela 1 (CPTEC, 2017).

**Figura 5** - Comparação da produção de Milho em toneladas para o estado de Alagoas em anos de El Niño, para o período 1987 a 2017



Fonte: AUTOR (2019).

De acordo com a figura 6, notou-se que houveram decréscimos nas produções de milho quando o fenômeno La Niña Forte estava atuando em todos os municípios

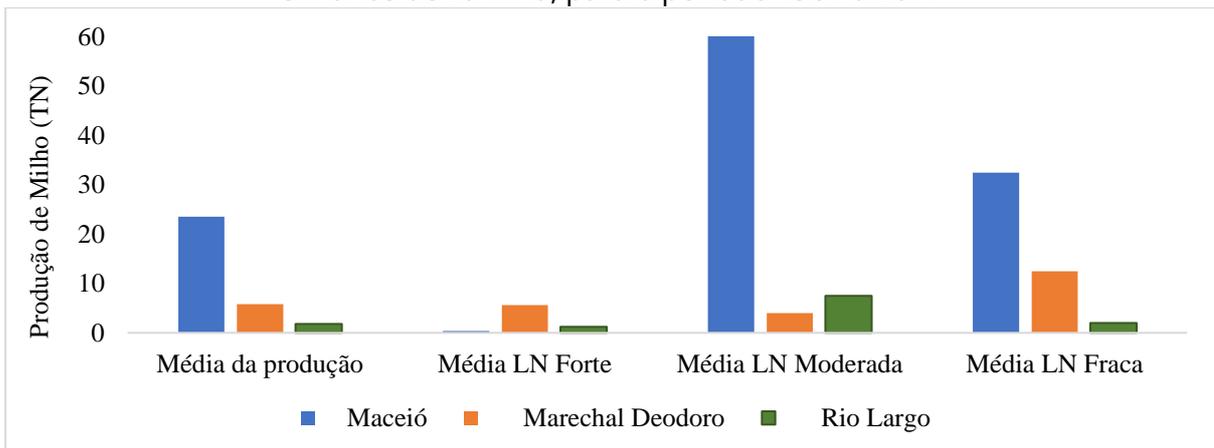


estudados da região Metropolitana. No município de Maceió foi observado um decréscimo de 98,3% na produção do milho quando comparado com a média da produção de milho para este município, já o município de Marechal Deodoro teve um decréscimo de 3,55% e no município de Rio Largo foi detectada uma produção abaixo da média de 32,36%.

Observou-se na figura 6 que as produções de milho aumentaram quando estiveram sobre a influência da La Niña Moderada, quando comparadas com a média prevista, o município de Maceió dobrou sua produção de milho sobre a influência da La Niña Moderada, o município de Rio Largo apresentou uma produção acima da média, sua produção quadruplicou, quando comparada com a média, entretanto, o município de Marechal Deodoro apresentou um decréscimo de 31,11% na produção de milho quando comparada com a média prevista para esta localidade.

Já em anos que tiveram a influência da La Niña Fraca (Figura 6), pode ser notado que as produções de milho foram acima da média em todos os municípios estudados da macrorregião metropolitana de Alagoas. O município de Maceió apresentou um aumento na produção de aproximadamente 38,01%, já o município de Marechal Deodoro a produção de milho duplicou, quando comparada com a média prevista, já o município de Rio Largo teve um aumento na produção de cerca de 12,73%.

**Figura 6** - Comparação da produção de Milho em toneladas para o estado de Alagoas em anos de La Niña, para o período 1987 a 2017



Fonte: AUTOR (2019).



### 3.3 Distribuição espacial da produtividade da cultura do milho durante ENOS para todo o estado de Alagoas

Em anos de El Niño Forte (Figura 8), a produção de milho em Alagoas atinge 3400 toneladas, se comparada com a média do estado (Figura 7), tendo um aumento de 88,89% e a produção de milho no estado quase dobrou nos anos com que tiveram a influência do El Niño Forte.

Nobre *et al.* (2017) concluíram em seus estudos para a produtividade de milho em Alagoas que o fenômeno ENOS tem efeitos na perda de produtividade do milho e os meses que mostram mais claramente essa influência nas perdas são os meses de abril, maio e junho. Em média, anos de El Niño apresentam maiores perdas do que anos de La Niña, incrementadas em anos de El Niño Forte.

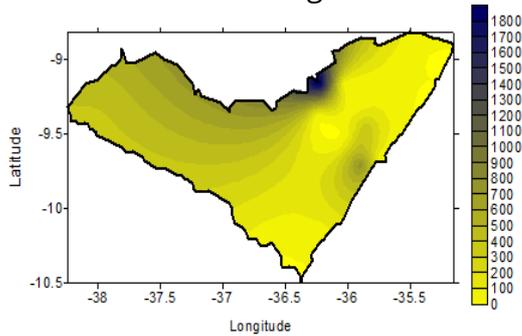
Já Araújo (2012) concluiu em seu estudo para a região Nordeste do Brasil que as alterações climáticas provocadas pelo El Niño e La Niña nas culturas do milho e da soja demonstram que essas culturas apresentaram maior vulnerabilidade a esses eventos.

Anos sob a influência do El Niño Moderado (Figura 9); a produção de milho no estado de Alagoas foi de 2800 toneladas, que corresponde a um aumento 55,55% quando comparado com a produção média (Figura 7). Ao se comparar as produções de milho nos anos de El Niño Forte e Moderado (Figuras 8 e 9) pode-se notar que a produção de milho nos anos que tiveram a influência do El Niño Forte foi 21,43% maior do que em anos de El Niño Moderado, isso ocorreu devido o milho corresponder melhor ao sistema de irrigação, pois o milho é uma cultura que demanda muita água. A cultura de milho de variedade de ciclo médio cultivado para a produção de grãos secos consome de 400 a 700 mm de água em seu ciclo completo, dependendo das condições climáticas (ALBUQUERQUE; RESENDE, 2007).

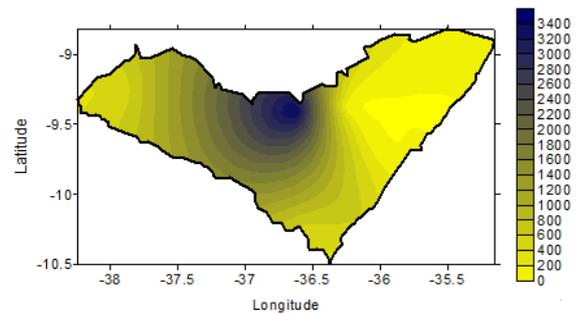
Logo, em anos de El Niño Moderado, a tentativa de suprir a necessidade hídrica desta cultura, através da irrigação planejada junto ao descontrole causado por este fenômeno neste estágio, causa um desequilíbrio fisiológico na planta, acarretando assim na produção final.

De acordo com a média de produção de milho para os anos que tiveram influência do El Niño Fraco (Figura 10), pode-se notar que a produção foi equivalente a 6000 toneladas, a produção mais que triplicou.

**Figura 7** - Distribuição espacial da média da produção de milho para o período (1987/2017), em toneladas, para o estado de Alagoas

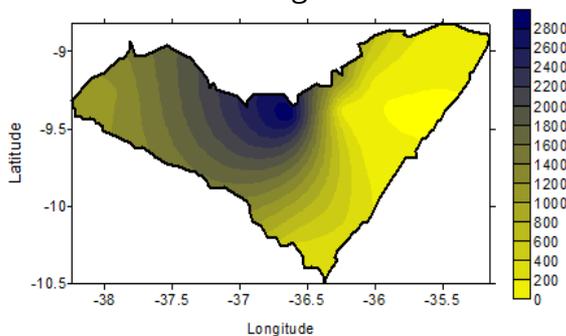


**Figura 8** - Distribuição espacial da produção de milho para período de El Niño Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas

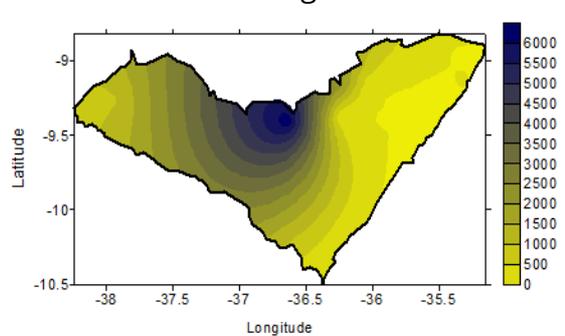


Fonte: AUTOR (2019).

**Figura 9** - Distribuição espacial da produção de milho para período de El Niño Moderado, em toneladas, para o estado de Alagoas



**Figura 10** - Distribuição espacial da produção de milho para período de El Niño Fraco, em toneladas, para o estado de Alagoas



Fonte: AUTOR (2019).

Verifica-se que a cultura do milho se desenvolve melhor em anos de El Niño Fraco, entretanto, a mesma não apresentou nenhuma produção abaixo da média para o estado durante as várias categorias de El Niño, logo pode-se concluir que a cultura do milho se desenvolve normalmente ou até melhora seu desempenho durante a ocorrência desse fenômeno, devido, assim como a cultura da cana, corresponder melhor ao sistema artificial de precipitação que é a irrigação, pois na fraca influência deste fenômeno se torna necessária a irrigação para suprir as necessidades hídricas desta cultura.



Araújo (2012) destaca em seu trabalho que o estado da Bahia foi um dos estados que registraram as maiores perdas de produtividade média de algumas culturas, como exemplo, milho e soja. Verificou-se que o cultivo do milho e da soja é completamente prejudicado devido a ocorrência de El Niño e no caso de alguns municípios deste estado, toda a produção pode ser dizimada devido à seca.

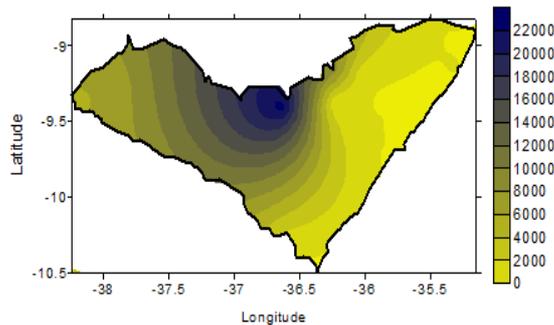
Segundo Nobre *et al.* (2017), que estimaram a produtividade do milho nas diferentes mesorregiões do estado de Alagoas, quanto à intensidade do fenômeno El Niño, as perdas de produtividade tendem a ser incrementadas em anos de El Niño Forte, sendo contrário ao encontrado nesta pesquisa.

A Figura 11 mostra a produção de milho no estado de Alagoas em anos de La Niña Forte, quando a produção foi de 22000 toneladas de milho, e se comparada com a produção média (Figura 7), tem-se um aumento na produção de milho em cerca de 12,22 vezes. Já a produção média em anos de La Niña Moderada (Figura 12) foi abaixo da média, esse decréscimo na produção de milho representa aproximadamente 33,33%.

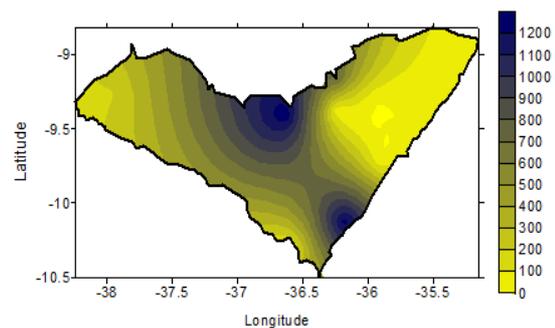
A produção de milho sofreu a influência de La Niña Fraca (Figura 13), chegou à média de 6000 toneladas em relação à média do estado de Alagoas, a produção triplicou de valor, assim como também ocorreu em anos de El Niño Fraco.

Quando comparada a produção de milho em anos de La Niña Forte e La Niña Fraca (Figuras 11 e 13), verifica-se que durante a ocorrência da La Niña Forte a produção é aproximadamente 3,66 vezes maior que em anos de La Niña Fraca, devido a cultura do milho corresponder melhor a anos de extremo de chuvas, já que a cultura tem uma alta exigência hídrica.

**Figura 11** - Distribuição espacial da produção de milho para período de La Niña Forte, em toneladas, para o estado de Alagoas

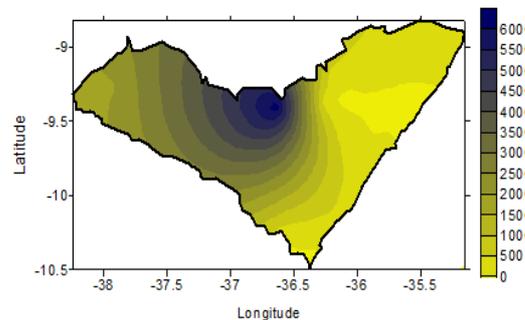


**Figura 12** - Distribuição espacial da produção de milho para período de La Niña Moderada, em toneladas, para o estado de Alagoas



Fonte: AUTOR (2019).

**Figura 13** - Distribuição espacial da produção de milho para período de La Niña Fraca, em toneladas, para o estado de Alagoas



Fonte: AUTOR (2019).

Ao comparar as produções máximas obtidas que se deram nos anos de El Niño Fraco (Figura 10) com a produção em anos de La Niña Forte (Figura 11), o milho produz mais em anos de La Niña Forte com um aumento de aproximadamente de 3,66 vezes, isso ocorre devido o milho se adaptar melhor em extremos de chuvas, devido a necessidade fisiológica desta cultura. A produção de milho foi menos favorável em anos de El Niño Fraco porque o período de máxima exigência é na fase do embonecamento ou um pouco depois dele, por isso déficits de água que ocorrem nesse período são os que provocam maiores reduções de produtividade. Déficit anterior ao embonecamento reduz a produtividade em 20 a 30%; no embonecamento em 40 a 50% e após em 10 a 20% (ALBUQUERQUE; RESENDE, 2007).

#### 4 Considerações finais

Pode-se concluir que o ENOS, em suas diferentes categorias, influenciou as precipitações em todos os municípios pertencentes a região metropolitana de Maceió.

A produção de milho no município de Maceió foi acima da média nos anos de La Niña Moderada e a sua menor produção foi observada sobre a influência do El Niño Fraco. Já para o município de Marechal Deodoro notou-se que a maior produção foi nos anos que tiveram a influência de La Niña Fraca e sua menor produção foi observada durante o El Niño Fraco. Por fim, para o município de Rio Largo, foi identificado que houve um aumento na produção de milho nos anos de La Niña Moderada e menor produção foi observada na El Niño Fraco.

As distribuições espaciais das produtividades de milho para todo o estado de Alagoas mostram que anos com ocorrência de El Niño Fraco, La Niña Forte, La Niña Fraca ocorre uma maior produtividade de milho, entretanto, o milho atinge seu potencial máximo de produtividade quando está sob a influência da La Niña Forte.

Por fim, as informações obtidas são úteis para a tomada de decisão quanto a alternativas de manejo da cultura da cana de açúcar e do milho, como a época de semeadura e uso de insumos, com a finalidade de diminuir prejuízos ou favorecer ganhos na produtividade, frente aos impactos causados pelos fenômenos El Niño ou La Niña que foram verificados neste estudo.

#### Referências

ALBUQUERQUE, P. E. P; RESENDE, M. **Cultivo do milho**. EMBRAPA milho e sorgo sistema de produção 2. 3 ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2007. p. 1-10.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. Enso - Related Rainfall Anomalies in South America and Associated Circulation Features During Warm and Cold Pacific Decadal Oscillation Regimes, *International Journal of Climatology*. **Internacional Journal Climatology**, São José dos Campos, SP, v. 25, p. 2017-2030, 2005.

ARAÚJO, P. H. C.; CUNHA, D. A.; LIMA, J. E.; FÉRES, J. G. Efeitos da seca sobre a produtividade agrícola dos municípios da região Nordeste. *In: IX ENCONTRO DE ECONOMIA BAIANA*, Bahia, set. 2013. **Anais** [...]. Bahia: Economia Baiana, Bahia, set. 2013. p. 151-157.



BARROS, A. H. C.; FILHO, J. C. A.; SILVA, A. B.; SANTIAGO, G. A. C. F. **Climatologia do Estado de Alagoas**: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 2. ed. Recife: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2012. 33 p.

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; PORFÍRIO, C. S. Ocorrência de períodos secos na região de Rio Largo, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio Largo, AL, v. 28, n. 2, p. 173-180, 2013.

CIRINO, P. H. A. **Eventos climáticos extremos**: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola brasileira. 2012. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

CLAUZET, G.; WAINER, I. Identificação da variabilidade de baixa frequência em algumas regiões da Costa Sudeste - Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Oceanografia**, São Paulo, SP, v. 47, n. 1, p. 69-78, 1999.

CPTEC. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. 2017. Disponível em: [www.cptec.inep.br](http://www.cptec.inep.br). Acesso em: 02 jun. 2019.

CUNHA, R. G.; PIRES, J. L. F.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; PASINATO, A. SILVA, A. A. G. El Niño/La Niña - Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, RS, v. 121, p. 18-22, 2011.

DA SILVA, D. F. **Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroeconômicos e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE)**. 2009. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal Campina Grande, Campina Grande, PB, 2009.

DA SILVA, D. F. Aplicação de análises de Ondeletas para detecção de ciclos e extremos pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 187-198, 2017.

DA SILVA, D. F.; KAYANO, M. T.; SOUSA, F. A. S. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica da Bacia hidrográfica do Rio Mundaú (AL e PE). **Revista Brasileira de Meteorologia**, Maceió, AL, v. 25, n. 3, p. 324-332, 2010.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Journal of the Royal Meteorological Society**, Quarterly, n. 103, v. 435, p. 77-92, 1977.

HASTENRATH, S.; KACZMARCZYK, E. B. On spectra and coherence of tropical climate



anomalies. **Tellus**, v. 33, n. 5, p. 453-462, 1981.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017a. Disponível em: [https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=27&tema=82268](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=27&tema=82268). Acesso em: 18 dez. 2019.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017b. Disponível em: [https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76510](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76510). Acesso em: 18 dez. 2019.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al.html>. Acesso em: 26 abr. 2018.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Atlas do Desenvolvimento Humano nas Regiões Metropolitanas Brasileiras: Baixada Santista, Campinas, Maceió e Vale do Paraíba**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2015. p. 39-49.

MARKHANN, C. G. Apparent periodicities in rainfall at Fortaleza. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, Ceará, v. 13, p. 176-179, 1974.

MORETTIN, P.A. **Ondas e Ondeletas: Da Análise de Fourier à Análise de Ondeletas**, São Paulo: EDUSP, 1999. 193 p.

NOBRE, J. P. G.; ALMEIDA, H. C.; RIBEIRO, L. E.; SILVA, F. D. S; COSTA; R. L. Estimativa da produtividade do milho nas diferentes mesorregiões do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, PE, v. 10, n. 04, p. 1100-1109, 2017.

OLIVEIRA, S. T. **Análise da variabilidade climática sobre grandes culturas em Alagoas (AL)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas do Instituto de Ciências Atmosféricas, Maceió, AL, 2020.

PORCIONATO, G. L.; CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. **Aspectos sociais do Matopiba: Análise sobre o desenvolvimento humano e a vulnerabilidade social**. Brasília: IPEA, 2018. 78 p.

ROCKWOOD, A. A.; MADDOX, R. A. Mesoscale and synoptic scale interactions leading to intense convection: The case of 7 June 1982. **Weather and Forecasting**, v. 3, n. 1, p. 51-68, 1988.

SEPLAG - Secretária de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico. **Alagoas em mapas: acervo de mapas sobre o estado de Alagoas**. Maceió, AL: Secretária



de Estado do Planejamento e do Desenvolvimento Econômico (SEPLANDE), 2012. 135 p.

SILVA, G. **Análise da influência climática sobre a produção agrícola em Aiuba (CE)**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Universidade Federal do Cariri, Crato, CE, 2015.

SINC – Superintendência de Produção da Informação e do conhecimento. **Nota técnica -Produto interno bruto dos municípios em 2015**. Maceió: Alagoas em dados e informações, n. 37, 2017. 29 p.

WENG, H.; LAU, K. M. Wavelets, period doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over the Tropical Western Pacific. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 51, n. 17, p. 2523-2541, 1994.