

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

Enrique Wilfredo Velasquez Mejia

**INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) NAS
PRECIPITAÇÕES ANÔMALAS E SEU IMPACTO NAS PRINCIPAIS
CULTURAS DE HONDURAS**

Santa Maria, RS

2020

Enrique Wilfredo Velasquez Mejia

**INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) NAS
PRECIPITAÇÕES ANÔMALAS E SEU IMPACTO NAS PRINCIPAIS
CULTURAS DE HONDURAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Área de Concentração em Meteorologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Meteorologia**.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Simone Erotildes Teleginski Ferraz

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Angelica Durigon

Santa Maria, RS

2020

Velasquez Mejia, Enrique
INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) NAS
PRECIPITAÇÕES ANÔMALAS, E SEU IMPACTO NAS PRINCIPAIS
CULTURAS DE HONDURAS / Enrique Velasquez Mejia.- 2020.
66 p.; 30 cm

Orientador: Simone Erotildes Teleginski Ferraz Coorientador:
Angelica Durigon
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de
Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, RS, 2020

1. Anomalias de precipitação 2. El Niño 3. ENOS 4. Agricultura 5.
Honduras I. Teleginski Ferraz, Simone Erotildes II. Durigon, Angelica III.
Título.

©2020

Todos os direitos autorais reservados a Enrique Wilfredo Velasquez Mejia. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

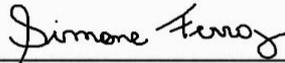
End. Eletr.:velasquez_15@yahoo.com

Enrique Wilfredo Velasquez Mejia

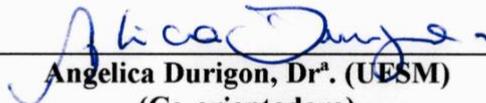
**INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) NAS
PRECIPITAÇÕES ANÔMALAS E SEU IMPACTO NAS
PRINCIPAIS CULTURAS DE HONDURAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Área de Concentração em Meteorologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Meteorologia**.

Aprovado em 27 de fevereiro de 2020:



**Simone Erotildes Teleginski Ferraz, Dr.^a. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)**



**Angelica Durigon, Dr.^a. (UFSM)
(Co-orientadora)**



Nathalie Tissot Boiaski, Dr.^a. (UFSM)



Daniel Caetano Santos, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2020

DEDICATÓRIA

A meus pais, Enrique W. Velasquez e Rosa E. Mejia, a meus irmãos e irmãs; Rey David, José Miguel, Andrés Enoc, Febe Rosita, Dania Mariela e Patrícia Mabel. Dedico também a meus sobrinhos e sobrinhas, e aos meus quatro avós.

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho ocorreu, principalmente, pelo auxílio, compreensão e dedicação de várias pessoas. Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo e, de uma maneira especial, agradeço:

- A minhas orientadoras Dras. Simone Ferraz e Angélica Durigon pela oportunidade concedida de ter sido parte dos laboratórios; Grupo de Pesquisa em Clima (GPC) e Agrometeorologia (AGROLAB) do PPGMET-UFSM, pela confiança em mim depositada, e pela pessoa humana, incentivadora e dedicada, fico grato pela orientação;

- Aos meus pais por todo o amor verdadeiro e apoio incondicional em todos os momentos, porque sempre acreditaram na minha capacidade e todo que conquistei na minha vida foi graças a Deus e eles;

- Aos meus irmãos e irmãs, que são minha fonte de confiança e o motor para alcançar os sonhos;

- Aos meus amigos e amigas, que souberam entender minha ausência e que sempre me deram apoio moral;

- A cada um dos meus colegas e amigos do mestrado;

- Aos meus amigos da Angola, Brasil, Colômbia, Equador, Moçambique, México e Peru;

- A comunidade Brasileira, que me acolheu e compartilhou comigo sua língua, cultura e tradições;

- À Organização de Estados Americanos (OEA), por ter-me financiado os estudos;

- À Universidade pública, gratuita e de qualidade, pela oportunidade de desenvolver e concretizar este estudo;

- A os professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, por contribuírem de uma forma ou de outra pela conquista desse título;

Enfim a todos àqueles que fazem parte da minha vida e que são essenciais para eu ser, a cada dia nessa longa jornada, um ser humano melhor.

“Depois de escalar uma grande montanha, apenas se descobre que existem muitas outras montanhas para escalar”.

(Nelson Mandela)

RESUMO

INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL (ENOS) NAS PRECIPITAÇÕES ANÔMALAS E SEU IMPACTO NAS PRINCIPAIS CULTURAS DE HONDURAS

AUTOR: Enrique Wilfredo Velasquez Mejia
ORIENTADORA: Simone Erotildes Teleginski Ferraz
CO-ORIENTADORA: Angelica Durigon

A região Central da América, em destaque Honduras, encontra-se em uma área vulnerável à ocorrência de fenômenos climáticos, tal como El Niño – Oscilação Sul (ENOS) que propicia alterações no regime pluviométrico. Esta região em destaque, ainda é pouco estudada na literatura, por tanto a compreensão da variabilidade climática espaço-temporal do ENOS é de suma importância para o planejamento hídrico, energético e agrícola da região. Utilizando análises estatísticas variadas, objetivou-se neste trabalho avaliar a influência do ENOS nas precipitações anômalas e seu impacto nas principais culturas agrícolas de Honduras. Para isso, foram utilizados dados de reanálise de precipitação no período de 1979-2018. Além disso, dados do Índice Multivariado de ENOS (MEI) com a finalidade de encontrar a relação entre o MEI e a precipitação. Foram aplicados também, teste de significância com e sem defasagem temporal (lags) para correlação entre o MEI e a precipitação. Os resultados mostraram que os anos de El Niño propicia anomalias positivas de precipitação durante a primeira temporada de chuva e anomalias negativas na segunda temporadas, para a região Leste, Centro e Norte de Honduras. Por outro lado, os anos de La Niña causa um atraso na precipitação no primeiro período de chuva em todo o país. Quando analisados os lags, o El Niño se intensifica na região Sul no segundo mês e se expande no quarto ou quinto mês após ter sido configurado. Já a La Niña demonstrou correlações positivas no Norte do país após o quarto mês. Os requerimentos hídricos para a produção do milho, feijão e café mostraram-se favorável em todo país, com exceção da região central para a produção de milho, e na região Sul para o cultivo de café devido a maior frequência de secas causadas pelo El Niño.

Palavras chave: Anomalias de precipitação, El Niño, ENOS, Agricultura, Honduras.

ABSTRACT

EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION (ENSO) INFLUENCE ON THE PRECIPITATION ANOMALIES AND ITS IMPACT ON MAIN AGRICULTURAL CROPS IN HONDURAS

AUTHOR: Enrique Wilfredo Velasquez Mejia
ADVISOR: Simone Erotildes Teleginski Ferraz
CO-ADVISOR: Angelica Durigon

The Central America region, in specific Honduras, is located in an exposed area to the manifestation of climatic phenomena, such as El Niño-Southern Oscillation (ENSO), which propitiates variations in the precipitation regime. In the last few years this highlighted region has been little studied, so the understanding of ENSO spatial-temporal climatic variability is of vital importance for regional water, energy and agricultural planning. The main purpose of this work was to evaluate the influence of ENSO on the irregular precipitations and its impact on main agricultural crops in Honduras. For this aim, precipitation data reanalysis was used from 1979-2018 period. Furthermore, data from Multivariate ENSO Index (MEI) was obtained in order to find its relationship alongside precipitation. Time lags significance tests (with and without) were also applied for correlation between variables. Outcomes revealed that for Eastern, Central and Northern regions of Honduras, El Niño years showed positive precipitation anomalies during the first rainy season and negative anomalies in succeeding seasons. Instead, La Niña years cause a precipitation postponement in the first rainy season across the country. When analyzing lags, El Niño strengthens in the southern region in the second month and expands in the fourth or fifth after being aligned. Finally, La Niña presented positive correlations in the northern part of the country after the fourth month. Conclusively, corn, beans and coffee production water requirements proved to be favorable throughout the country with the exclusion of Central region for corn and South region for coffee cultivation, together, due to the greater occurrence of droughts caused by El Niño.

Keywords: Precipitation anomalies, El Niño, ENSO, Agriculture, Honduras.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Mapa topográfico de Honduras e em destaque a cadeia de Ilhas ao Norte de Honduras.	17
Figura 2.4 Produção de milho em Honduras.	23
Figura 2.5. Esquematização das seis fases fenológicas do cafeeiro arábica, durante 24 meses, nas condições climáticas de Honduras.	26
Figura 2.6. Principais regiões produtoras de café em Honduras.	27
Figura 3.1. Delimitação da área de estudo (A) e a grade da média mensal de dados de precipitação diária em Honduras (B)..	29
Figura 3.2. Diagrama de caixa (Box plot) baseado nas medias de precipitação bimensal (mm/dia) no período de 1979-2018.	30
Figura 4.1. Distribuição da precipitação pluviométrica (mm/dia) para cada trimestre em Honduras.	37
Figura 4.2. Climatologia da precipitação trimestral (mm/dia) em Honduras no período de 1979-2018.	38
Figura 4.3. Climatologia do campo do vento em 925 mb (m/s) no período de 1979-2018.	39
Figura 4.4. Climatologia do campo da temperatura da superfície do mar (SST) (°C) no período de 1979-2018.	40
Figura 4.5. Climatologia do campo da temperatura do ar sobre a superfície (°C) no período de 1979-2018.	40
Figura 4.6. Média mensal (A), Mediana (B) e Moda (C) de precipitação diária (mm/dia) calculada entre 1979-2018 para Honduras.	42
Figura 4.7. Amplitude (A) e Desvio Padrão (B) baseado na média mensal de precipitação diária (mm/dia) calculada entre 1979-2018 para Honduras.	43
Figura 4.8. Diferença da precipitação do ENOS em relação ao período Neutro..	45
Figura 4.9. Climatologia da precipitação (mm/dia) de 1979-2018 (Preto - losango), climatologia da precipitação durante os anos de El Niño (Laranja - quadrado), La Niña (Azul – triângulo) e a durante os anos Neutro (Cinza – x)..	47
Figura 4.10. Anomalia de precipitação (mm/dia) durante os anos de El Niño (Laranja - quadrado), La Niña (Azul – triângulo) e dos anos Neutro (Cinza – x)..	48
Figura 4.11. Correlação entre as anomalias de precipitação (mm/dia) durante eventos El Niño e o índice MEI entre 1979-2018 para Honduras..	50

Figura 4.12 Correlação entre as anomalias de precipitação (mm/dia) durante Eventos La Niña e o índice MEI entre 1979-2018 para Honduras..	51
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Af	Clima tropical úmido
Aw	Clima tropical, com inverno seco
CAMS	Sistema de Monitoramento de Anomalias Climáticas
DICTA	Direção da Ciência e Tecnologia Agrícola
ECMWF	Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo
EM	El Niño
ENOS	El Niño Oscilação Sul
EOF	Função Ortogonal Empírica Combinada
FHIA	Fundação Honduras de Pesquisa Agrícola
G. L	Graus de Liberdade
GHCN	Rede Global da Climatologia Histórica
HN	Hemisfério Norte
hPa	Hectopascal
IHCAFE	Instituto Hondurenho do Café
IHCIT	Instituto Hondurenho de Ciências da Terra
LN	La Niña
MEI	Índice Multivariado de ENOS
MSNM	Metros Sob o Nível do Mar
NAHP	Alta Pressão Subtropical do Atlântico Norte
NCEP/NCAR	Centro Nacional de Previsão Atmosférica/Centro Nacional de Pesquisa Atmosférica
OMM/WMO	Organização Meteorológica Mundial
OMS	Organização Mundial da Saúde
ORL	Radiação de Onda Longa Emergente
OS	Oscilação Sul
SAG	Ministério da Agricultura e Pecuária
SLP	Pressão ao Nível do Mar
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
U	Componente Zonal do Vento
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
V	Componente Meridional do Vento
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 PROBLEMÁTICA	15
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 CLIMA DE HONDURAS.....	17
2.2 EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL.....	19
2.3 EVIDÊNCIA DO ENOS E SEU EFEITO NA PRECIPITAÇÃO DA AMÉRICA CENTRAL E HONDURAS	21
2.4 PRINCIPAIS CULTURAS DE HONDURAS	23
2.4.1 MILHO.....	23
<i>Fonte: You e Wood, 2006.</i>	24
2.4.2 FEIJÃO.....	24
2.4.3 CAFÉ.....	25
3 DADOS E METODOLOGIA	28
3.1 ÍNDICE MULTIVARIADO DO ENOS (MEI).....	28
3.2 DESCRIÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO	28
3.3 DADOS DE REANÁLISE	29
3.4 TRATAMENTO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO	29
3.5 MEDIDAS DE CENTRALIDADE E DISPERSÃO	31
3.5.1 MÉDIA OU MÉDIA ARITMÉTICA	31
3.5.2 MEDIANA (ME)	31
3.5.3 MODA (MO).....	31
3.5.4 AMPLITUDE (Re)	32
3.5.6 DESVIO PADRÃO	32
3.6 INFLUÊNCIA DO ENOS NA PRECIPITAÇÃO	32
3.6.1 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS.....	33
3.6.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 ANÁLISE DESCRITIVA.....	37
4.2 INFLUÊNCIA DO ENOS NA PRECIPITAÇÃO	43
4.3 INFLUÊNCIA DO ENOS NA AGRICULTURA	51
5 CONCLUSÃO	56
6 BIBLIOGRAFIA	58

1.INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

Honduras é um pequeno país da América Central em que boa parte da economia reside na agricultura. Por localizar-se na região equatorial, a precipitação responde diretamente a forçantes atmosféricas e oceânicas que ocorrem nestas latitudes. O fenômeno de grande escala mais conhecido que atua nos trópicos é o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e deste modo pretende-se neste trabalho, apresentar a relação entre a precipitação bimensal e o ENOS. Segundo o “Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra” em seu Atlas Climático (IHCIT, 2012) os efeitos negativos dos eventos extremos do El Niño, 1982-1983 e 1997-1998, são identificados como episódios com forte impacto em culturas agrícolas, incêndios florestais, fome e surtos de doenças propagadas por vetores, colocando em risco a segurança alimentar e a qualidade de vida da população, especialmente na parte Sul do país.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho proposto tem como objetivo avaliar a influência do El Niño Oscilação Sul nas precipitações anômalas e seu impacto nas culturas de milho, feijão e café em Honduras. Este é um trabalho inédito para o país, no qual pretende-se encontrar uma relação entre o índice MEI e as medias bimensais de precipitação, com e sem defasagem temporal.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Descrever a variabilidade anual, sazonal e mensal da precipitação;
- Relacionar as variabilidades da precipitação com os eventos El Niño (EN) e La Niña (LN) entre 1979 – 2018;
- Detectar a significância estatística das correlações entre o índice de ENOS (MEI) e a precipitação;
- Determinar a distribuição espacial do impacto do ENOS;
- Qualificar a influência do ENOS nas culturas agrícolas do milho, feijão e café em Honduras.

1.3 JUSTIFICATIVA

Atualmente 46% da população hondurenha vive nas áreas rurais do país; disso, 67% são dedicados à produção de grãos básicos e, em 90% dos casos, as lavouras são para autoconsumo, principalmente de produtos como milho, feijão e café. Qualquer evento climático deixa essas famílias em situação de vulnerabilidade alimentar e nutricional (OMS, 2011; apud UNICEF, 2016).

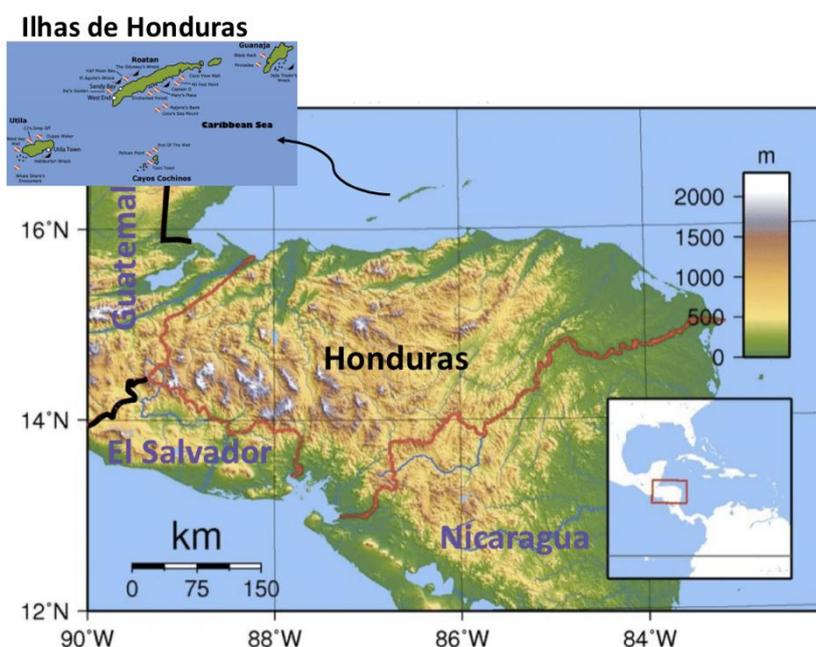
Honduras carece de estudos e ferramentas para análise do clima e suas variabilidades. Por exemplo o ENOS, não foi estudado ainda com grande detalhe, embora seja este um dos fenômenos de grande escala que afeta o clima global e é o modo de variabilidade mais importante para os trópicos (HALPERT, 1987). Nesse sentido, se desconhece o impacto que este fenômeno poderia gerar espacialmente na precipitação necessária para a agricultura. Um estudo do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF, 2016) ratifica a necessidade de compreender mais a variabilidade do fenômeno ENOS nas precipitações do país, o que justifica este estudo

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CLIMA DE HONDURAS

Honduras está localizado na região tropical do planeta, possui uma extensão territorial de 112.492 km² e seus limites geográficos são com o Mar Caribe ao Norte, o Oceano Pacífico ao Sul, a República de Nicarágua no Sudeste e no Oeste com as Repúblicas do El Salvador e Guatemala. Internamente o país é atravessado pela cordilheira Centro-americana de Oeste a Sudeste, o que gera uma divisão do território em três zonas: Planície Costeira do Norte, Planície Costeira Leste, Planície Costeira do Sul, a região montanhosa do Oeste e a região Central composta por vales e montanhas (Figura 2.1).

Figura 2.1. Mapa topográfico de Honduras e em destaque a cadeia de Ilhas ao Norte de Honduras.



Fonte: Maps Honduras (2020).

A topografia da região é um fator importante, que contribui na associação entre a precipitação e cada um dos regimes do vento (PORTIG, 1976; WAYLEN et al., 1996; CORTEZ, 2000). Nesse sentido, os regimes ou ventos alísios do Nordeste no inverno, que atravessam os países Centro-americanos, deixam uma maior umidade no litoral Caribenho (barlavento das montanhas), devido ao seu deslocamento através de um gradiente de baixa pressão, induzida hidrostáticamente por uma banda de temperatura mais quente na superfície do mar (TSM) (HASTENRATH, 2012; SÁENZ et al., 2015).

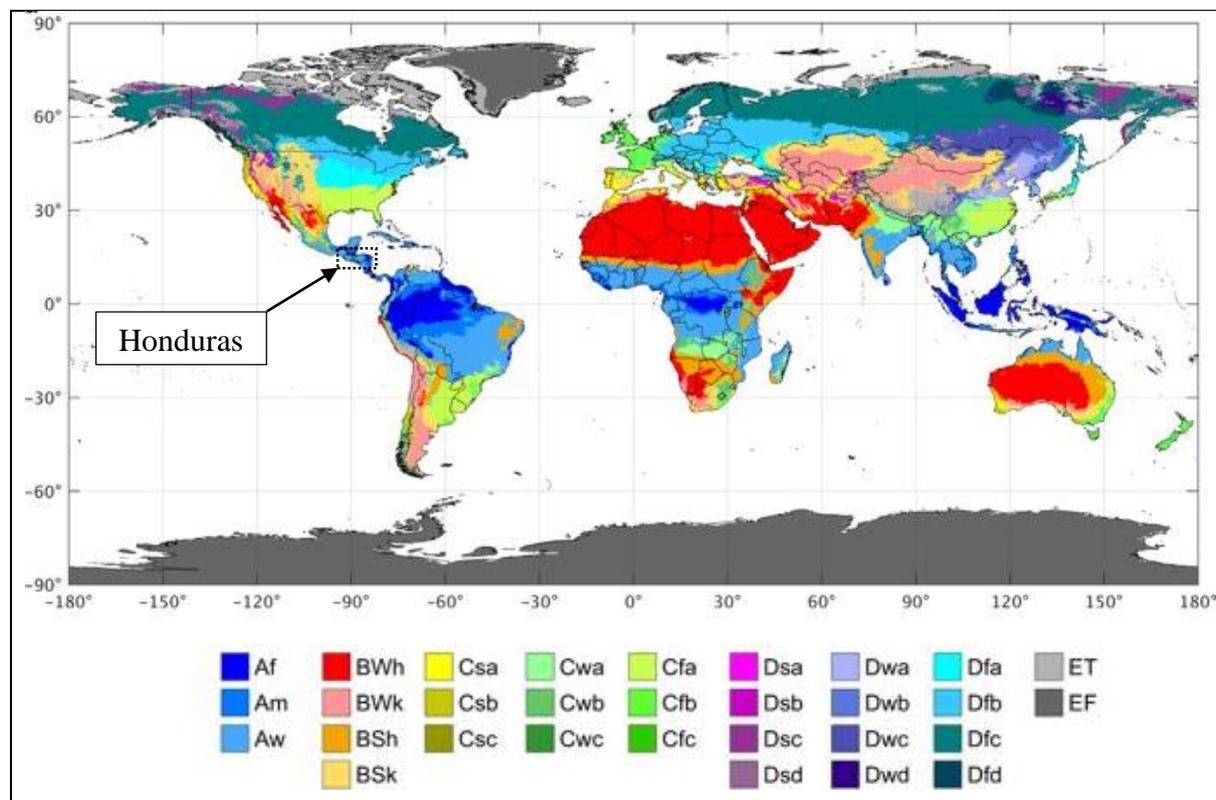
No sotavento (litoral Pacífico) os alísios são mais secos e confluem na região equatorial, onde se encontra a temperatura do mar (TSM) aquecida e uma zona de baixa pressão, que dá lugar à convergência e movimento ascendente intenso (Zona de Convergência Intertropical - ZCIT) (HASTENRATH e LAMB, 1977). Segundo Alpert (1945) e Hastenrath (2002), essa zona de convergência denominada ZCIT está localizada mais ao Sul durante o inverno boreal, e deslocada para o Norte no verão boreal. Deste modo, de maio a outubro é a estação chuvosa na América Central e no Caribe. A ZCIT sobre o Pacífico oriental atinge sua posição mais ao Norte em maio-junho e setembro-outubro, com um retiro para o sul em julho-agosto (JA) (HASTENRATH, 2002), associado à intensificação e expansão da Alta Pressão Subtropical do Atlântico Norte (NAHP, siglas em inglês), formando assim um padrão espacial das diferenças mensais de precipitação, com efeitos primeiramente no Caribe oriental (geralmente durante maio e junho) e se deslocando para o Leste durante os meses de junho e julho, baixo condições de aumento da subsidência, ventos alísios intensos, uma queda na temperatura sobre a superfície do mar (TSM), e diminuição das precipitações no Caribe (HASTENRATH, 1976, 1978, 1984; GRANGER, 1985; KNAFF, 1997; GIANNINI et al., 2000; GAMBLE et al., 2008).

Em Honduras, a precipitação apresenta um comportamento bimodal, característico da região, com um primeiro modo de chuva chamado de precipitação precoce (maio-julho) e o segundo modo, temporada de chuva atrasado (setembro-novembro) (ARGEÑAL, 2010; NAVARRO-RACINES et al., 2018). Ambos modos estão separados por um breve período denominado veranico (MAGAÑA et al., 1999; SMALL et al., 2007), definido por ter condições relativamente secas e atingir principalmente as zonas montanhosas, com direção ao Centro e Sul do território (Litoral Pacífico) durante os meses de julho e agosto (ARGEÑAL, 2010).

Para a temperatura do ar, existe uma relação significativa com a posição geográfica. Argeñal (2010) descreve que Honduras apresenta condições de temperaturas mais baixas durante o trimestre de dezembro-março, associadas as frentes frias que perduram ao longo desta temporada no Hemisfério Norte (HN) Segundo Reding (1992), estas são responsáveis por 70% a 90% das precipitações para América Central, durante estes meses (ZÁRATE, 2013; SÁENZ; DURÁN-QUESADA, 2015; MORON et al., 2016), produzindo intervalos que vão dos 8 °C nas montanhas mais altas no mês de dezembro, e 28 °C nas planícies do Sul. No entanto, durante a temporada quente, as temperaturas aumentam entre os 10 °C nos pontos mais altos (Serra do Celaque) e 31 °C nos vales do Sul.

Em consequência, Honduras apresenta dois tipos de clima: a) Clima tropical úmido, na região Leste e Norte do país (Af) e b) Clima tropical, com inverno seco no resto do território (Aw) (Figura 2.2) (BECK et al., 2018).

Figura 2.2. Mapa da classificação climática de Köppen – Geiger (1980 - 2016).



Fonte: BECK et al., 2018

2.2 EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL

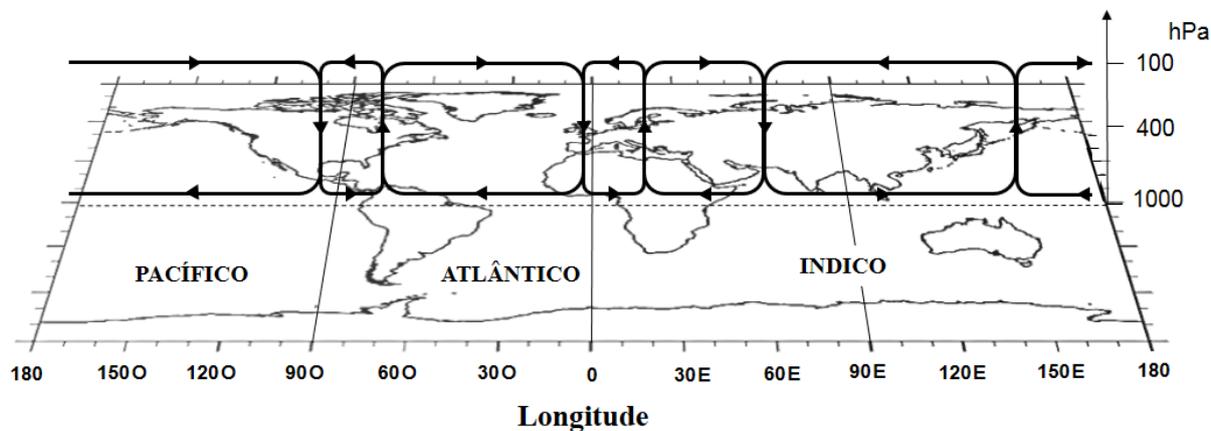
A origem do nome do fenômeno "El Niño" (ou "Cristo Niño" em espanhol), aparentemente foi denominada no século XIX por pescadores, em alusão ao fenômeno observado. Eles perceberam que em todos os anos, alguns meses após ao feriado do Natal, a água do mar na costa Sul-americana esquentava, e as correntes oceânicas próximas à costa assumiam novos padrões, porém a pesca piorava. Enquanto o evento ainda era considerado um fenômeno local (GLANTZ, 2001), Walker (1924) descobriu a Oscilação Sul (OS) ou mudanças em grande escala, que de forma geral é a tendência da pressão atmosférica a "oscilar" entre dois "centros de ação", um na região da Indonésia e o outro no Sudeste tropical-subtropical do Oceano Pacífico.

Destaque-se que apesar da grande descoberta, Walker não identificou que a OS estava relacionado com as mudanças no Oceano Pacífico ou com o El Niño. Foi no final dos anos 1960 que Bjerknes (1969) descobriu o mecanismo físico que conectava as mudanças na atmosfera relacionadas à OS (através da Célula de Circulação de Walker) e o fenômeno de El Niño (através das variações na temperatura da superfície do mar no Pacífico tropical). Foi assim que surgiu o termo híbrido El Niño - Oscilação Sul (ENOS) (ALLAN; LINDESAY; PARKER, 1996), constituído por três fases; Neutro, El Niño e La Niña.

Chang e Zebiak (2003) argumentam, que em estado natural ou fase neutra do ENOS, o Oceano Pacífico tropical contém duas regiões; uma localizada no Pacífico Leste, com águas superficiais do oceano relativamente frias (em torno de 5 e 10° C), estendidas na costa Oeste da América do Sul, ao longo do Equador (língua fria), e a outra região, no Pacífico Oeste, melhor conhecida como Piscina Quente do Pacífico Ocidental, devido a ter as águas do oceano, mais quentes do mundo (superior a 28° C). Esse forte contraste na temperatura da superfície do mar entre ambas regiões, faz com que a região de água quente, crie condições de baixa pressão em superfície, fazendo com que o ar carregado de umidade converja para a região. Esse ar carregado de umidade sobe e condensa em fortes eventos convectivos, resultando em nebulosidade generalizada e forte precipitação. Por outro lado, o ar ascendente desce da troposfera superior para a superfície na língua fria do Pacífico Equatorial Oriental como ar seco. Temperaturas frias, resultam em pressão superficial relativamente alta, fluxo divergente e pouca chuva. Esses movimentos do vento - subindo no Oeste, descendo no leste - são conectados através dos ventos alísios de Leste perto da superfície e, um vento Oeste na alta troposfera, formando a Circulação Walker (Figura 2.3).

Chang e Zebiak (2003) também descrevem, que flutuações na posição e intensidade da circulação de Walker causam a OS. Ou seja, quando a temperatura da superfície do mar no Pacífico Leste é mais quente que o normal, como durante os anos do El Niño, o centro de baixa pressão atmosférica normalmente situado na Piscina Quente do Pacífico Ocidental se move para o Leste, trazendo consigo o ar úmido crescente e a forte precipitação. Como resultado, a diferença de pressão Leste-Oeste no Pacífico é reduzida e os ventos alísios do Leste são enfraquecidos. Isso produz uma fraca OS (uma fase negativa). Da mesma forma, a força da OS é aumentada (uma fase positiva) quando a temperatura da superfície do mar no Leste do Pacífico cai abaixo do normal. Essa sensibilidade da circulação da atmosfera tropical às flutuações da temperatura da superfície do mar é um dos elementos chave da física do ENSO.

Figura 2.3. Circulação atmosférica Leste-Oeste ao longo do plano longitude-altura sobre o Equador. A célula sobre o Oceano Pacífico é conhecida como Circulação Walker.



Fonte: Adaptado de Lau and Yang, 2002

2.3 EVIDÊNCIA DO ENOS E SEU EFEITO NA PRECIPITAÇÃO DA AMÉRICA CENTRAL E HONDURAS

O ENOS é responsável pela modulação nas variações da precipitação dos trópicos (ROPELEWSKI; HALPERT, 1987). Na América Central e Caribe, os efeitos do ENOS na precipitação são observados, através de um modo interbacia, que se manifesta como uma oscilação zonal na pressão no nível do mar (SLP, siglas em inglês) entre o Atlântico tropical e o Leste do Pacífico equatorial. Quando a SLP é baixa no Pacífico equatorial oriental, é alta no Atlântico tropical: o fluxo atmosférico da superfície sobre a bacia é divergente, a Oeste, em direção a ZCIT no Pacífico Oriental, e para o Leste, no Atlântico Norte Tropical. A tendência sobre estas características, é ter condições mais secas que a média, durante a estação chuvosa que precede à fase estabelecida de um evento positivo (anomalia positiva na TSM) do ENOS (GIANNINI et al., 2000).

No entanto, a estação seca, que coincide com a fase estabelecida do ENOS, é mais úmida que a média na seção Nordeste da bacia, ou seja, Yucatán, a costa caribenha de Honduras e Cuba, e mais seca que a média no resto da bacia (Costa Rica e o Norte da América do Sul). Na primavera seguinte ao evento, à medida que a circulação atmosférica passa a condições normais, a anomalia positiva da temperatura da superfície do mar que se acumulou na bacia favorece à convecção, provoca anomalias de precipitação positiva em toda a região. Chen e Taylor (2002) também encontraram o período de chuva precoce, mais úmido durante os anos com diminuição do ENOS (El Niño +1 ano). Além disso, Giannini et al. (2000) também afirmam que quando o gradiente do SLP é meridional e de caráter fraco no Atlântico Norte

Tropical, significa ventos alísios fracos, o que favorece o aquecimento da TSM do Atlântico, que alcança uma intensidade máxima entre 2 e 4 meses após da fase estabelecida de um evento ENOS.

Por outro lado, em um único estudo desenvolvido para Honduras, focado em avaliar o comportamento da precipitação perante a ocorrência do ENOS através de um conjunto de dados de 30 anos extraídos de 67 estações hidrometeorológicas, Argeñal (2010) mostra que no primeiro período de chuva (precoce) durante os anos ENOS de fase positiva, com intensidade fraca, os meses de março-abril apresentam anomalias de precipitação positiva na região montanhosa e nas planícies do Sul, e um déficit pluviométrico na vertente do Caribe. No entanto, as condições se invertem durante maio, apresentando um litoral Caribenho mais chuvoso e a bacia do Pacífico com anomalias negativas de precipitação. As características de ter uma vertente do Caribe mais úmida e a do Pacífico mais seca, são observadas durante o segundo período de chuva (atrasado), com diferenças altas de até 60% de precipitação anômala no mês de agosto (veranico) na bacia do Pacífico.

Durante a temporada seca (dezembro-fevereiro), Argeñal (2010) descreve que no percorrer dos meses, existem chuvas com ligeira diminuição, presumindo que isto deve-se à diminuição anômala das frentes frias, que atingem a região durante esta época. Nos anos do ENOS na fase positiva (El Niño), e intensidade moderada, se apresentam condições similares na distribuição da chuva no território durante os meses do ano, com a exceção do primeiro período de chuva, que apresenta um atraso das precipitações, observado até no mês de junho.

Em relação ao fenômeno de La Niña, com intensidade moderada, Argeñal (2010) descreve que nesses anos o primeiro período da chuva apresenta anomalias positivas no Oeste e um déficit de ordem ascendente, indo de Oeste para Leste do país. Durante o veranico, o autor identificou que existe um excesso de chuvas no Sul, que se espalha até no Noroeste durante setembro, com precipitações próximas a média, e uma ligeira diminuição no Leste de Honduras. No entanto, no segundo período de chuva (outubro-novembro), o Oeste apresenta um decréscimo significativo nas anomalias positivas de precipitação, predominante nos meses anteriores, e condições de precipitação abaixo da média no resto do país, principalmente o Lago de Yojoa, no Leste e Sul. Na temporada seca, as condições de déficit pluviométrico continuam no Sul com até 50% abaixo do normal, e 30% no Noroeste.

Em relação à La Niña com intensidade moderada, de janeiro a junho, se apresentam anomalias negativas de precipitação em todo o país. No percorrer de julho-agosto (veranico) e setembro, as anomalias negativas continuam, na região Norte e Leste. Outubro, novembro e

dezembro são heterogêneos, em relação a distribuição espacial; outubro apresenta condições de precipitação normal no Nordeste e acima do normal para o resto do país. Novembro apresenta condições abaixo do normal na região Noroeste, o Centro com precipitações acima da média e o resto dentro da média. Dezembro parece estar mais associado à climatologia, embora, apresente anomalias negativas (positivas) de precipitação no Sul (no resto do país).

2.4 PRINCIPAIS CULTURAS DE HONDURAS

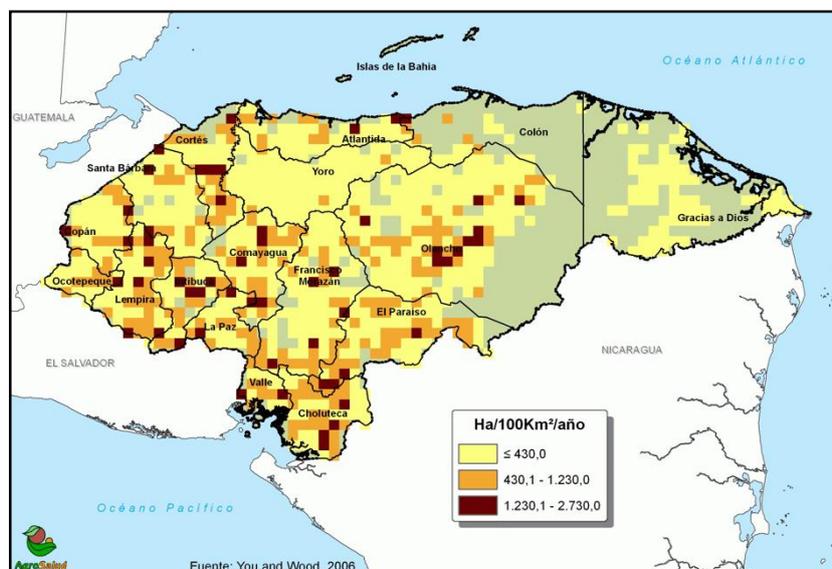
Neste trabalho, serão apresentadas as culturas de maior importância na economia nacional hondurenha (SAG, DICTA, 2013; ÁLVAREZ, 2018) e de maior acesso para os agricultores de pequena e mediana escala.

2.4.1 MILHO

O milho (*Zea mays*) é um dos gêneros alimentícios mais antigos, sendo classificado como originário do novo mundo, devido ao centro de origem na América. Pertence à família das Poáceas (Gramíneas), da tribo Maydeas, e é a única espécie cultivada deste gênero. O ecossistema que deu origem ao milho era de inverno-seco estacional em alternância com chuvas de verão, na região montanhosa, de morros íngremes e sobre rochas calcárias (ACOSTA, 2009). É o principal grão da dieta hondurenha, encontrando-se um consumo de 74 kg/pessoa ano, e é o grão com maior área semeada, com 336.000 hectares em todo o país, das quais produz-se 586.000 toneladas/ano (SAG, 2013).

Os departamentos (Estados) com maior produção reportada são Olancho, com 205 mil ton (34,9%), El Paraíso com 100 mil ton (17,1%), Yoro com 100 mil ton (17,1%) e Santa Bárbara com 86 mil ton (14,7%), para uma soma total de contribuição entre eles de 83,4% da produção nacional (Figura 2.4). O milho tem períodos de produção muito acentuados; 79% da colheita é obtida de outubro a dezembro, o que contribui para que os preços variem durante o ano (DICTA, 2013). O milho, por razões principalmente econômicas do pequeno agricultor, aproveita as temporadas de chuva em Honduras, mesmo que tem um requerimento hídrico de 2 mm/dia na etapa de germinação a 8 mm/dia durante o florescimento (Totis et al, 1980 e 1995)

Figura 2.4. Produção de milho em Honduras.



Fonte: You e Wood, 2006.

2.4.2 FEIJÃO

A origem evolutiva do gênero *Phaseolus* da qual o feijão faz parte e sua diversificação primária ocorreram nas Américas (DEBOUCK, 1991), mas o local exato onde isto se deu é ainda motivo de controvérsia (GEPTS; DEBOUCK, 1991). Vestígios arqueológicos da espécie cultivada chegam a idades próximas de 10.000 anos (GEPTS; DEBOUCK, 1991). A ampla área de ocorrência de populações autóctone da espécie é um dos fatores que permitiram o surgimento de diversas raças locais, embora também seja uma das causas da dificuldade de localização exata dos lugares de domesticação desta cultura. Dados recentes sugerem que as variedades atuais de feijão são o resultado de múltiplos eventos de domesticação, com dois centros primários, um na América Central e o outro ao Sul dos Andes (Sul do Peru e Bolívia). Um terceiro centro é ainda sugerido na região da Colômbia (DEBOUCK, 1986; GEPTS; DEBOUCK, 1991).

A cultura de feijão é muito importante na dieta diária de Honduras, superada no consumo apenas pelo milho. Representa um vínculo importante quando se fala em segurança alimentar na região. Nesse sentido, são semeados 105 mil hectares aproximadamente, gerando uma produção média anual de 81,8 toneladas, com um rendimento médio de 545 kg/hectare, o que permitiu que a colheita fosse autossuficiente nos últimos anos para o consumo (SAG, 2013).

É importante ressaltar que o consumo médio anual por pessoa é variável. Se considerarmos critérios como disponibilidade, opções alimentares, procedência (interior ou

cidade) e estratos sociais, estes revelam valores por consumo na faixa de 12 a 23 kg/pessoa ano. Nesse sentido, perto de 81% do consumo total de calorias dos hondurenhos é proveniente de milho e feijão, portanto fazem parte da cesta básica e são as culturas mais importantes do país (PASAH, 2009).

Como o feijoeiro é uma planta de clima subtropical, originário do México e América Central, onde existem condições climáticas amenas, com dias quentes e noites frescas, tem ciclo curto com cerca de três meses e é, geralmente, indiferente ao fotoperíodo. Isto possibilita o controle das exigências climáticas mediante o emprego de épocas de semeaduras adequadas. Em suas regiões de origem observa-se uma estação úmida, propícia ao crescimento, seguida de uma estação seca, no fim do ciclo, favorável à colheita e à conservação das sementes (CARVALHO et al., 2010).

Segundo Carvalho et al. (2010), em termos de quantidade de água, 200 a 300 mm são suficientes para um ciclo de 90 dias. Um período particularmente vulnerável é o que vai da semeadura à floração plena. A precipitação de 110 a 180 mm é satisfatória para esse período, considerando críticas as estiagens ocorrentes quinze dias antes da floração. A precipitação ideal está em torno de 100 mm por mês, bem distribuídos. O excesso de chuvas pode encharcar o solo, tornando as plantas cloróticas e paralisado o crescimento.

2.4.3 CAFÉ

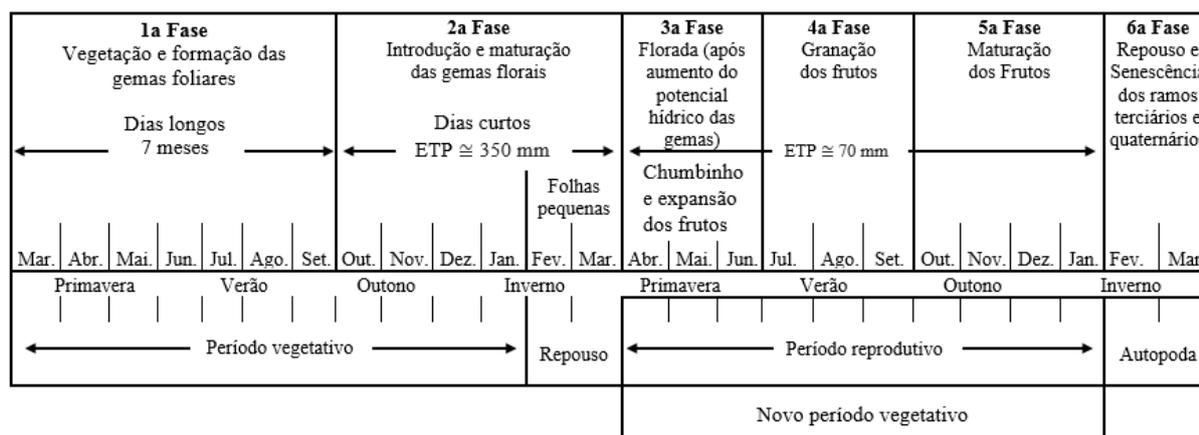
O cafeeiro arábica (*Coffea arabica*) é originário da nas terras altas da Etiópia e Sudão, na África, localizadas a mais de 1000 metros acima do nível médio do mar, perto do lago Tana, entre as latitudes de 12 - 15° Norte. Nessa região, a cultura cresce no estado selvagem e sub-selvagem e apresenta grandes variedades que foram transferidas para vários países, constituindo uma coleção inestimável e uma fonte incalculável e pouco explorada de variabilidade genética, que pode ser usada em variedades cultivadas (MURILLO, 1981).

Entre essa diversidade, destaque-se que a maioria emite as inflorescências na primavera e frutificam no mesmo ano fenológico. No entanto o cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.) é uma planta especial, que leva dois anos para completar o ciclo fenológico, no primeiro, formam-se os ramos vegetativos, com gemas axilares nos nós, durante os meses de dias longos (GOUVEIA, 1984).

Em Honduras, durante o mês de setembro, quando os dias começam a se encurtar, as gemas vegetativas axilares são induzidas por fotoperiodismo em gemas reprodutivas. Em outubro, pode-se notar através da Figura 2.5, que depois do equinócio de março, com os dias curtos com menos de 13 horas de luz efetiva, intensifica-se a indução das gemas foliares existentes para gemas florais, que começam a se desenvolver. Essas gemas florais vão amadurecendo e, quando maduras, entram em dormência e ficam prontas para a antese, quando ocorre um aumento substancial do potencial hídrico nas gemas dormentes. O choque hídrico, causado por chuva ou irrigação, é o principal fator para desencadear a florada (CAMARGO; CAMARGO, 2001). Outros motivos, como um acentuado aumento da umidade relativa do ar, mesmo que os cafeeiros não recebam chuva diretamente, poderá também provocar a florada (CAMARGO; FRANCO, 1985).

O segundo ano fenológico inicia-se com a florada, formação dos chumbinhos, que precede a expansão dos grãos até atingir o tamanho normal. Em seguida ocorre a granação dos frutos e a fase de maturação. Finalmente advém a senescência, morte dos ramos plagiotrópicos terminais, e a conhecida auto-poda. Na primavera do ano civil seguinte brotam novos ramos vegetativos, que se transformam em reprodutivos, permitindo nova produção, defasada no ano seguinte (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

Figura 2.5. Esquemática das seis fases fenológicas do cafeeiro arábica, durante 24 meses, nas condições climáticas de Honduras.

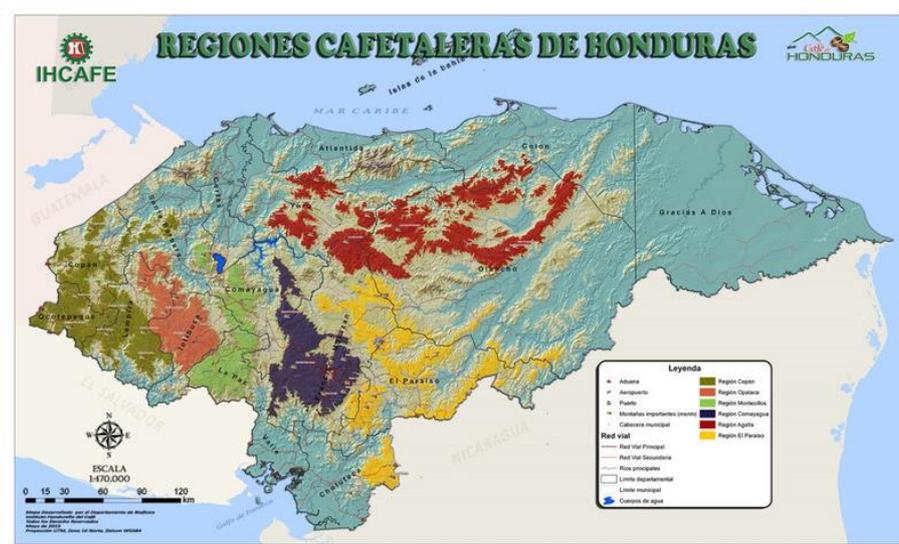


Fonte: Adaptado de Camargo e Camargo (2001).

Sob essa fenologia, o cafeeiro é plantado nas montanhas mais altas de Honduras, entre os 1000 – 1600 MSNM, com uma densidade de 2500 plantas/hectare, mediante as práticas de sistemas agroflorestais em pendentes (FHIA, 2004), nas regiões Centro, Oeste e Sul do país (IHCAFE, 2018), que é onde se considera que os requerimentos hídricos da cultura, são atingidos, já que esta, entre os 0 e 1 ano tem uma demanda mínima de 1 a 2 mm/dia, de 1 a 3 anos com 2 mm/dia e durante a etapa adulta (>3 anos), a demanda é de 3 a 4 mm/dia (ARCILLA: RAMÍREZ, 2014).

Destaque-se, que o cafeeiro é de muita importância para a economia de Honduras. Mais de 102 mil famílias são dedicadas à produção desta cultura (Figura 2.6), gerando assim mais empregos do que qualquer outro, o que faz posicionar-se em primeiro lugar, com uma representação no PIB nacional de 5% e 30% entre as culturas semeadas (ÁLVAREZ, 2018).

Figura 2.6. Principais regiões produtoras de café em Honduras.



Fonte: De Melo et al., (2015).

3 DADOS E METODOLOGIA

3.1 ÍNDICE MULTIVARIADO DO ENOS (MEI)

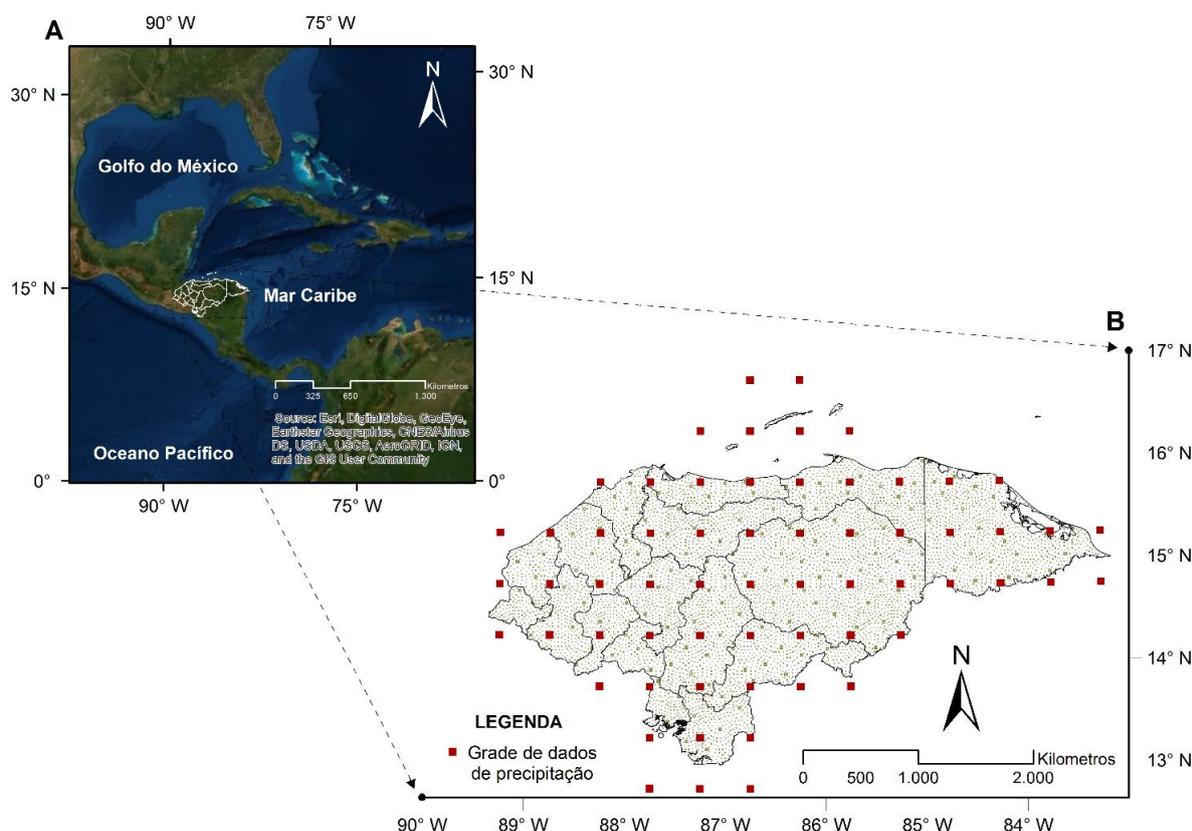
O índice multivariado do ENOS (MEI, siglas em inglês) é uma ferramenta muito útil e recomendada para a determinação das fases do ENOS (WOLTER; TIMLIN, 2011; POMPA-GARCÍA; NÉMIGA, 2015; SCHOSSLER et al., 2018), pois inclui na sua obtenção cinco variáveis que fazem parte do processo de acoplamento oceano-atmosfera no Pacífico Tropical (30 ° S-30 ° N e 100 ° E-70 ° W). São elas: Pressão ao Nível do Mar (SLP) (Pa), Temperatura da Superfície do Mar (TSM) (K), componentes zonais (u) e meridionais (v) do vento de superfície (Kt) e radiação de onda longa emergente (OLR) (W/m²). Para estas variáveis, é calculada a Função Ortogonal Empírica Combinada (EOF, siglas em inglês), para 12 estações bimensais superpostas (dezembro-janeiro, janeiro-fevereiro ... outubro-novembro, novembro-dezembro), a fim de levar em consideração a sazonalidade do ENOS e reduzir os efeitos de variabilidade intrasazonal de maior frequência (disponível em: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>).

3.2 DESCRIÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Os dados utilizados neste trabalho são médias de precipitação mensal de 1979-2018 em uma grade de 0,5° x 0,5° (Figura 3.1). Este campo de precipitação mensal, é definido mediante a interpolação de observações de mais de 17.000 estações meteorológicas no mundo, através da Rede Global de Climatologia Histórica (GHCN, siglas em inglês) e os conjuntos de dados do Sistema de Monitoramento de Anomalias Climáticas (CAMS, siglas em inglês), utilizando o algoritmo de Interpolação Ótimo (OI) (CHEN et al., 2002), disponíveis em: <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP/.CPC/.PRECL/.v1p0/.deg0p5/.rain/>.

Na Figura 3.1 é apresentada a distribuição espacial dos dados em pontos de grade. Os pontos ao Norte, fora de Honduras, correspondem as Ilhas Caribenhas de Honduras apresentadas na Figura 2.1. Os outros pontos fora de Honduras foram utilizados para melhorar o processo de interpolação utilizado na apresentação dos resultados.

Figura 3.1. Delimitação da área de estudo (A) e a grade da média mensal de dados de precipitação diária em Honduras (B). Os pontos marcados em vermelho representam a grade de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ de latitude/longitude.



Fonte: Próprio autor.

3.3 DADOS DE REANÁLISE

Para explicar parte da variabilidade na precipitação algumas variáveis atmosféricas e oceânicas foram utilizadas. São elas: temperatura do ar em superfície ($^\circ\text{C}$), vento em 925 hPa (m/s), ambos da reanálise do NCEP/NCAR com uma grade de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ (KALNAY et al, 1996) obtidos no website <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>, e dados de temperatura da superfície do mar da reanálise ERA5 do ECMWF com uma resolução de $0,75^\circ \times 0,75^\circ$, obtido no website <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/>.

3.4 TRATAMENTO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

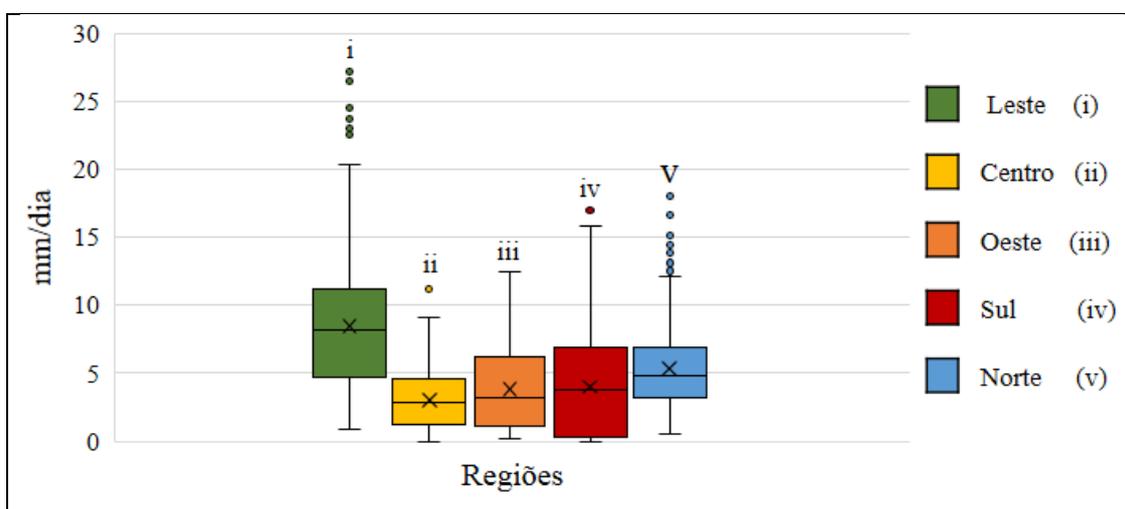
Os dados de precipitação correspondem a 62 arquivos (em pontos de grade) com um total de 480 registros em cada um, em formato binário, o que fez necessária a elaboração de alguns programas para colocá-los em formato .csv. Após de ter organizado os dados, foi

verificado que todas as séries estavam completas, não sendo necessário nenhum preenchimento de falhas. Mas para a verificação da possível existência de dados duvidosos, as séries de precipitação média mensal foram submetidas a um programa de linguagem RStudio (ENDRUWEI; DA SILVA, 2019) que utiliza o método de controle absoluto de Tukey.

Além disso, foi feito o diagrama de caixa (box plot) com 5 pontos de grade (15.25°N – 83.75°O, 14.75°N – 86.75°O, 14.75°N – 88.75°O, 13.25°N – 87.25°O e 15.25°N – 83.75°O), distribuídos sistematicamente, em representação de 5 regiões do país (Leste, Centro, Oeste, Sul e Norte), afim de compreender simplificada e particularmente aspectos gerais e particulares nas séries de precipitação, como ser: dados centrais, adjacentes e estranhos (atípicos e extremos).

Desse modo, observa-se na Figura 3.2 que as regiões Leste e Sul de Honduras apresentam picos extremos de precipitação (aproximadamente, 19 mm/dia). Em relação à mediana, pode-se observar que a metade dos dados, entre as séries de precipitação, apresentam valores menores ou maiores que 3 e 5 mm/dia aproximadamente. Com exceção do Leste, onde a metade dos dados das séries, poderiam estar entorno de 8 mm/dia. Por outro lado, embora tenha-se no conjunto de dados, valores extremos de precipitação (Leste e Sul), a média dos dados, estão mais próximos à metade dos valores com volumes mais baixos de precipitação. Os valores atípicos encontrados no quartil superior, das regiões Leste e Norte de Honduras, poderiam estar associados à incidência de furacões e ciclones tropicais no Caribe (JARRELL et al., 1992; apud NHC, 2010).

Figura 3.2. Diagrama de caixa (Box plot) baseado nas medias de precipitação bimensal (mm/dia) no período de 1979-2018.



Fonte: Próprio autor

3.5 MEDIDAS DE CENTRALIDADE E DISPERSÃO

Para verificar se os dados de precipitação coincidem com os resultados apresentados no Atlas Climático de Honduras (IHCIT, 2012), e compreender mais detalhadamente o comportamento e agrupação dos dados de precipitação, foram calculadas médias de precipitação trimestral (mm/dia) no período de 1979-2018 e aplicadas, medidas de centralidade e dispersão para todos os pontos de grade: Média Aritmética, Mediana, Moda, Amplitude e Desvio Padrão (REYES; ROCIO, 2012).

3.5.1 MÉDIA OU MÉDIA ARITMÉTICA

É uma medida de tendência central, independente das amplitudes dos intervalos. Para calcular a média de uma série de dados, se somam todos os dados e se dividem entre o número de dados.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.1)$$

Onde, \bar{x} representa a media aritmética, n quivale ao numero total da amostra ou população, $\sum_{i=1}^n$ indica a soma de toda a serie de dados.

3.5.2 MEDIANA (ME)

É o ponto médio de um conjunto de dados. O valor desse ponto médio é o ponto em que a metade das observações estão acima do valor e a outra metade está abaixo do valor. A mediana é determinada classificando a série de dados de forma hierárquica e encontrando o valor que fica no médio da série (Ex. 1 3 **5** 5 6 = 5). No entanto, quando o número da série de dados fosse par, deve ser calculada a média entre os dois valores da periferia do valor central (Ex. 1 3 **5 5** 6 9 = $5+5/2$: 5).

3.5.3 MODA (MO)

Refere-se ao valor que mais vezes se apresenta em uma série de dados (Ex. 3 **5** 1 9 6 **5** = 5), se nenhum valor for repetido mais de uma vez, não haverá moda em nosso conjunto de dados. Assim, o resultado encontrado na MO revela até que valor os dados tendem a ser agrupados (CANAVOS, 1988).

3.5.4 AMPLITUDE (Re)

É a diferença entre os dois valores extremos da série de dados (mínimo e máximo), cujo resultado expressa quantas unidades de diferença se encontram entre os dois valores, permitindo assim ter uma ideia da dispersão dos dados. O valor da amplitude é denotado da seguinte forma:

$$Re = X_{max} - X_{min} \quad (3.2)$$

Onde, X_{max} representa o valor máximo da serie de dados, e X_{min} o valor minimo.

3.5.6 DESVIO PADRÃO

É um índice numérico da dispersão de um conjunto de dados (ou população). Quanto maior o desvio padrão, maior a dispersão da população. O desvio padrão é uma média dos desvios individuais de cada observação em relação à média de uma distribuição. Assim, o desvio padrão mede o grau de dispersão ou variabilidade.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (3.4)$$

O desvio padrão é o resultado da raiz da Variância; ou seja, é a raiz da soma das diferenças, ao quadrado entre cada observação e a média. n representa o número total de observações.

Para interpretação dos resultados, obtidos nos cálculos das medidas de centralidade e dispersão, foi implementado o método de interpolação geoestatística de Kriging (ROYLE, 1981; BORROUGH, 1989; HEINE, 1986; OLIVER, 1990) utilizando as ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i) \quad (3.5)$$

sendo $Z(s_i)$ o valor médio na localização i , λ_i representa uma ponderação pelo valor médio na posição i , S_0 equivale à localização da predição, e n à quantidade de valores médios.

3.6 INFLUÊNCIA DO ENOS NA PRECIPITAÇÃO

Para encontrar espacialmente o nível de significância estatística do fenômeno na precipitação, o trabalho foi dividido em duas etapas.

3.6.1 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Foram agrupados os meses conforme se encontra na descrição do índice MEI. Este método consistiu em somar o primeiro mês com o segundo e dividi-lo por dois (média aritmética). O segundo cálculo se fez somando o segundo mês do cálculo anterior com o terceiro mês e dividindo por dois. Este cálculo foi repetido para todos os meses de cada ponto, a partir de 1979 até 2018 (exemplo: Tabela 3.1 coluna da Média).

Posterior a isso, foi calculada a normal climatológica bimensal para cada ponto, seguindo a regulamentação técnica da OMM nº 49 (WMO-Nº 49, 1988) e calculou-se a anomalia. Em consequência, foram selecionados os dados do MEI com relação ao tempo de dados de precipitação (1979-2018).

Os dados do MEI foram colocados em paralelo à coluna de anomalia, encontrada em cada um dos arquivos. Destaque-se que para encontrar o tempo em que o fenômeno de ENOS afeta a precipitação do país, foi necessário utilizar o recurso do Lag (Lagged Features de Wolter e Timlin (2011)), que consiste em colocar a coluna do MEI em repetidas posições (neste caso só se mostra até o Lag 5, já que finalmente após deste valor, as correlações diminuíram consideravelmente) tal como é observado na Tabela 3.1 e Figuras 4.11 e 4.12. Nesta tabela o Lag 0 significa que o ENOS está sendo configurado e poderia afetar no mesmo mês a precipitação do país, o Lag 1 quer dizer, que o ENOS pode afetar 1 mês após de ter sido configurado, e assim em diante, sendo que o Lag 5 representa um atraso de 5 meses entre o estabelecimento do evento e o impacto na precipitação.

Tabela 3.1. Exemplo da tabulação de dados de precipitação para o ponto de grade; 12,75 °N e 86,75 °O.

No.	Ano	Mês	Média	Normal	Anomalia	MEI					
						Lag 0	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4	Lag 5
1	1979	JF	0,03	0,11	-0,10	0,26					
2	1979	FM	0,05	0,15	-0,10	-0,08	0,26				
3	1979	MA	1,20	0,46	0,70	0,2	-0,08	0,26			
4	1979	AM	2,70	3,30	-0,60	0,27	0,2	-0,08	0,26		
5	1979	MJ	6,58	6,48	0,10	-0,15	0,27	0,2	-0,08	0,26	
6	1979	JJ	7,15	5,12	2,00	-0,14	-0,15	0,27	0,2	-0,08	0,26
7	1979	JA	5,98	3,83	2,10	0,44	-0,14	-0,15	0,27	0,2	-0,08
8	1979	AS	11,78	6,36	5,40	0,38	0,44	-0,14	-0,15	0,27	0,2
9	1979	SO	13,15	8,23	4,90	0,24	0,38	0,44	-0,14	-0,15	0,27
10	1979	ON	6,05	4,86	1,20	0,52	0,24	0,38	0,44	-0,14	-0,15
11	1979	ND	0,90	0,82	0,10	0,65	0,52	0,24	0,38	0,44	-0,14
12	1979	DJ	0,13	0,13	0,00	0,35	0,65	0,52	0,24	0,38	0,44
13	1980	JF	0,03	0,11	-0,10	0,19	0,35	0,65	0,52	0,24	0,38

Fonte: Próprio autor.

Através do software Rstudio foi filtrado cada arquivo do ponto de grade, seguindo as seguintes condições, se;

- a) $MEI \geq 0,5$: El Niño
- b) $MEI \leq -0,5$: La Niña
- c) $MEI > -0,5$ e $< 0,5$: Neutro

Simultaneamente, para obter novas tabelas com as fases do ENOS, foi aplicada a metodologia de Wolter e Timlin (2011), que indica que o ENOS só é significativo quando o tempo de persistência for igual ou maior a 4 meses. O resto de casos é desprezado e se toma um ano Neutro. Assim, obteve-se como resultado um total de 11 eventos do EL Niño e 10 eventos de La Niña (Tabela 3.2).

Tabela 3.2. Eventos El Niño e La Niña incluídos neste estudo.

Fases	ENOS (1979-2018)										
El Niño	1980	1982	1986	1991	1992	1994	1997	2002	2006	2009	2015
La Niña	1985	1988	1995	1998	2000	2005	2007	2010	2013	2017	

Fonte: Próprio autor.

3.6.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para esta etapa, foi realizado o cálculo do Coeficiente de Correlação Linear de Person r , que consiste em correlacionar linearmente as séries x e y (ZOU et al., 2003). Este é um método bastante usado para dados distribuídos geralmente de forma conjunta (dados que seguem uma distribuição normal bivariada).

Nesse sentido, o coeficiente r foi calculado para cada Lag e a precipitação anômala de cada arquivo mediante a seguinte equação:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.6)$$

sendo n o tamanho da série; x , e y , ($i = 1, \dots, n$) são os valores de x e y , respectivamente; \bar{x} e \bar{y} são as médias da amostra de x e y .

Destaque-se, que o valor do índice de correlação varia no intervalo $[-1,1]$, indicando o sinal da correlação, por tanto:

- Se $r = 1$, existe uma correlação positiva perfeita. O índice indica uma dependência total entre as duas variáveis, denominada relação direta: quando uma das variáveis aumenta, a outra também faz o mesmo em proporções constantes.
- Se $0 < r < 1$, existe uma correlação positiva.
- Se $r = 0$, não existe relação linear. Mas isso não implica necessariamente que as variáveis sejam independentes: ainda pode haver relações não lineares entre as duas variáveis.
- Se $-1 < r < 0$, existe uma correlação negativa.
- Se $r = -1$, existe uma correlação negativa perfeita. O índice indica uma dependência total entre as duas variáveis, denominada relação inversa: quando uma das variáveis aumenta, a outra diminui em proporções constantes.

Tendo cada resultado do coeficiente de correlação, foi de interesse determinar se os valores obtidos mostram que as variáveis de x (MEI) e y (anomalia de precipitação) estão

realmente relacionadas ou apenas apresentam certa relação como consequência do acaso. Assim, supôs-se as seguintes hipóteses:

- Hipótese Nula (H_0): Não há relação estatisticamente significativa ($r = 0$), o que indica que as precipitações não estão sendo influenciadas pelo ENOS.
- Hipótese Alternativa (H_1): Existe relação estatisticamente significativa ($r \neq 0$), o que indica que as precipitações estão sendo influenciadas pelo ENOS.

Com 90% de significância ($\alpha = 0,10$) e um total de 118 meses do El Niño, 224 do Neutro e 138 de La Niña, empregou-se a seguinte equação:

$$t_0 = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (3.7)$$

Sendo r corresponde ao resultado da correlação, e n é igual ao número de dados.

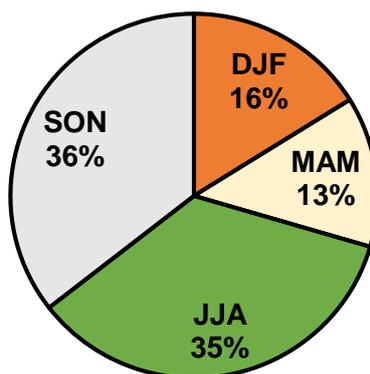
Finalmente, os resultados desta equação, junto aos do coeficiente de correlação do Pearson, foram tabulados e interpolados através do método geoestatística de Kriging (ROYLE, 1981; BORROUGH, 1989; HEINE, 1986; OLIVER, 1990), e agrupados por classes, para serem analisados utilizando a tabela da distribuição t de Student, com 116 graus de liberdade (G. L) no El Niño, 222 G. L. no Neutro e 136 G. L de La Niña.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Em perspectiva dos dados, foram calculadas médias mensais de precipitação por trimestre, ou seja, foram somados todos os valores do trimestre e feita uma média, de modo que para obter o somatório em mm/dia deve-se multiplicar o valor apresentado na figura 4.1 pelo número de dias do mês (31, 30 ou 28) ou pelo número de dias do trimestre, se desejar em mm/trimestre. Com relação as estações do ano, em uma média de todos os pontos sobre Honduras, foi encontrado que no Inverno (DJF) chove um 16% da precipitação total, 13% em Primavera (MAM), 35% no Verão (JJA) e 36% no Outono (SON).

Figura 4.1. Distribuição da precipitação pluviométrica (mm/dia) para cada trimestre em Honduras.



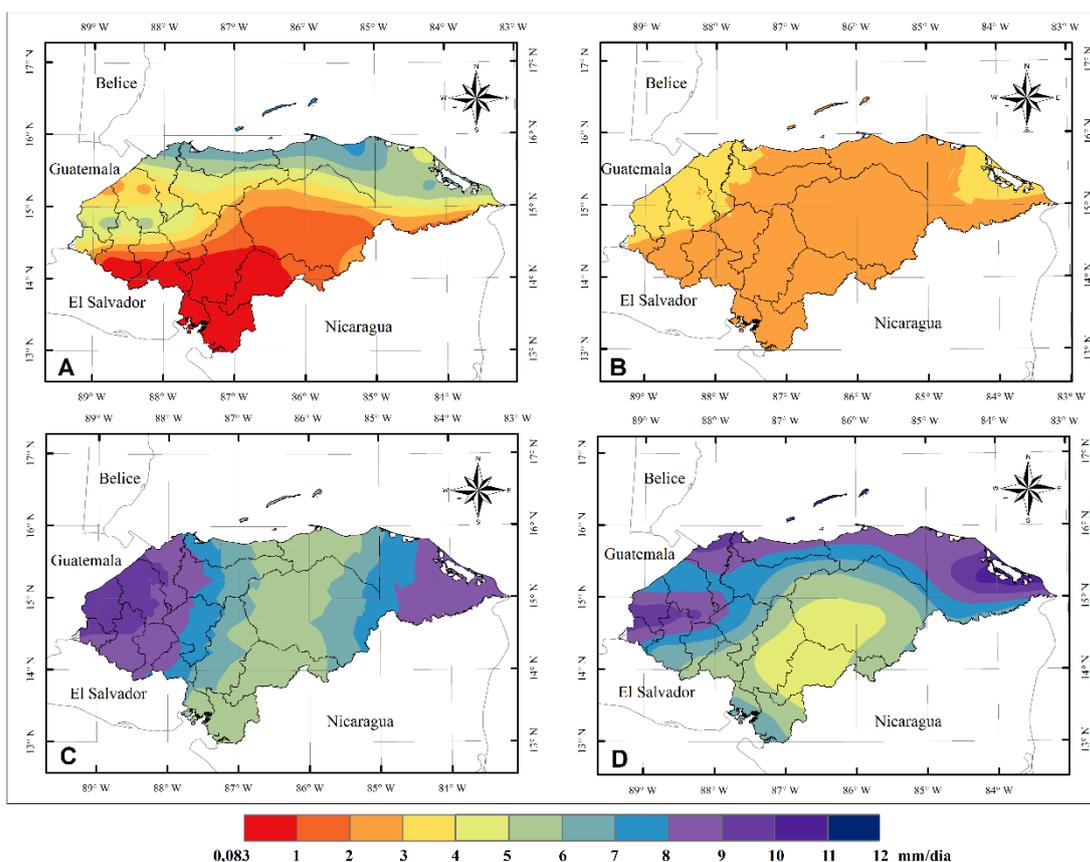
Fonte: Próprio autor.

Assim, os valores da precipitação também podem ser diferenciados espacialmente, como é apresentado na Figura 4.2. Percebe-se que 16% da precipitação correspondente ao Inverno (A), e está distribuída de forma quase-zonal, com volumes de chuva em acréscimo, desde os 0,083 mm/dia no Sul, até os 7,8 mm/dia no Norte. Em quanto à Primavera (B) os volumes de chuva diminuem e apresentam um padrão mais homogêneo, com valores de 2,1 mm/dia na maioria do território até os 3,2 mm/dia nos extremos Nordeste e Noroeste do país.

No Verão (C) do Hemisfério Norte (HN) as precipitações incrementam no país, principalmente nas regiões Leste e Oeste, com valores máximos entorno de 12 mm/dia e mínimos com 4 e 7 mm/dia para o resto do território. No Outono (D) o formato de distribuição da precipitação, é similar à de Inverno, embora, estas são maiores em volumes e vão desde os

2 mm/dia na região Sul até os 11 mm/dia no Norte. Em geral, pode-se observar então, que Honduras apresenta um perfil de distribuição de chuva parecido, entre outono e inverno, mas diferente em volumes (da mesma forma a primavera e o verão), cenário que coincide com o apresentado pelo IHCIT (2012).

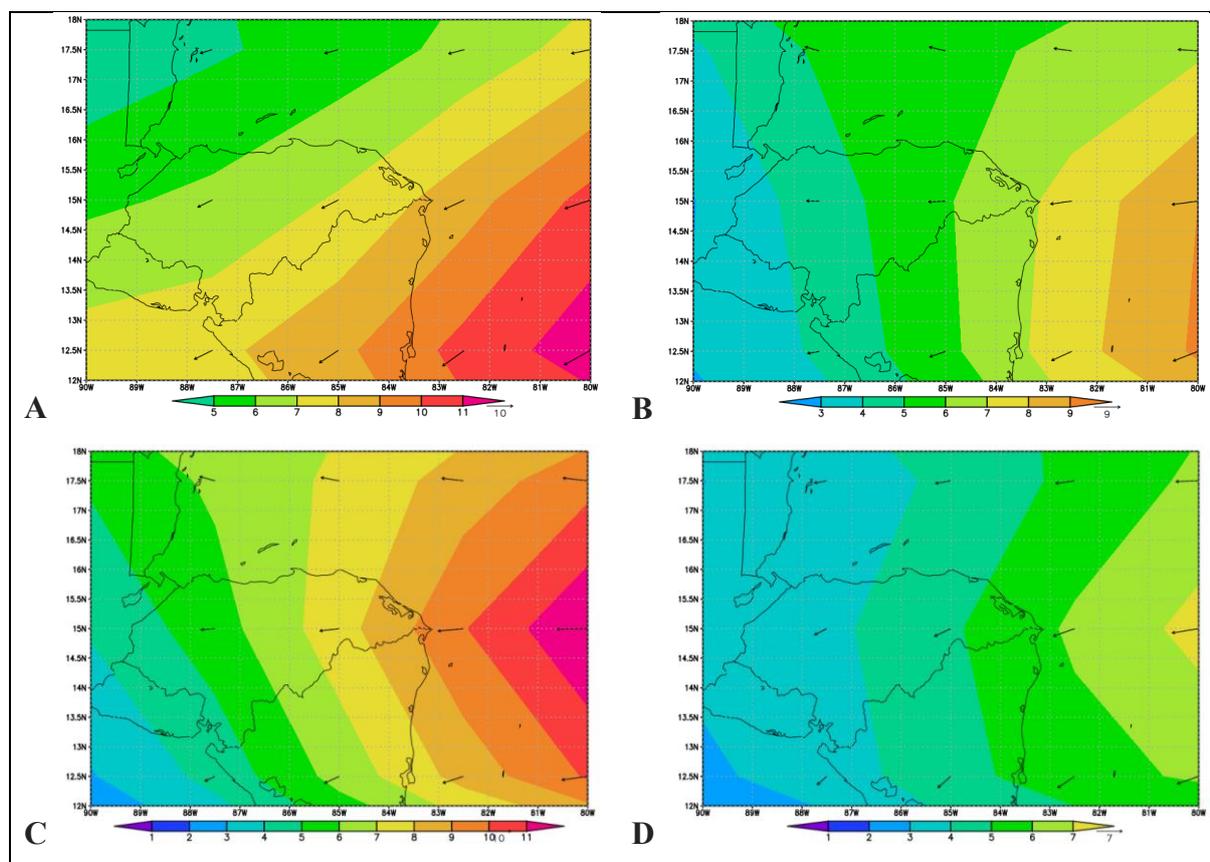
Figura 4.2. Climatologia da precipitação trimestral (mm/dia) em Honduras no período de 1979-2018. O painel A corresponde ao inverno boreal (DJF), B a primavera (MAM), C ao verão (JJA) e D ao outono (SON).



Fonte: Próprio autor.

O campo do vento, sob o continente, tem sentido de Nordeste no inverno e outono e de Leste nas duas estações quentes (Figura 4.3), ou seja, basicamente ventos alísios durante todo o ano. Por ser uma região intertropical, as horas de iluminação são quase iguais e não há grandes variações na temperatura no decorrer das estações.

Figura 4.3. Climatologia do campo do vento em 925 mb (m/s) no período de 1979-2018. O painel A corresponde ao inverno boreal (DJF), B a primavera (MAM), C ao verão (JJA) e D ao outono (SON).

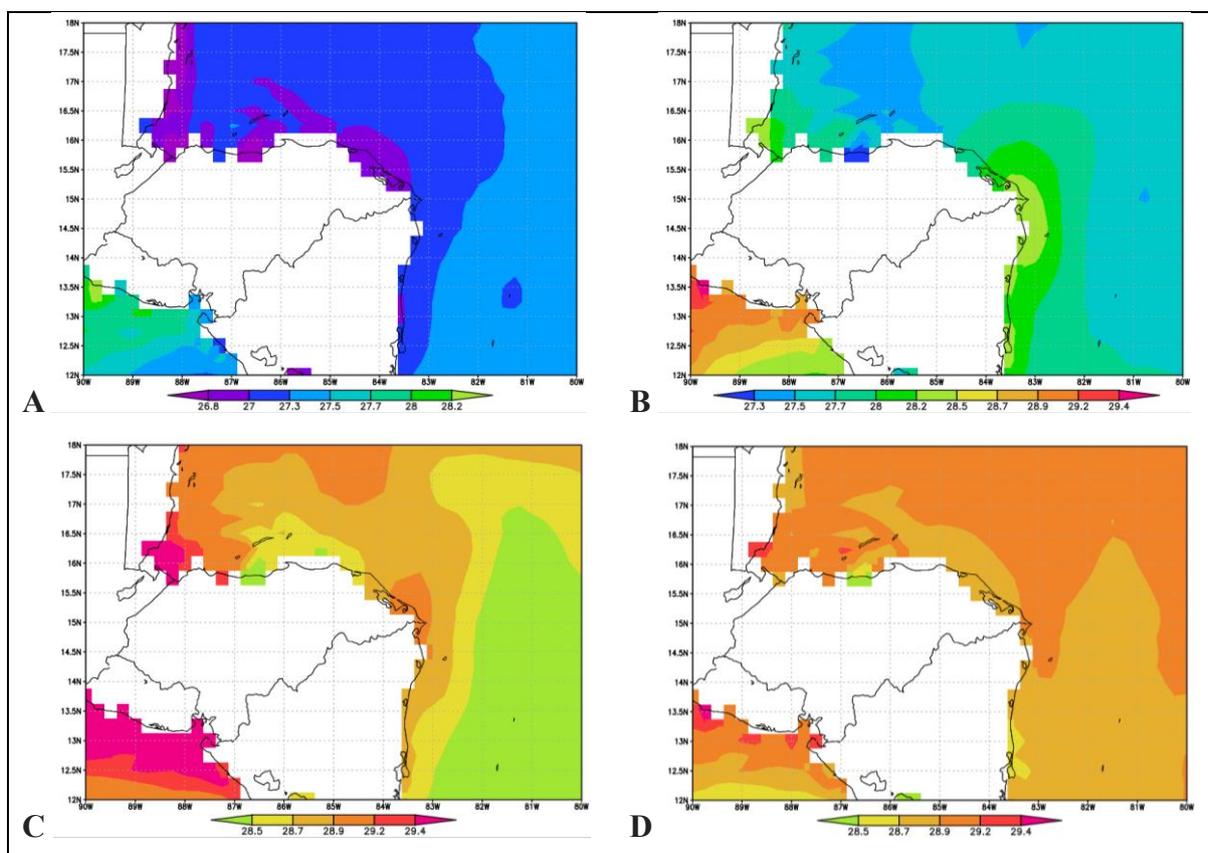


Fonte: Próprio autor.

Para a temperatura da superfície do mar, a variação no decorrer das estações é ainda mais sutil, variando em aproximadamente de 27°C até 29°C na costa do mar do Caribe (Figura 4.4). O efeito da continentalidade é marcante na temperatura do ar em superfície, por exemplo no inverno enquanto que a temperatura do ar na costa Caribenha é em torno de 24 °C (Figura 4.5), e no mar em torno de 27 °C.

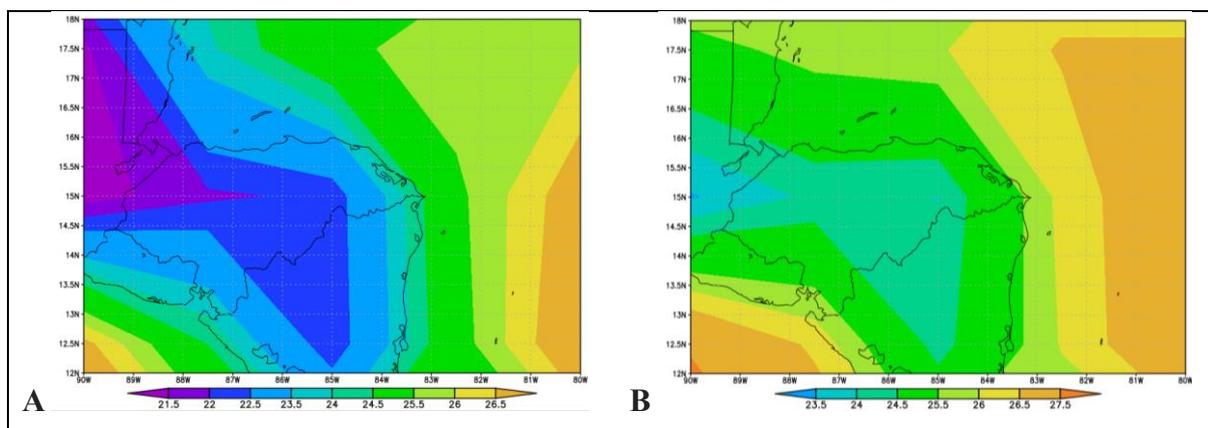
Ou seja, o vento úmido vindo de Nordeste, nas estações frias, sobe através das montanhas por efeito mecânico, resfria e condensa, resultando em fortes chuvas, na região mais ao Sul do país. Nos meses mais quentes, quando o vento é predominantemente de Leste, a temperatura do ar em superfície apresenta maior variação entre o interior do continente e a costa Caribenha ou do Pacífico (Figura 4.5). A precipitação apresenta comportamento semelhante, com mais chuva orográfica próximo as costas e menos chuva no interior do continente (Figura 4.2).

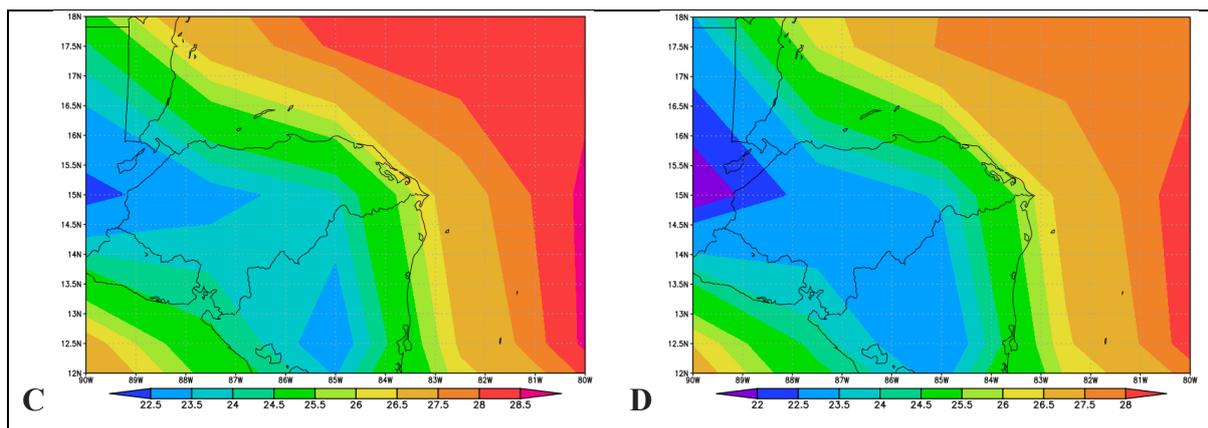
Figura 4.4. Climatologia do campo da temperatura da superfície do mar (SST) (°C) no período de 1979-2018. O painel A corresponde ao inverno boreal (DJF), B a primavera (MAM), C ao verão (JJA) e D ao outono (SON).



Fonte: Próprio autor.

Figura 4.5. Climatologia do campo da temperatura do ar sobre a superfície (°C) no período de 1979-2018. O painel A corresponde ao inverno boreal (DJF), B a primavera (MAM), C ao verão (JJA) e D ao outono (SON).



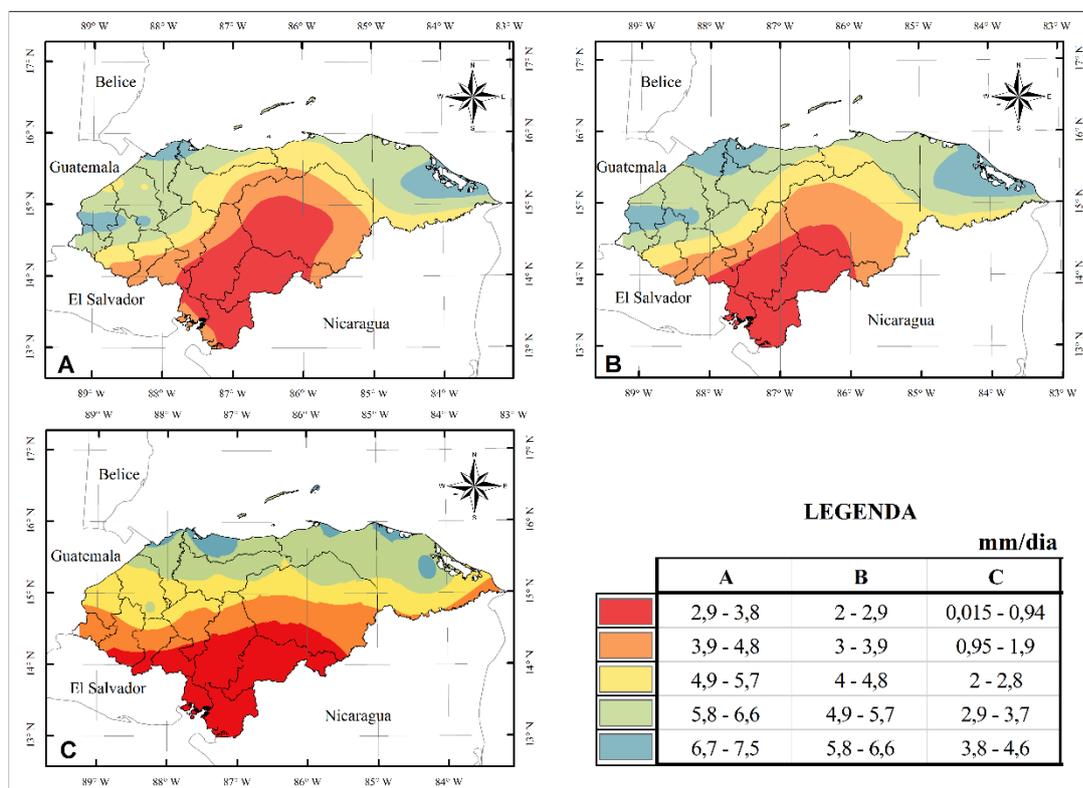


Fonte: Próprio autor.

Na Figura 4.6A é apresentada a distribuição espacial da média mensal de precipitação diária (1979-2018) em Honduras, com variações climatológicas entorno de 3 a 8 mm/dia dependendo da região. Além disso, observa-se na mesma figura, que o padrão de distribuição da precipitação durante os 39 anos é parecido ao perfil de distribuição, encontrado durante o outono e inverno (Figura 4.2A e D). Essa predominância do padrão de distribuição, deve-se a uma mínima diferença entre porcentagens de distribuição de chuva entre esses trimestres (SON e DJF), que somados equivale a um 52% do total (Figura 4.1). Assim mesmo, os resultados da media, coincidem com a mediana (Figura 4.6B) e mostram que o 50% dos dados de precipitação dos 39 anos, apresentam chuvas entorno dos 2 mm/dia no Sul é até 7 mm/dia.

Nos resultados da moda (Figura 4.6C) pode-se observar que os maiores volumes de precipitação predominam e se agrupam no Norte do país (2 a 5 mm/dia) e no Sul com volumes em torno de 0 e 1 mm/dia. Além disso, note-se que valores de precipitação mais baixos e consistentes no Sul e parte da região Central, coincidem com a região do denominado “Corredor Seco” hondurenho (UNICEF, 2016).

Figura 4.6. Média mensal (A), Mediana (B) e Moda (C) de precipitação diária (mm/dia) calculada entre 1979-2018 para Honduras.



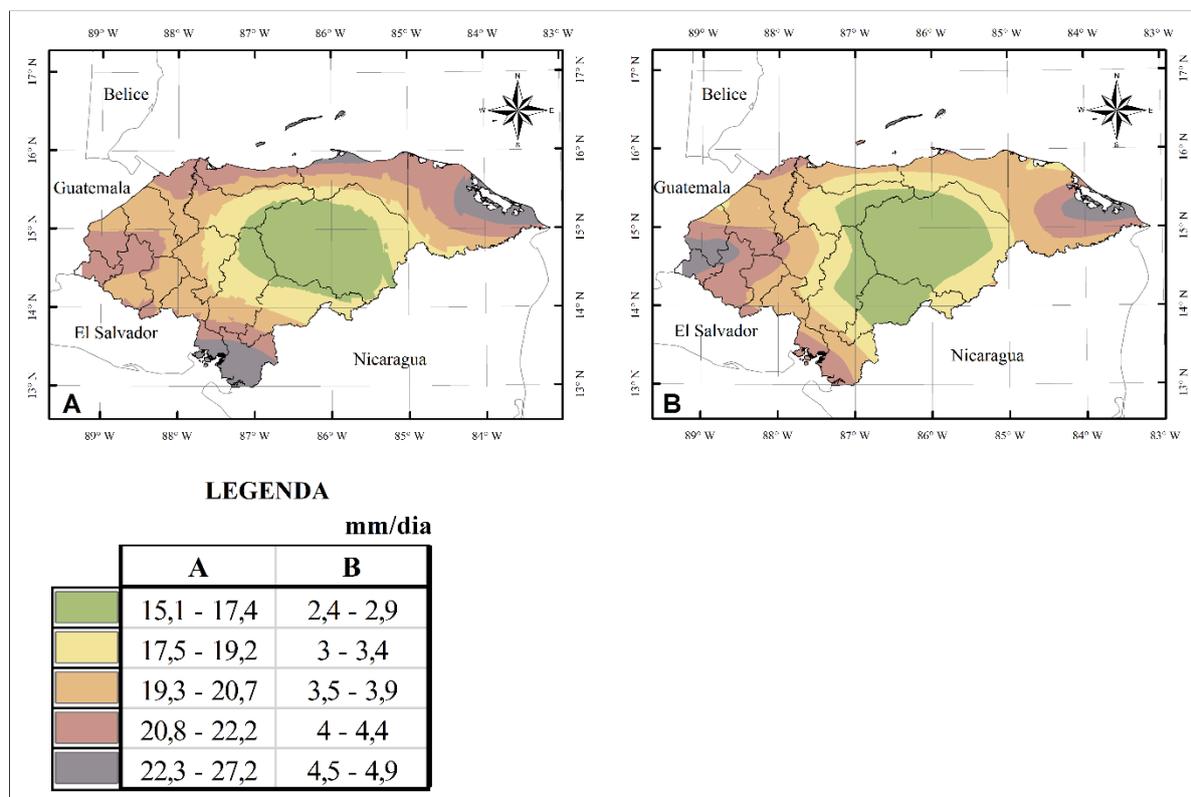
Fonte: Próprio autor.

O mapa de extremos de precipitação (Figura 4.7A) revela que a maior diferença entre todas está localizada na região Sul do país e na Lagoa de Caratasca (15,4°N e 83,9°O) no departamento de Gracias a Dios, com variações que vão desde os 22,3 até os 27,2 mm/dia. Porém, as menores amplitudes de precipitação (15,1 até 17,4 mm/dia) estão localizadas na região Centro Leste, envolvendo uma grande área do departamento Olancho (14,8°N e 86°O), uma fração do El Paraíso, Nordeste de Francisco Mora e Sudeste do departamento de Yoro.

Em relação ao desvio Padrão (Figuras 4.7C), foi encontrado que os maiores valores de dispersão dos dados com relação à média, estão localizados nas regiões Sul, Oeste e Leste de Honduras, com precipitações em torno de 4 a 5 mm/dia. Do mesmo modo, é observado também, que as regiões com menor variação nas precipitações com relação à média, estão localizadas na região Centro – Leste do país, entre os departamento do El Paraíso, Francisco Morazán, parte de Santa Bárbara, Yoro e o Departamento de Olancho.

Em geral, as medidas de dispersão mostram que as regiões onde existe maior amplitude nos dados é experimentada uma maior variabilidade da precipitação com relação à média.

Figura 4.7. Amplitude (A) e Desvio Padrão (B) baseado na média mensal de precipitação diária (mm/dia) calculada entre 1979-2018 para Honduras.



Fonte: Próprio autor

4.2 INFLUÊNCIA DO ENOS NA PRECIPITAÇÃO

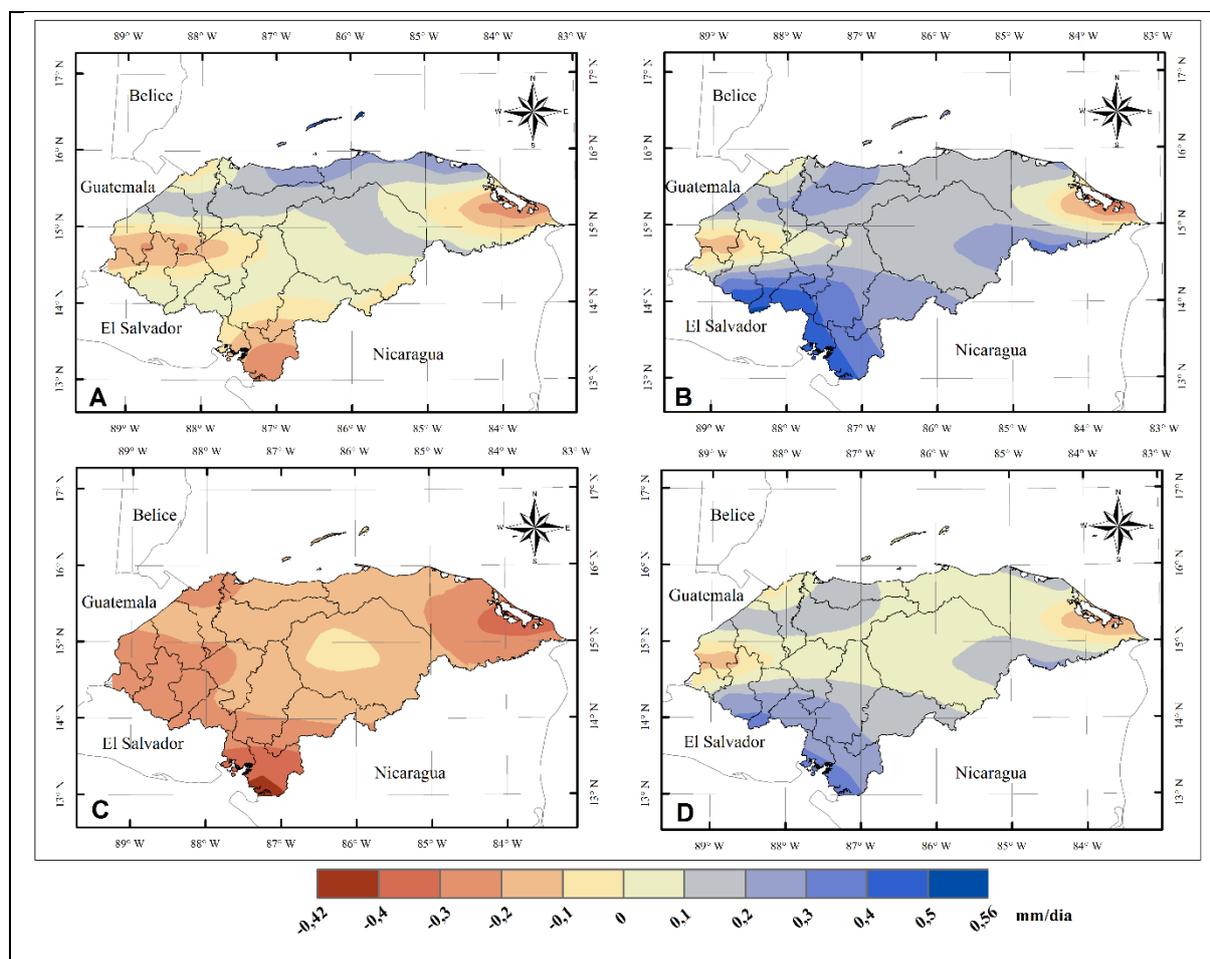
Na Figura 4.8 são evidenciadas as diferenças entre os eventos ENOS e os anos Neutros, assim como também as do El Niño e La Niña em relação a climatologia. Observa-se na Figura 4.8A as diferenças de anos El Niño com relação ao Neutro (El Niño – Neutro), com valores anômalos de precipitação, que vão desde os -0,33 até 0,51 mm/dia. Em consequência, as regiões com menores volumes de chuva são encontrados nos departamentos de Gracias a Dios (Leste), Choluteca, Valle, Sul de Francisco Morazán (Sul), El Paraíso, Sul de Olancho (Sudeste), e os departamentos de Ocotepeque, Copán, Santa Barbara, Comayagua, Lempira e Intibucá (Oeste), como também uma pequena área no Norte do departamento de Cortes. Por outro lado, as anomalias de precipitação positiva são registradas no Norte do país, entre os departamentos de Yoro, Atlântida, Colón e as Ilhas da Bahia principalmente, com volumes de chuva entre os 0,11

e 0,30 mm/dia respectivamente. O resto do país, que é a maior parte do território, apresenta anomalias de precipitação perto de zero.

Na Figura 4.8C são mostradas as diferenças de precipitação durante os anos El Niño em relação à climatologia de 1979-2018 (El Niño - Climatologia). Assim, nota-se que as precipitações anômalas encontradas no Leste, Sul, Sudeste, Oeste e Noroeste do país na Figura 4.8A tem uma maior diferença ao serem comparadas com a climatologia dos 39 anos (Figura 4.6A), indicando que se produzem chuvas anômalas entre -0,30 e -0,40 mm/dia e inclusive até -0,42 mm/dia no Sul de Choluteca.

As anomalias de precipitação durante La Niña – Neutro são encontradas na Figura 4.8B. Pode-se observar que o cenário de precipitação é totalmente diferente ao encontrado durante os anos El Niño, a exceção das regiões Leste, Sudeste, Oeste e Noroeste do país onde se apresenta uma persistência de seca, que embora seja de menor amplitude, com relação à dos anos El Niño, supera os -0,20 e -0,30 mm/dia. Por outro lado, nota-se a região Sul do país (Figura 4.8C) em que as condições mudam completamente de uma fase do fenômeno para outra, com uma amplitude desde os -0,42 mm/dia (-13% abaixo do normal) durante El Niño, até os 0,35 mm/dia (11% acima do normal) no decorrer de La Niña.

Figura 4.8. Diferença da precipitação do ENOS em relação ao período Neutro. A representa El Niño – Neutro, B representa La Niña – Neutro, C representa a diferença do El Niño em relação a climatologia e D representa a diferença de La Niña em relação a climatologia.



Fonte: Próprio autor.

Em resumo, a figura mostra que as precipitações anômalas se distribuem ou agrupam em aproximadamente 5 regiões do país (Leste, Sul, Oeste, Norte e a região Central), algumas com valores parecidos, mas espacialmente distintos. Por tanto, as Figuras 4.9 e 4.10 reforçam essa ideia e revelam o momento em que a precipitação se altera em relação à normal climatológica para cada zona.

Observa-se na Figura 4.9, na curva da climatologia (Preto - losangos), que os pontos A (Centro), B (Oeste), C (Sul) apresentam um comportamento bimodal na precipitação, e inclusive o C (Leste), embora este último tenha valores de precipitação maiores, parecidos com o E (Norte). Estudos sugerem que este comportamento no Norte de Honduras (D e E) é devido as condições que oferecem o Mar Caribe através dos ventos alísios, distinto das regiões expostas

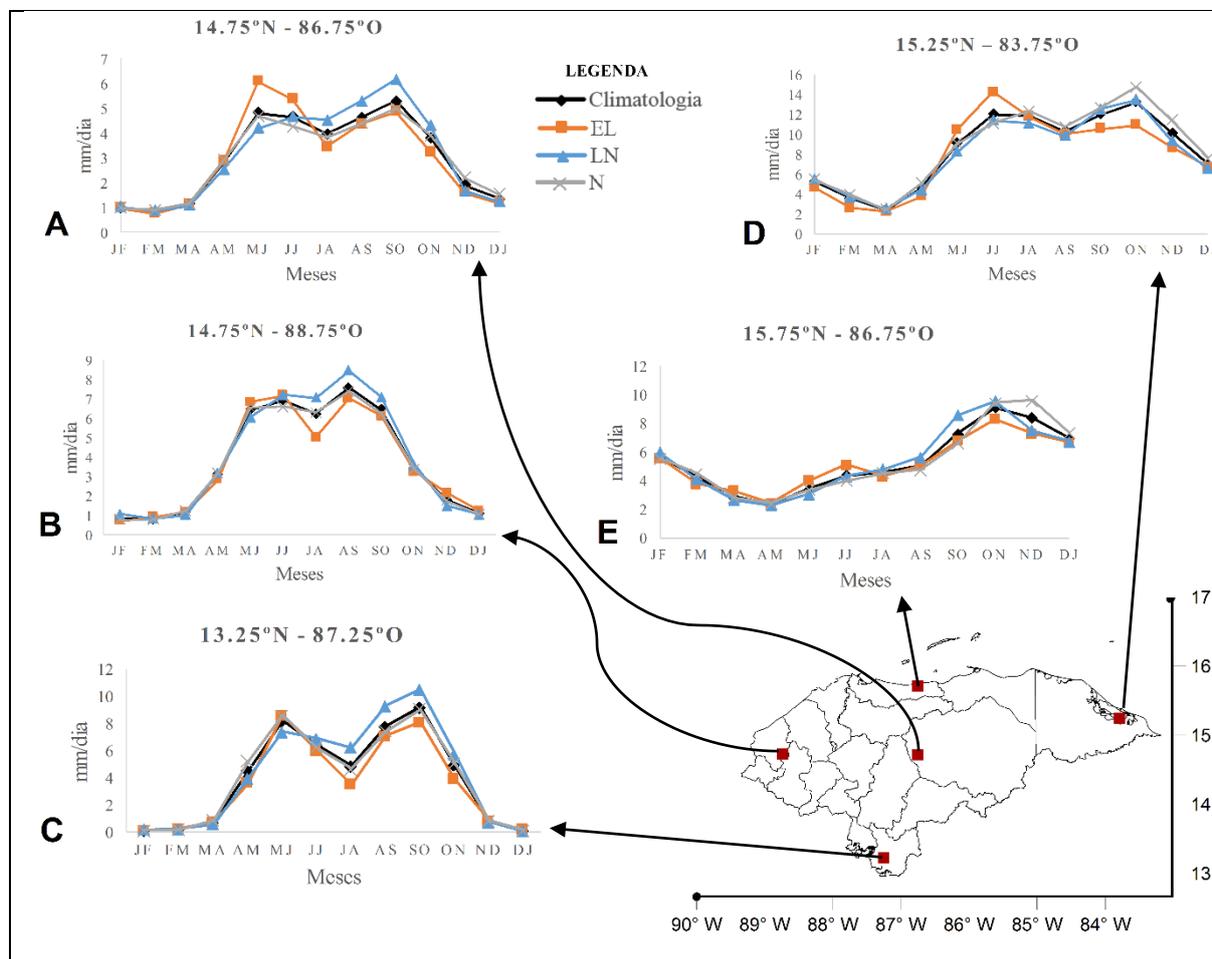
ao Pacífico, cujas precipitações estão majoritariamente influenciadas pela oscilação latitudinal da ZCIT (A, B e C) (ALPERT, 1945; MAGAÑA et al., 1999; HASTENRATH, 2012).

Por outro lado, descrevendo as médias de precipitação e as anomalias provocadas pelo ENOS, nas Figuras 4.9 e 4.10 pode-se observar que durante a fase do El Niño estabelecido, na região Leste de Honduras, entre os meses de janeiro a maio (temporada seca), os volumes de precipitação se posicionam ligeiramente abaixo do normal. Logo no primeiro período de chuva que corresponde a maio e julho, as precipitações são anômalas positivas de até 2,5 mm/dia, para depois ter uma queda no segundo período de chuva (agosto a dezembro), com precipitações anômalas negativas que atingem os -2,3 mm/dia no mês de novembro.

Para a mesma figura em questão (4.9D), durante a fase de La Niña, aparentemente não existe efeito significativo. Porém, ao observar a Figura 4.10D é identificado, que as precipitações anômalas persistem em torno de -1 mm/dia entre os meses de maio até agosto, o que equivale a ter uma diminuição de até 90 mm de chuva nesse período.

Enquanto na região Central (A) do país, para as mesmas Figuras 4.9 e 4.10, nota-se que em anos de El Niño, ambos períodos de chuva são influenciados pelo fenômeno, sendo o primeiro período entre os meses de abril a julho com precipitações positivas que atinge em torno de 1,5 mm/dia (maio e junho, principalmente). Porém, a partir do veranico entre julho e agosto, e o segundo período de chuva de setembro a dezembro, as precipitações acompanham a climatologia, mas com anomalias negativas que chegam até os -0,5 mm/dia (julho-agosto e outubro-novembro, principalmente). Em relação a La Niña, para a mesma região (A), as precipitações no primeiro período são iguais ou inferiores à climatologia (-0,75 mm/dia entre os meses de março a junho). Em sequência, durante o veranico e o período de chuva atrasado (julho a novembro) as precipitações tornam-se anormalmente positivas em torno de 1 mm/dia, com um aspecto simétrico notável.

Figura 4.9. Climatologia da precipitação (mm/dia) de 1979-2018 (Preto - losango), climatologia da precipitação durante os anos de El Niño (Laranja - quadrado), La Niña (Azul - triângulo) e a durante os anos Neutro (Cinza - x). As diferentes letras representam; A região Central, B região Oeste, C região Sul, D região Leste e E região Norte.



Fonte: Próprio Autor

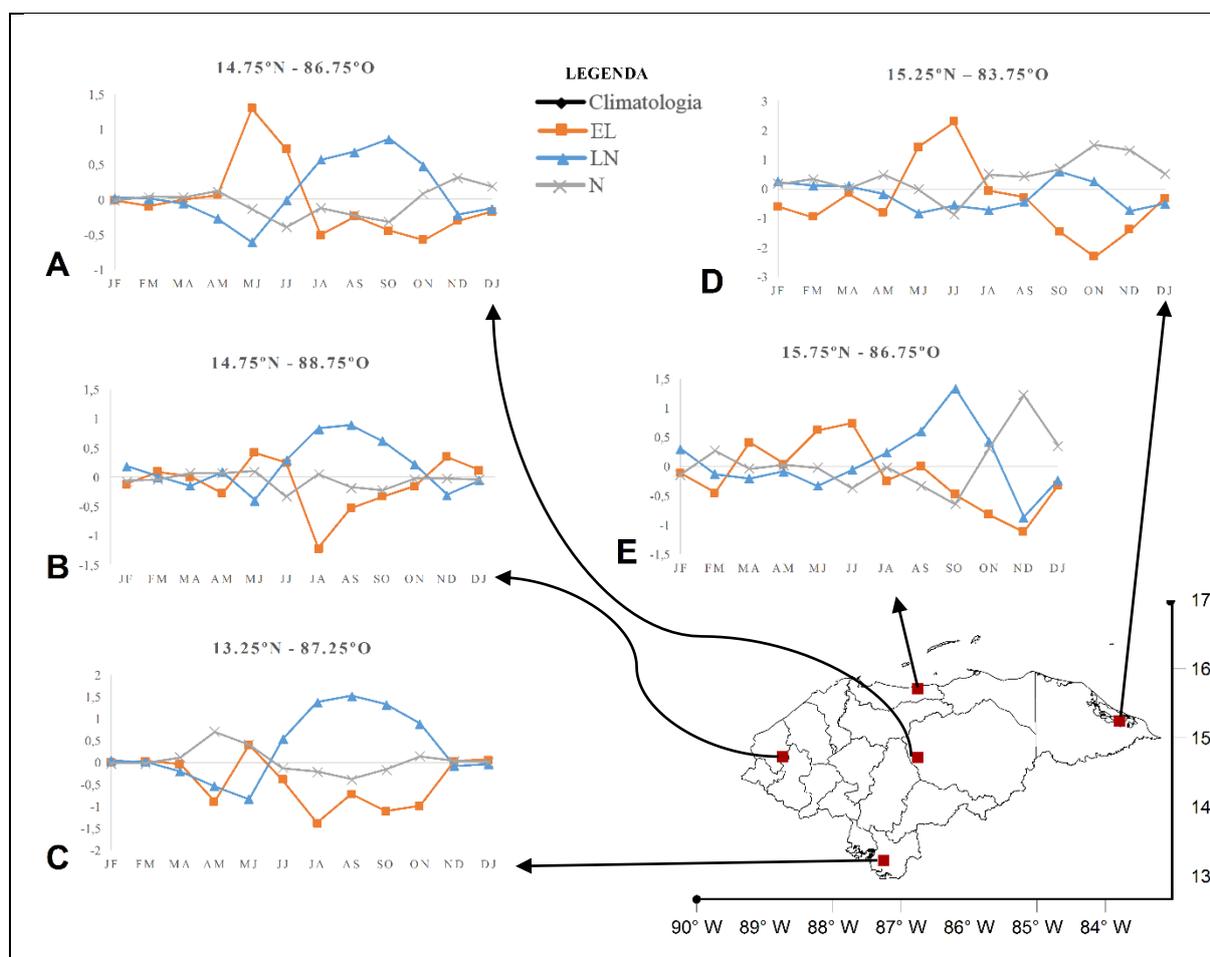
No Oeste de Honduras (Figuras 4.9 e 4.10), em anos de El Niño, unicamente o verão é mais seco do que o normal. As anomalias de precipitação podem chegar até -1,2 mm/dia. No resto do ano, as anomalias são próximas a zero. Em anos La Niña, de junho a outubro, as precipitações são anormalmente positivas, ou seja, chove até 1 mm/dia, acima do normal e em forma simétrica.

O Sul de Honduras, ilustrado pelas Figuras 4.9C e 4.10C, mostra que em anos El Niño as precipitações diminuem em relação à média, a partir de junho e perduram até novembro, com dois picos máximos negativos entre -1 e -1,2 mm/dia, no mês de julho e setembro-outubro, respectivamente. Em anos La Niña, a região Sul possui anomalias de precipitação negativa, a partir do mês de março, diminuindo até o mês de junho, com valores perto de -1 mm/dia. De

julho a novembro, o cenário se inverte e as precipitações tornam-se acima do normal, com valores entre 1 e 1,5 mm/dia, mantendo o aspecto simétrico.

A região Norte de Honduras aparentemente é a menos afetada pelo ENOS na precipitação (Figura 4.9E). No entanto, quando é observada a anomalia, encontra-se que durante anos de El Niño entre abril e julho estas estão em torno de 0,6 mm/dia acima do normal, e anomalias negativas perto de -1 mm/dia são observadas nos meses de agosto a dezembro (novembro principalmente). Durante La Niña, os valores de precipitação anômala são positivos entre os meses de agosto a novembro, com volumes máximos de 1,5 mm/dia (mês de setembro principalmente).

Figura 4.10. Anomalia de precipitação (mm/dia) durante os anos de El Niño (Laranja - quadrado), La Niña (Azul - triângulo) e dos anos Neutro (Cinza - x). As diferentes letras representam; A região Central, B região Oeste, C região Sul, D região Leste e E região Norte.



Fonte: Próprio autor.

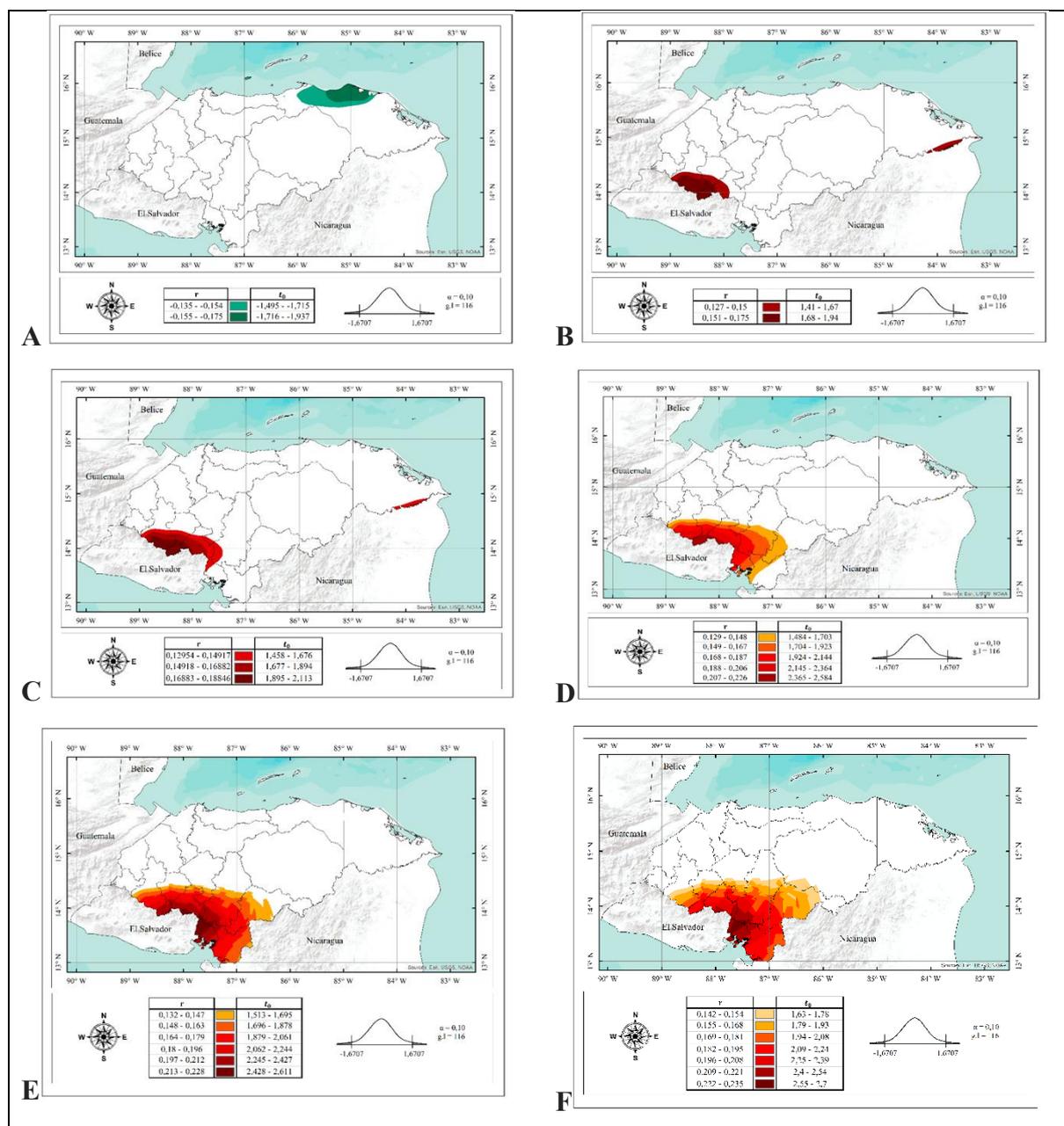
Por outro lado, no fenômeno de EL Niño, através de um 90% de significância ($\alpha = 0,10$) e 116 graus de liberdade, encontrou-se correlação significativa para os lag 0 até 5, ou seja, existe uma rejeição da hipótese nula entre os eventos de EL Niño e a precipitação anômala do país, o que significa que a fase do EL Niño é significativa nas precipitações anômalas em Honduras. Na Figura 4.11 (A-F) apresenta-se a evolução de impacto do fenômeno.

A Figura 4.11A, que corresponde ao lag 0, mostra precipitações anômalas negativas (correlações negativas), sob uma pequena área da região Norte do país, entre os departamentos de Colón e Gracias a Dios (15,97°N e 85°O). Estas anomalias de precipitação negativa que precedem a fase madura do El Niño, estão relacionadas ao modo interbacia, que se manifesta como uma oscilação zonal na pressão interanual no nível do mar (SLP) entre o Atlântico tropical e o Leste do Pacífico equatorial. Quando a SLP é baixa no Leste do Pacífico equatorial, é alta no Atlântico tropical: o fluxo atmosférico da superfície sobre a bacia é divergente, ao Oeste, em direção a ZCIT (no Leste do Pacífico), e para Leste, no Atlântico Norte Tropical. Sob estas características, a tendência é ter condições mais secas que a média, durante a estação chuvosa (GIANNINI et al., 2000).

Por outro lado, no lag 1 da Figura 4.11B, pode-se observar que houve um deslocamento de impacto do El Niño, para a região Sul de Honduras, afetando os departamentos de Lempira, Intibucá e La Paz, mais uma pequena fração na fronteira com a Nicarágua (14,78°N e 83,90°O). A partir dos Lags de 2 a 5, o impacto se desloca para a região Sul Oeste, espalhando-se em direção ao Centro-Leste do país, afetando os departamentos de Choluteca, Valle, La Paz, Sul deste de Lempira, Centro e Sul de Intibucá, Sul de Comayaga, Centro e Sul de Francisco Morazán, Centro-Oeste do EL Paraíso, e inclusive até o Sul-Oeste de Olancho.

A Figura (4.11) também mostra, que a partir do lag 1, existem correlações positivas o que indica, que na medida que o MEI aumenta, a precipitação também aumenta para a região (vice-versa). Quando comparamos com a precipitação, resulta ser mais baixa que o normal (Figura 4.8A e C). Então, ocorre que durante o El Niño estabelecido, a região Equatorial do oceano Pacífico está aquecida o que produz convecção, somado a isto existe um fortalecimento dos ventos do Oeste causando enfraquecimento dos ventos alísios, por tanto, isto gera um cenário de advecção de umidade para as regiões de correlação significativa, provocando assim, chuvas orográficas a barlavento das montanhas. Este resultado concorda com Giannini et al., (2000) que sugere que a precipitação do Caribe é afetada pela propagação do sinal do Pacífico equatorial oriental, através da atmosfera primeiro (Figura 4.11A) e pela resposta oceânica adiada para mais tarde (Figura 4.11B-F).

Figura 4.11. Correlação entre as anomalias de precipitação (mm/dia) durante eventos El Niño e o índice MEI entre 1979-2018 para Honduras. As diferentes letras (A-F) representam os diferentes deslocamentos temporais ou “lags”, iniciando em 0 e indo até 5 meses.

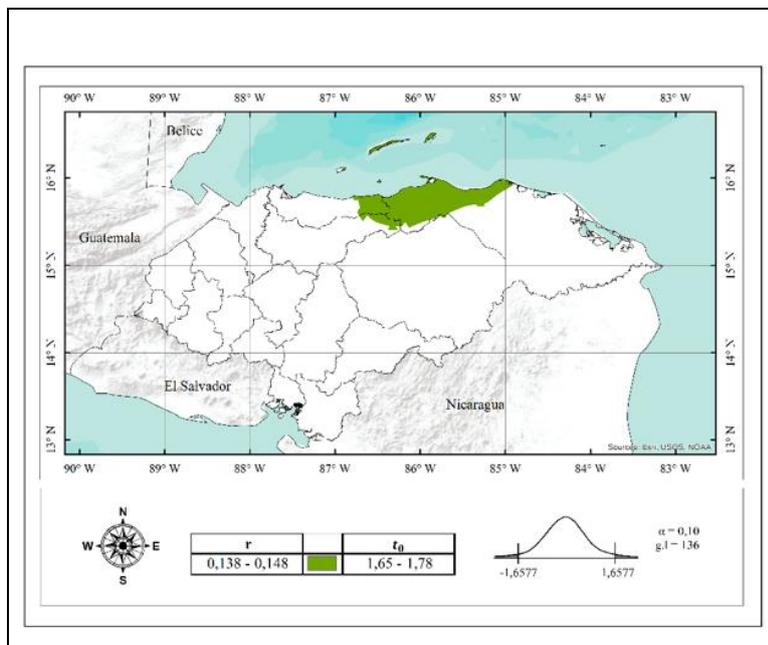


Fonte: Próprio autor.

Durante o evento de La Niña, com um 90% de significância ($\alpha = 0,10$) e 136 graus de liberdade, encontrou-se correlação significativa para o lag 4, ou seja, existe uma rejeição da hipótese nula, entre os eventos de La Niña (LN) e a precipitação do país. Este resultado significa, que LN interfere positivamente nas precipitações, quatro meses após de ter sido configurado o fenômeno para a região Norte do país, abrangendo uma grande área do

departamento de Colón, Nordeste de Yoro, Leste de Atlântida e as Ilhas da Bahia (Roatán e Guanaja principalmente) (Figura 4.12).

Figura 4.12 Correlação entre as anomalias de precipitação (mm/dia) durante Eventos La Niña e o índice MEI entre 1979-2018 para Honduras. Representa o deslocamento temporal ou “lags” de 4 meses. Para os outros meses não houve correlação significativa.



Fonte: Próprio autor.

4.3 INFLUÊNCIA DO ENOS NA AGRICULTURA

4.3.1 MILHO (*Zea mays*)

Considerando, que a precipitação em Honduras é de caráter bimodal, existem duas temporadas de semeadura, que acompanham esses regimes de chuva. A primeira semeadura, ocorre entre os meses de maio, junho e julho, e a segunda no decorrer de agosto, setembro e outubro (CRUZ, 2013).

Nesse sentido, a Figura 4.9 para a região Leste de Honduras (D) pode-se observar que climatologicamente esta região é apta para a cultura do milho em ambos modos de chuva, já que o requerimento da mesma é de 2 mm/dia para germinação a 8 mm/dia durante o florescimento (TOTIS et al, 1980, 1995). Por outro lado, em anos de El Niño, pode-se observar que as precipitações aumentam até 2,5 mm/dia acima do normal, o que significa que ao semear nesta temporada, é expor à planta a ataques por fungos e bactérias, que são produto do excesso

de umidade no ambiente, assim como também ao estresse por saturação do solo, e induzi-las à deficiência nutricional por pouca mobilidade de minerais que se deriva da modificação do pH.

Em contrapartida, pode-se observar que o segundo modo de chuva para esta região, mesmo assim esteja sendo afetado pelo El Niño com anomalias negativas de precipitação, consegue atingir os requerimentos hídricos deste tipo de cultura. De igual forma, durante anos La Niña, as anomalias de precipitação se encontram ligeiramente abaixo ou acima do normal respectivamente. Porém, as condições são ótimas para a produção de milho.

Para a região Central (Figura 4.9A e 4.10A), é notável que os regimes de chuva climatológica, cumpre com os requerimentos hidrológicos da cultura, para ambos modos de chuva, embora não atinjam os requerimentos ideais, o que poderia afetar a qualidade da floração (CLAASSEN; SHAW, 1970; O'TOOLE; MOYA, 1981). Durante anos de El Niño, o primeiro modo de chuva se converte em uma boa oportunidade para a semeadura, já que as precipitações aumentam até os 6,2 mm/dia (1,5 mm/dia acima do normal). No entanto, no segundo modo de chuva, as precipitações apresentam anomalias negativas, o que indica que piora ainda as condições para a produção.

Durante anos La Niña (Figura 4.9A e 4.10A), é observado claramente que as condições no primeiro modo de chuva não são as ideais. Porém, no segundo modo, devido a um incremento acima do normal, atingem os requerimentos máximos da planta e se converte em uma temporada ideal para a produção.

Na região Oeste do país (Figura 4.9B e 4.10B) são encontradas as condições mais favoráveis para a produção de milho, já que, tanto a climatologia de precipitação como as fases do ENOS, apresentam condições adequadas para o desenvolvimento fisiológico da planta.

A região Sul de Honduras (Figura 4.9C) climatologicamente cumpre com os requerimentos para semear em primeira e segunda safra. No entanto, ao ser analisada cuidadosamente a figura, percebe-se que a região, antes de chegar ao primeiro modo de chuva, apresenta precipitações perto de zero e logo a partir do mês de março as precipitações começam, o que induz ao primeiro modo que gera condições para semeadura.

Porém, durante anos El Niño, é observado através da Figura 4.10C que não existem condições ideais para a cultura do milho nos dois períodos de chuva, já que este fenômeno produz anomalias negativas de precipitação em torno de -1 a -2 mm/dia durante quase todo o ano. As anomalias positivas de precipitação, apresentadas a finais de maio e a princípios do mês de junho (em torno de 0,5 mm/dia), não são suficientes como para umedecer o solo e que este seja capaz de fornecer a água requerida ao longo do ciclo da cultura.

Enquanto nos anos de La Niña na Região Sul pode-se observar que o primeiro modo de chuva é abaixo do normal, o que significa que pode ser afetada na floração, que é quando as plantas demandam até 8 mm/dia. No entanto, durante o segundo modo as condições são favoráveis.

Na região Norte do país (Figura 4.9E e 4.10E) somente na segunda temporada de chuva, são encontradas condições favoráveis para a produção de milho, já que tanto a climatologia como as fases do ENOS, apresentam condições adequadas para o desenvolvimento fisiológico das plantas.

4.3.2 FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*)

Segundo Mendoza et al. (2009), a cultura do feijão tem um requerimento hídrico de 245 mm durante todo o ciclo do cultivo. No entanto, essa demanda está distribuída mediante a fase vegetativa (0 - 20 dias) com uma média de 2,8 mm/dia, a fase reprodutiva (21 - 50 dias) com 4,6 mm/dia e por último uma terceira fase, equivalente a maturidade e senescência (51 - 80 dias) com uma demanda de apenas 1,9 mm/dia. Nesse sentido, do mesmo modo que o milho, os agricultores semeiam entre os meses de maio a junho, e uma segunda semeadura entre os meses de agosto a outubro, aproveitando os picos máximos de chuva entre estes meses. No entanto, também é reportada uma terceira temporada de semeadura de feijão, entre os meses de novembro a janeiro, nas regiões úmidas do Norte e Litoral Atlântico (Leste) de Honduras (ESCOTO, 2013).

Considerando o padrão bimodal de chuva no país (maio-julho e setembro-novembro), e as exigências da cultura, note-se na Figura 4.9 e 4.10 para as regiões Centro (A) e Norte (E) do país, os requerimentos hídricos da cultura em relação à climatologia são ótimos durante os meses de maio-junho (primer modo de chuva) e desde janeiro para a região Leste. Não sendo assim para o segundo modo de chuva, já que climatologicamente existe um excesso de umidade, condições que podem provocar danos às plantas, seja por ataque de fungos e bactérias, ou encharcamento das raízes por saturação do solo.

De outro modo, é encontrado que a zona Sul (C) de Honduras, climatologicamente, apresenta condições apropriadas em ambos períodos de semeadura e inclusive o Oeste (B) em zonas com terrenos inclinados. No Leste as melhores condições são apresentadas entre os meses de dezembro-fevereiro e não como é feito de forma tradicional (semeadura de primeira e segunda safras).

Durante anos de El Niño, as condições para a produção de feijão se complicam, mudando significativamente de uma região para outra. Observa-se nas mesmas figuras (4.9 e 4.10), que na região Leste, onde em anos normais se apresentavam condições favoráveis entre os meses de dezembro-fevereiro, torna-se inadequada devido a uma queda nas chuvas com relação à média. Enquanto em anos de La Niña as precipitações ficam próximas à média, por tanto as condições continuam sendo favoráveis igual a climatologia.

De igual forma, é analisada a região Centro de Honduras, onde encontra-se que os requerimentos hídricos das plantas em anos de El Niño se encontram entre os meses de agosto a outubro. Diferentemente para anos de La Niña, nos quais os requerimentos se apresenta durante o primeiro modo de chuva (maio-julho).

Para a região Oeste do país, é observado que durante anos de El Niño não existe influência significativa do fenômeno no desenvolvimento da cultura. Porém, durante anos de La Niña se observa um aumento nas precipitações, entre os meses de julho-agosto provocando assim circunstâncias adversas para o desenvolvimento da cultura nesta época (semeadura de segunda safra).

Por outro lado, para a região Sul de Honduras, é observado que durante anos de El Niño, as precipitações não cumprem com a demanda hídrica do feijão, embora esta cultura tenha um menor requerimento hídrico que o milho. Isto deve-se ao mesmo fator explicado anteriormente (seção 4.3.1), em que o El Niño provoca anomalias de precipitação intermitentes e persistente desde o início da primeira temporada de chuva, provocando assim uma seca prolongada, o que induz ao solo mantê-lo em um ponto de murcha permanente. Em anos de La Niña, as precipitações apresentam um atraso no primeiro modo, produzindo assim condições mais favoráveis a partir de junho. Porém, na segunda temporada de chuva, as precipitações são anômalas positivas, excedendo o requerimento máximo da cultura, pelo que a planta poderia morrer por afogamento das raízes e ataque de fungos.

As anomalias de precipitação durante El Niño na região Norte do país (Figuras 4.9E e 4.10E) para o primeiro modo de chuva, trazem condições ideais para as plantas de feijão, já que ao serem semeadas em maio aproveitam a queda de precipitação entre os meses de julho-agosto, que é o momento em que esta cultura precisa da diminuição de água no solo e umidade no ambiente para entrar no final da fase reprodutiva.

4.3.3 Café (*Coffea sp.*)

Considerando que o café hondurenho fica entre os 1000 - 1600 MSNM com uma densidade de 2500 plantas/hectare nas regiões Centro, Oeste e Sul do país (IHCAFE, 2018), o requerimento mínimo para a planta entre os 0 a 1 ano de idade é de 1 a 2,2 mm/dia, de 1 a 3 anos oscila entre 2,1 e 2,2 mm/dia e durante a etapa adulta (>3 anos), a demanda é de 3,1 a 3,7 mm/dia (ARCILLA; RAMÍREZ, 2014).

Nesse sentido, de acordo com os resultados encontrados na Figura 4.9 e 4.10 é percebido que entre as três regiões mais produtoras de café, o Centro e Oeste, cumprem com o requerimento hídrico da planta, tanto climatologicamente, como em anos do ENOS, embora existe uma alta precipitação, principalmente entre os meses de maio a julho (El Niño) e setembro a novembro (La Niña).

Na região Sul os mínimos de chuva durante anos de El Niño, não cumprem com a demanda das plantas devido à intermitência e consistência das anomalias negativas, principalmente na primeira temporada de chuva. Leguizamón (1997) destaca que períodos secos persistentes provocam uma alta incidência de fungos como *Cercospora coffeicola* e *Hemileia vastatrix* que produzem uma redução na fotossíntese. Isto coincide com Few Net (2006) que destaca que em 2015 houve uma perda de café provocada por *Hemileia vastatrix* durante a fase de decaimento do El Niño na primeira temporada de chuva (abril-maio a agosto).

Em relação ao excesso de precipitação encontrados na primeira temporada de chuva durante El Niño (abril - agosto) na região Centro e durante La Niña (junho - novembro) e para as três regiões durante a segunda temporada de precipitação, pode não provocar inundação e encharcamento do solo devido que em Honduras o método de plantio desta cultura é através de sistemas agroflorestais e em pendentes (FHIA, 2004). Porém, Galvis (2002) sugere, que períodos longos de precipitação estão associados à proliferação de fungos como a *Corticium salmonicolor* e a alta incidência de *Colletotrichum sp.* em ramos, botões florais e frutos (GIL, 2001).

5 CONCLUSÃO

Foi mostrado que as anomalias de precipitação durante o ENOS coincidem com o padrão das medidas de dispersão dos dados, o que indica que realmente as regiões de maior variância da precipitação em relação à média (Sul, Leste, e Oeste principalmente) são consequência da variabilidade climática interanual do Pacífico e o Atlântico. Situação que coincide, com o encontrado por Giannini et al., (2000) no Caribe. Também foram correlacionados os eventos do ENOS com a precipitação em Honduras, obtendo resultados claros da evolução do impacto.

O ENOS durante a fase do El Niño se manifesta primeiro e de forma única, na região Norte de Honduras, com correlações negativas para o mesmo mês de sua configuração. Porém, a partir do segundo mês o fenômeno evolui, alcançando sua maior abrangência entre os 4 e 5 meses após de ter sido configurado, afetando a região Sul. Destaque-se, que as correlações são positivas para a região Sul de Honduras, então presume-se que com o enfraquecimento dos alísios, essas anomalias de precipitação ocorrem, em maior parte, devido à influência do Pacífico, através dos ventos de Oeste e da advecção de umidade, provocando assim chuvas orográficas na região Sul, no entanto, com volumes abaixo do normal, como é observado nos mapas de anomalias do ENOS.

De forma geral, a climatologia das precipitações de 1979-2018, quando comparada com os anos de El Niño, revela que o Leste, Centro e Norte de Honduras possuem anomalias positivas de precipitação durante a primeira temporada de chuva. Mesmo que segundo Giannini et al., (2000) deve-se à atividade de tormentas anômalas de origem extratropical durante a época.

Correlações positivas ocorrem na região Norte do país durante a fase de La Niña, quatro meses após a sua configuração (lag 4).

Climatologicamente os requerimentos hídricos para a produção de milho são favoráveis em todo o país, com exceção da região Central.

Por outro lado, durante a fase do El Niño estabelecido, as precipitações são anômalas negativas para a região Sul. Porém, as regiões Leste, Centro e Norte, apresentam anomalias significativas de precipitação positiva entre os meses de maio e junho, assim como também, nenhum efeito significativo entre os meses para o Oeste. Essas anomalias positivas de precipitação podem ser aproveitadas para a produção de milho nas regiões Leste e Norte de Honduras, já que climatologicamente estas zonas não cumprem com os requerimentos

demandados por esta cultura. Na região Leste, as condições favoráveis para produção do milho, se apresentam no segundo período de chuva (setembro a novembro).

Em anos de La Niña, as chuvas podem ter um atraso de até 25 dias durante a primeira temporada de precipitações. Mas, permanecem quase constantes, acima do normal entre os meses de junho a novembro, favorecendo a produção do milho, com a exceção da região Leste.

Por outro lado, o requerimento hídrico do feijão é favorável em todo o país. No entanto, durante os anos de El Niño a segunda temporada de chuva (julho-agosto - novembro) configura o melhor período para a produção da cultura, com exceção da região Leste, que apresenta o melhor período entre dezembro a fevereiro, assim como também durante a primeira temporada de chuva, na região Norte.

Os requerimentos hídricos para o café são atendidos, independentemente da climatologia ou as fases do ENOS em quase todo o país, com a exceção da região Sul devido a maior incidência de secas durante o El Niño.

Por outro lado, anomalias de precipitação foram encontradas durante a fase de neutralidade do ENOS em Honduras, o que indica a possível influência de outros fenômenos, ainda desconhecidos.

Estudos futuros, devem estar orientados em medir outras variáveis climáticas que complementem os resultados encontrados neste trabalho, mesmo que contribuam ao planejamento da produção agrícola.

6 BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, R. Investigador Agregado del departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), v. 30, n° 2, La Habana, Cuba, ISSN 0258-5936, p.1-8, 2009.

ALLAN, R.; LINDESAY, J.; PARKER, D. El Nino Southern Oscillation & Climatic, CSIRO Publishing, Melbourne, VIC, Australia, p. 3-56, 1996.

ALPERT L. The intertropical convergence zone of the eastern Pacific region. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 26, p. 426–432. 1945.

ÁLVAREZ, M. Á. Análisis de la Cadena de Valor del Café en Honduras. 1ª ed. Tegucigalpa: Heifer Internacional, p. 40, 2018.

ARCILLA, J. P.; RAMÍREZ, V. H. Criterios para definir la densidad máxima de siembra en café, Sandra Milena Marín López (Ed), Colombia, p. 193, 2014.

ARGENÑAL, F, Variabilidad Climatica y Cambio Climatico en Honduras, Tegucigalpa, p. 84, 2010.

Beck, H., Zimmermann, N., McVicar, T. *et al.* Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Sci Data* **5**, 180214 (2018). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**, p. 163–172, 1969.

CAMARGO, Â. P.; CAMARGO M. B. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil, *Bragantia*, Campinas, v. 60, 1, ed, p. 65-68, 2001.

CAMARGO, A.P.; FRANCO, C.F. Clima e fenologia do cafeeiro. In: Cultura de café no Brasil: manual de recomendações. 5. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, Ministério da Indústria e Comércio, p. 19- 50. 1985.

CANAVOS, G. C. “Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos” Virginia Commonwealth University. Traducción: Urbina Medal, Edmundo Gerardo. UAM Iztapalapa, 651 p., 1988.

CARVALHO, L. G. DANTAS, A. A, CASTRO, P. GNE 109 – Agrometeorologia. Universidade Federal de Lavras. 172 p., 2010.

Chang, P.; Zebiak, S. E. El Niño and the Southern Oscillation: Theory. Elsevier Ltd, v. 2, p. 719-724. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00149-3>

CHEN, A. A.; TAYLOR, M.A. Investigating the link between early Caribbean rainfall and the El Niño + 1 year, **Int. J. Climatol.**, 22, p. 87–106, 2002.

CLAASSEN, M. M.; SHAW, R. H. Water deficit effects on corn. II. Grain components. **Agronomy Journal**, v. 62, p. 652-655, 1979.

CORTEZ VAZQUEZ, MIGUEL. Variaciones intraestacionales de la actividad convectiva en México y América Central. **Atmósfera**, México , v. 13, n. 2, p. 95-108, 2000 . Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362000000200003&lng=es&nrm=iso. accedido en 12 feb. 2020.

CRUZ O. F. El Cultivo del Maíz, Manual para el cultivo de maíz en Honduras. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), Tegucigalpa, p. 27, 2013.

De Melo, V.; Florian, E; Astorga, C. Fortaleciendo procesos para la adaptación y mitigación del cambio climático con familias productoras de café en Honduras, p. 107, 2015.

DEBOUCK, D.G. Primary diversification of *Phaseolus* in the Americas: three centers. **Plant Genetic Resources Newsletter**, v.67, p. 2-8, 1986.

DEBOUCK, D.G. Systematics and morphology. In: Schoonhoven, A. Van; Voysest, O. (Ed.). Common beans: **research for crop improvement**. Cali: CIAT, p. 55-118, 1991.

DIRECCIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA: DICTA. El cultivo de frijol. 3. ed. Tegucigalpa, Honduras: Secretaria de Agricultura y Ganadería, p. 37, 2013.

ENDRUWEIT, I.; DA SILVA, F. Software R: Análise estatística de dados utilizando um programa livre. 1. ed. Bagé, RS: Faith, p. 173, 2019.

ESCOTO, D.; SALGADO, R.; VILLEDA M.; Programa Nacional de Frijol Unidad de Granos Básicos Unidad de Comunicación Agrícola, Honduras, p. 44, 2013.

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA FHIA. Producción de café con sombra de maderables. Honduras, p.1-24, 2004.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA: UNICEF. Ahora lo urgente: impacto de la sequía en las niñas, niños y adolescentes del corredor seco de Honduras, Tegucigalpa, 32 p., 2016.

Galvis, G.C.A. El mal rosado del cafeto. Avances Técnicos Cenicafé, p. 299, 2002. Disponible em: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0299.pdf>

GAMBLE W. D.; PARNELL B. D.; CURTIS S. Spatial variability of the Caribbean mid-summer drought and relation to north Atlantic high circulation. **Journal of Climate**, v. 28, p. 343-350, 2008.

GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris*). In: Schoonhoven, A. Van; Voysest, O. (Ed.). Common beans: **research for crop improvement**. Cali: CIAT, p.7-53, 1991.

GIANNINI A.; KUSHNIR Y.; CANE M.A. Interannual variability of Caribbean rainfall, ENSO, and the Atlantic Ocean. **Journal of Climate** 13: 297–311, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<0297:IVOCRE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<0297:IVOCRE>2.0.CO;2)>

GIL, V. L. F. 2001. Descrição de danos ocasionados por *Colletotrichum* sp. em flores y frutos de café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, p. 288, 2001.

GLANTZ, M. H. *Currents of Change: Impacts of El Niño and La Niña on Climate and Society*, Cambridge Univ. Press, 2, ed, p. 252, 2001.

GOUVEIA, N.M. Estudo da diferenciação e crescimento das gemas florais de *Coffea arabica* L.: observações sobre antese e maturação dos frutos. Campinas, Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto de Biologia, UNICAMP, p. 237, 1984.

GRANGER O.E. Caribbean climates, *Progress in Physical Geography*, v. 9, 1, ed, p. 16–43, 1885.

HANSTENRATH S.; POLZ D. Climatic Variations in Central America and the Caribbean, **Royal Meteorological Society**, v. 33. p 1348-1356, 2012.

HASTENRATH S. Interannual variability and annual cycle: Mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic sector. **Monthly Weather Review** 112: p. 1097–1107, 1984.

HASTENRATH S. On the modes of tropical circulation and anomalies. **Journal of Atmospheric Science** 35: 22220–22231, 1978.

HASTENRATH S. Variations in low-latitude circulation and extreme climatic events in the tropical Americas, **Journal of Atmospheric Science** 33: 20–215, 1976.

HEINE, G. W. A Controlled Study of Some Two-Dimensional Interpolation Methods. *COGS Computer Contributions* 3, ed, n.º 2, p. 60–72. 1986.

Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra: IHCIT. ATLAS CLIMÁTICO Y DE GESTIÓN DE RIESGO DE HONDURAS, Tegucigalpa, 149 p., 2012.

INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ: IHCAFE. Regiones cafetaleras de Honduras, 2018. Disponible em: <https://www.ihcafe.hn/regiones-cafetalaras/#region-agalta>

Jarrell, J. D.; Hebert, P, J.; Mayfield, M. “NWS NHC 46: Hurricane Experience Levels of Coastal County Populations from Texas to Maine”. National Wether Service, National Hurricane Center, NOAA, p. 154, 1992.

KALNAY, E.; COAUTHORS. The NCEP/NCAR Reanalysis 40-year Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, p. 437-471, 1996.

KNAFF, J.A. Implications of summertime seas level pressure anomalies in the tropical Atlantic region. Journal of Climate 10: p. 789–804, 1997.

LAU, K.-M., and S. YANG, Walker circulation, in Encyclopedia of Atmospheric Sciences, edited by J. Holton, J. P. Pyle, and J. Curry, pp. 2505–2509, Academic, San Diego, Calif., 2002.

LEGUIZAMÓN C. La mancha de hierro del cafeto. Avances Técnicos Cenicafe, p. 246, 1997. Disponible em: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/993/20/18.%20Mancha%20de%20hierro.pdf>

MAGAÑA, V.; AMADOR, J.; MEDINA, S. The midsummer drought over Mexico and Central America. Journal Climate, 12, p. 1577-1588, 1999.

MAPS HONDURAS. Todos os mapas de Honduras. Mapas de América Central-América para download. 2020. Disponible em: <https://pt.maps-honduras.com/>

MORON, V.; GOUIRAND, I.; TAYLOR, M. Weather types across the Caribbean basin and their relationship with rainfall and sea surface temperature, Clim. Dynam., 47, 601–621, 2016.

MURILLO, A.G. Historiando sobre caficultura. El cafeto, datos históricos, su recorrido geográfico e introducción en Honduras. Boletín técnico, 1, ed, n° 1, **COMUNIHCAFE**. Honduras, p. 1-15, 1981.

National Hurricane Center: NHC. 2010. "Tropical Cyclone Climatology". National Weather Service, NOAA. Disponível em : <http://www.nhc.noaa.gov/pastprofile.shtml>.

Navarro-Racines, C., Monserrate, F., Llanos-Herrera, L, Obando, D. Córdoba, J. (2018) Desarrollo de los Escenarios Climáticos de Honduras y Módulo Académico de Capacitación. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); Dirección Nacional de Cambio Climático de MiAmbiente. 140p. <https://hdl.handle.net/10568/100378>

O'TOOLE, J.C.; MOYA, T.B. Water defi cits and yield in upland rice. **Field Crops Research** 4: p. 247-259, 1981.

OLIVER, M. A. Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems. **International Journal of Geographic Information Systems** 4: p. 313–332. 1990.

P.A. BURROUGH (1986) Principles of geographical information systems for land resources assessment, **Geocarto International**, 1:3, 54, DOI: [10.1080/10106048609354060](https://doi.org/10.1080/10106048609354060)

Pompa-García, M,; Nemiga, x. a. ENSO index teleconnection whit seasonal precipitation in a temperate ecosystem of northern of Mexico. *Atmosfera*, v. 28, n, 1, p. 45-30, 2015.

PORTING, W. The climate of Central America,. In W. Schweidtfeger (ed.). *World Survey of Climatology*, v. 12: *Climates of Central and South America*. Elsevier, Nueva York. p. 405- 478, 1976.

PROGRAMA DE APOYO A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN HONDURAS: PASAH. Situación actual de la seguridad alimentaria en Honduras, p. 84, 2009. Disponível em <<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4489/1/AGN-2015-029.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2019

REDING, PHILIP J. 1992. The Central American Cold Surge: An Observational Analysis of the Deep Southward Penetration of North American Cold Fronts. TEXAS A AND M UNIV COLLEGE STATION. Master's thesis, p. 192, 1992.

Reyes, G.; Rocío, E. Fuentes de información climática, cálculo de medidas de dispersión y centralidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, p. 19, 2012. <http://hdl.handle.net/10391/3716>

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Nino/ Southern Oscillation. **Mon. Wea. Rev.** 115, p. 1606–1626, 1987.

ROYLE, A. G.; CLAUSEN, F. L.; FREDERIKSEN, P. "Practical Universal Kriging and Automatic Contouring". *Geoprocessing 1*: p. 377–394. 1981.

SÁENZ, F.; DURÁN QUESADA, A. M. A climatology of low level wind regimes over Central America using a weather type classification approach, in: *Circulation Weather types as a tool in atmospheric, climate and environmental research*, *Front. Earth Sci.*, 15, p. 1–18 doi:10.3389/feart.2015.00015, 2015.

SÁENZ, F.; DURÁN, E.; QUESADA A. M. A climatology of low level wind regimes over Central America using a weather type classification approach. **Frontiers in Earth Science**, v. 3, p. 15, 2016.

SCHOSSLER, V.; SIMÕES, J.; AQUINO, F.; VIANA, D. Precipitation anomalies in the Brazilian southern coast related to the SAM and ENSO climate variability modes. **Scielo Analistycs**, p. 10, doi.org/10.1590/2318-0331.231820170081, 2018.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA Y DIRECCIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA: DICTA. Manual para el cultivo del maíz en Honduras. Programa del Maíz. Tegucigalpa Honduras, p. 27, 2013.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA: SAG. Manual para el cultivo del maíz en Honduras. Tegucigalpa, Honduras, p. 27, 2013.

SMALL, R. J.; DE SZOEKE, S.P.; XIE, S.; The Central American midsummer drought: Regional aspects and large-scale forcing, **Journal. Climatol.**, p. 4853–4873, 2007.

TOTIS DE ZELJKOVICH, L.E.; FRUTOS, E.; AMÉNDOLA, C.; PÉREZ, O. G; MARTÍNEZ, S.; FUNSTON, L. Caracterización probabilística del régimen térmico para la zona de Pergamino (Bs As), Argentina, Pergamino. **Estación Experimental Agropecuaria**. Informe Técnico N° 300, p. 24, 1995.

TOTIS DE ZELJKOVICH, L.E.; REBELLA, C. M. Necesidades de agua de un cultivo de maíz en la región de Pergamino. **In: Congreso Nacional de Maíz**, Pergamino, Actas. Pergamino, A.I.A.N.B.A., p. 211-220, 1980.

TRENBERTH, K. E. General characteristics of El Niño–Southern Oscillation. In *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies: Scientific Basis and Societal Impact* M. H. Glantz, R.W. Katz and N. Nicholls,(eds.), p. 13–42. 1991.

WALKER, G. T. Correlation in seasonal variations of weather. IX. A further study of world weather. *Memoirs of the Indian Meteorological Department* v. 24, 9, ed, p. 275–332, 1924.

WAYLEN, P.; CAVIEDES, C.; QUESADA, M. Interannual variability of monthly precipitation in Costa Rica, *J. Climate*, **Journal of Climate**, p. 2606-2613, 1996.

WMO. Technical Regulations: General Meteorological Standards and Recommended Practices, **Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva**, v. 1, n° 49, p. 88, 1988.

WOLTER, K., TIMLIN, M.S. El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext), *Int. J. Climatol*, p. 1074–1087, 2011.

ZÁRATE, E.; Climatología de masas invernales de aire frío que alcanzan Centroamérica y el Caribe y su relación con algunos Índices Árticos, Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos, p. 35–55, 2013.

ZOU, K.H.; K. TUNCALI, S.G.; SILVERMAN. Correlación y regresión lineal simple
Radiología, p. 617 – 628, 2003.