



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



LEOSVÂNIO DE JESUS COSTA RAMOS

**ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA PARA DIFERENTES MESORREGIÕES DO
ESTADO DO MARANHÃO**

Chapadina – MA

2020

LEOSVÂNIO DE JESUS COSTA RAMOS

**ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA PARA DIFERENTES MESORREGIÕES DO
ESTADO DO MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado á
Coordenação de Engenharia Agrícola da
Universidade Federal do Maranhão, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Silva dos Santos

Chapadinha – MA

2020

LEOSVÂNIO DE JESUS COSTA RAMOS**ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA PARA DIFERENTES MESORREGIÕES DO
ESTADO DO MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Silva dos Santos

Aprovada em: 15 / 12 / 2020

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Silva dos Santos
(UFMA/CHAPADINHA)
(Orientador)

Prof. Dr. Plínio Antônio Guerra Filho
(UFMA/CHAPADINHA)

Dr. Rodolfo Marcondes Silva Sousa
(Pesquisador)

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Ramos, Leosvânio de Jesus Costa.

Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do estado do Maranhão / Leosvânio de Jesus Costa Ramos. - 2020.

60 p.

Orientador(a): Eduardo Silva dos Santos.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha-MA, 2020.

1. Classe de Intensidade. 2. Precipitação Pluvial. 3. Séries Históricas. I. Silva dos Santos, Eduardo Silva dos. II. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus que é o centro e fundamento de tudo em minha vida. Aos meus pais, familiares, amigos e professores que dividiram comigo este sonho e pelo carinho, incentivo e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, expressando a minha gratidão pelo sustento físico e emocional ao longo dessa trajetória acadêmica;

Ao meu pai Adalberto de Jesus Basílio Ramos, por ter compartilhado comigo este sonho, e sempre me incentivando a continuar em busca dos meus objetivos;

À minha mãe Leonete Rodrigues Costa, por ter sonhado os meus sonhos e agora estou realizando;

As minhas irmãs Alberyca Stephany de Jesus Costa Ramos e Marya de Phatyma de Jesus Costa Ramos que estiveram compartilhando comigo todos os momentos durante todos esses anos e em quem me espiro;

Aos meus Familiares, Terezinha de Jesus, Ângela Maria, Orlando Ferreira, Fernando Ferreira, Janete Côrreia e Raimundo Côrreia; por estarem sempre na torcida.

Aos membros do grupo de pesquisa: Sheyla, Brendo e Tamara e todos os outros que fizeram parte desta história, por todos os momentos e durante a realização deste trabalho, meu especial agradecimento.

Ao meu amigo Nailton Ricardo Martins, que compartilhou meus altos e baixos e me incentivou a correr atrás dos meus objetivos.

Ao meu companheiro de apartamento e amigo Pedro Learte, por me aturar todos esses anos e está sempre incentivando a realizar meus sonhos.

Ao Prof.º Dr. Eduardo Silva, pela oportunidade de pesquisa e amadurecimento profissional que foi adquirido pelos seus ensinamentos transmitidos;

Aos meus amigos Tiago Carneiro, Alessandro Lima, Héliida Karla, Raul Fortes, Ana Karla, Eduardo Arouche, João Rodrigues, Gildo Filho, Jobson Eduardo e a todos os meus colegas da turma de Engenharia Agrícola.

Aos Professores, Telmo José, Washington Sousa, Fabiano Simas, Khalil Menezes.

À Universidade Federal do Maranhão, por ter me concedido a realização desse grande sonho em obter o título de Engenheiro Agrícola;

A todos que contribuíram de forma direta e indiretamente, o meu muito obrigado e os meus sinceros agradecimentos.

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quarta, a quinta e quantas vezes for necessário. Só não desista nas primeiras tentativas, a persistência é amiga da conquista. Se você quer chegar aonde a maioria não chega, faça o que a maioria não faz.

Bill Gates

RESUMO

Uma das formas de analisar a precipitação pluvial de determinada região é através de Índices de Anomalia de Chuva (IAC). Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar o IAC em doze municípios de diferentes mesorregiões do Estado do Maranhão, evidenciando os anos de seca e chuva. Os dados de precipitação pluvial das séries históricas foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), gerados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). A partir desses dados calculou-se o IAC anual para 12 postos pluviométricos. A classificação de anos secos e chuvosos foi feita de acordo com as classes de intensidade do IAC. Dentre os municípios analisados, Turiaçu foi o mais chuvoso, reflexo da precipitação média anual de 2146 mm, com o IAC variando entre -6,12 a 6,42. Observou-se que não houve uma ocorrência no aumento ou diminuição de anos secos e úmidos para o Estado do Maranhão. Os períodos de secas mais severas encontraram-se entre os anos de 1979 a 1983 e de 2012 a 2017. Todos os municípios apresentaram o ano de 1985 como extremamente úmido. Alto Parnaíba foi a cidade que mais apresentou eventos negativos com ocorrência de 27 anos secos. Os resultados do IAC também demonstraram maior correspondência entre a fase positiva do que da fase negativa do fenômeno ENOS no período analisado. A elevada quantidade de anos que apresentaram IAC negativo, para esses municípios, somada a significativa oscilação entre os anos secos e úmidos das séries históricas, caracterizam essas localidades como instáveis para a produção agrícola de sequeiro.

Palavras-chave: Precipitação Pluvial, Séries Históricas, Classe de Intensidade.

ABSTRACT

One of the ways to study the rainfall in a given region is through the Rain Anomaly Index (IAC). Thus, the present study aimed to analyze the IAC in twelve municipalities in different mesoregions of the State of Maranhão, showing the years of drought and rain. The rainfall data of the historical series were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET), generated by the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP). From these data, the annual IAC was calculated for 12 pluviometric stations. The classification of dry and rainy years was made according to the intensity classes of the IAC. Among the municipalities analyzed, Turiaçu was the rainiest, reflecting the average annual rainfall of 2146.02 mm, with the IAC ranging from -6.12 to 6.42. It was observed that there was no occurrence in the increase or decrease of dry and humid years for the State of Maranhão. The periods of most severe and lasting droughts were found between the years 1979 to 1983 and from 2012 to 2017. All municipalities presented the year 1985 as extremely humid. Alto Parnaíba was the city with the most negative events, with 27 dry years occurring. The results of the IAC also showed a greater correspondence between the positive phase than the negative phase of the ENOS phenomenon in the analyzed period. The high number of years that presented negative IAC, for these municipalities, added to the significant oscillation between the dry and wet years of the historical series, characterize these locations as unstable for rainfed agricultural production.

Key words: Precipitation Rain, Historical Series, Intensity Class.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Precipitação pluvial no Nordeste do Brasil	16
2.2	Principais fenômenos meteorológicos atuantes no Estado do Maranhão	17
2.3	Anomalias de TSM que influenciam na precipitação no Estado do Maranhão	18
3	OBJETIVO.....	20
3.2	Objetivo Geral.....	20
3.3	Objetivos Específicos.....	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.2	Caracterização da área de estudo	21
4.3	Coleta de Dados	22
4.4	Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	24
4.5	Eventos associados de ENOS	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.2	Alto Parnaíba	26
5.3	Bacabal.....	28
5.4	Balsas	30
5.5	Barra do Corda.....	32
5.6	Carolina.....	33
5.7	Caxias.....	35
5.8	Chapadinha	38
5.9	Colinas	40
5.10	Imperatriz.....	42
5.11	São Luís	44
5.12	Turiação	46
5.13	Zé Doca.....	48
5.14	Maranhão	50
6	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Coordenadas geográficas dos postos pluviométricos utilizados.....	23
Tabela 2 - Classes do Índice de Anomalia de Chuva.....	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mesorregiões do Estado do Maranhão.....	21
Figura 2 - Distribuição espacial da precipitação total anual no Estado do Maranhão	22
Figura 3- Localização das 12 estações meteorológicas no Estado do Maranhão (INMET) destacando os biomas Amazônia e Cerrado	23
Figura 4 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Alto Parnaíba-MA, de 1977 a 2018.....	26
Figura 5 - Valores do IAC, positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Alto Parnaíba, Maranhão	27
Figura 6 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Bacabal-MA, de 1977 a 2018.	28
Figura 7 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Bacabal, Maranhão	29
Figura 8 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Balsas-MA, de 1977 a 2018.	30
Figura 9- Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Balsas, Maranhão.....	31
Figura 10 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Barra do Corda-MA, de 1977 a 2018.	32
Figura 11 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Barra do Corda, Maranhão.....	33
Figura 12- Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Carolina-MA, de 1977 a 2018.	34
Figura 13 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Carolina, Maranhão	35
Figura 14 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Caxias-MA, de 1977 a 2018.	36

Figura 15 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Caxias, Maranhão.....	37
Figura 16 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Chapadinha-MA, de 1977 a 2018.....	38
Figura 17 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Chapadinha, Maranhão.....	39
Figura 18 - - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Colinas-MA, de 1977 a 2018.	40
Figura 19 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Colinas, Maranhão	41
Figura 20 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Imperatriz-MA, de 1977 a 2018.	43
Figura 21 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Imperatriz, Maranhão	44
Figura 22 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de São Luís-MA, de 1977 a 2018.	45
Figura 23 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de São Luís, Maranhão.....	46
Figura 24 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Turiaçu-MA, de 1977 a 2018.	47
Figura 25 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Turiaçu, Maranhão	48
Figura 26 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Zé Doca-MA, de 1977 a 2018.	49
Figura 27 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Zé Doca, Maranhão	50
Figura 28 - Valores do índice de anomalia de chuva (IAC), positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o Estado do Maranhão.....	51

LISTA DE ABREVIACOES

AT	- Atlântico Tropical
ATSAS	- Alta do Atlântico Sul de Ar Superior
ATSM	- Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar
CM	- Centro Maranhense
DOL	- Distúrbios Ondulatórios de Leste
ENOS	- El Niño Oscilação Sul
IAC	- Índice de Anomalia de Chuva
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
ISLSCP	- International Land Surface Climatology Project
LI	- Linhas de Instabilidade
LM	- Leste Maranhense
NEB	- Nordeste Brasileiro
NM	- Norte Maranhense
ODP	- Oscilação Decadal do Pacífico
OM	- Oeste Maranhense
OS	- Oscilação Sul
PB	- Paraíba
SM	- Sul Maranhense
RNERJ	- Região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro
TSM	- Temperatura da Superfície do Mar
VCAN	- Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCAS	- Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	- Zona de Convergência Intertropical
ZCOU	- Zona de Convergência de Umidade
ZCPS	- Zona de Convergência do Pacífico Sul

1. INTRODUÇÃO

No estado do Maranhão predomina clima tropical com temperaturas médias anuais superiores a 26 °C e índices pluviométricos anuais que variam desde aproximadamente 700 mm na região central a superiores a 2200 mm na região norte (NuGeo UEMA, 2016). A ampla área territorial no sentido latitudinal colabora anualmente para a atuação de diferentes sistemas meteorológicos, contando ainda com a influência das condições dos Oceanos Atlântico e Pacífico Equatorial. Outro aspecto responsável por essa variabilidade está relacionado à diversidade de ecossistemas que compõem o seu espaço geográfico, onde são encontradas áreas com formações de floresta, várzeas, cerrado, manguezais, dunas e chapadões (MENEZES, 2009).

A precipitação pluviométrica trata-se de um elemento meteorológico que exibe uma enorme variação no tempo e no espaço, sendo influenciadas diretamente pela posição geográfica do local, pelo relevo e também pelas demais variáveis meteorológicas. Todas essas associações são influências sofridas pela precipitação pluviométrica, que remetem a importância de estudos que fundamentaram as tomadas de decisões, especialmente no planejamento agrícola de uma localidade.

Com essa peculiaridade na precipitação pluvial, é de suma importância a avaliação e o monitoramento da variação desses eventos climáticos do Estado do Maranhão, possuindo extensa área agriculturável, sendo de fundamental importância para a economia local, além de ter grandes indústrias e comércio, isto é, precisa de um suporte hídrico apropriado para atender todas as atribuições as quais serão destinadas.

Uma das formas de avaliar a variabilidade temporal das chuvas é por meio de Índices que ajudam a monitorar anos de seca e chuva excessiva. O Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) tem sido utilizado com muita eficiência nesse sentido, pois além de ser de fácil aplicabilidade, requerendo apenas dados pluviométricos, é também bastante preciso se comparado a outros índices (Freitas, 2005; Da Silva, 2009).

De acordo com Sousa e Da Silva (2013), em estudo realizado utilizando-se o IAC para caracterizar a precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe, para o período de 1921 a 2010, detectaram a predominância de anos secos em toda a Bacia hidrográfica. O ano de 1964 pode ser considerado como um “ponto de inversão” no comportamento climático da Bacia hidrográfica. Antes de 1964, o IAC identificou anos secos mais severos, com anomalias

negativas mais intensas, e já depois de 1964, puderam-se observar IAC mais intensos e positivos (anos mais úmidos).

Marcuzzo e Goularte (2012) empregaram o IAC para apresentar um estudo da variação temporal quantitativa da precipitação pluviométrica do Estado do Tocantins, utilizando dados de 43 estações pluviométricas, com uma série de 30 anos (1977 a 2006), e concluíram que a distribuição pluviométrica no Estado do Tocantins apresenta uma grande variação nos índices interanuais precipitados em cada mês.

O índice de anomalia de chuva tem sido utilizado com muita eficiência por diversos pesquisadores a fim de monitorar e avaliar o comportamento das precipitações em relação à influência do fenômeno ENOS e outras oscilações. Trabalhos como de Araújo et al. (2007), Da Silva (2009), Araújo et al. (2009b; 2009c), Da Silva et al. (2009), Mancuzzo et al. (2011) e Da Silva et al. (2012) utilizaram o IAC.

Diante do exposto, objetivou-se nesse trabalho analisar o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) de doze municípios de cinco diferentes mesorregiões do Estado do Maranhão, identificando áreas de maior ou menor severidade dos eventos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Precipitação pluvial no Nordeste do Brasil

Do ponto de vista climático a maior parte da região Nordeste do Brasil é considerada semi-árida por apresentar substanciais variações temporais e espaciais da precipitação pluviométrica, e elevadas temperaturas ao longo do ano (AZEVEDO et al., 1998). Devido à sua localização no extremo leste da América do Sul, o Nordeste do Brasil (NEB) está submetido à influência de fenômenos meteorológicos e climáticos, que lhe conferem características peculiares (KOUSKY et al., 1984; MOLION ; BERNARDO, 2002).

Segundo Uvo e Berndtsson (1996), quatro mecanismos governam o regime de chuva da região: 1) Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); 2) Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); 3) Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico, 4) Frentes Frias, e 5) Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Além desses mecanismos podemos destacar também a atuação das linhas de Instabilidade (LI), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (Ramos et al, 1994), e do efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação pluvial. Hastenrath e Heller (1977) mostraram que a intensidade e posição da ZCIT têm uma grande influência na estação chuvosa da região NEB.

A sub-região norte do NEB abrange o norte do Maranhão, Piauí, e todo estado do Ceará, Centro-Oeste do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, Alagoas e nordeste da Bahia. Inclui parte do semiárido e apresenta o quadrimestre mais chuvoso entre os meses de fevereiro a maio, correspondendo a aproximadamente 80% da precipitação anual (ALVES e REPELLI, 1992), sendo que o mês mais chuvoso é março (STRANG, 1972). As principais variáveis meteorológicas atuantes no NEB são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), VCAN convecções locais e brisas marítimas e terrestres. A ZCIT é o mecanismo mais importante na produção de precipitação no período chuvoso (MOLION ; BERNARDO, 2000).

De acordo com Studzinski (1995) e Silva (2002), para se estudar a variabilidade das precipitações deve-se considerar a influência dos oceanos, que possuem um papel determinante nos fluxos de calor sensível e umidade para a atmosfera, afetando desta forma o regime de precipitação pluvial. No Oceano Atlântico, as relações entre os padrões anômalos das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) com o clima no Brasil tem sido objeto de muitas pesquisas, porém a maioria é relacionada à influência do Atlântico Tropical nas precipitações do Nordeste (MOURA ; SHUKLA, 1981).

Mantua et al (1997) definiram a ODP, como sendo variações na temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico que ocorrem em períodos quase cíclicos por 20 a 30 anos, e apresentam duas fases. A fase fria é caracterizada por anomalias negativas de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias de TSM positivas no Pacífico Extratropical em ambos os hemisférios. Já a fase quente apresenta configuração contrária, com anomalias de TSM positivas no Pacífico Tropical e negativas no Pacífico Extratropical.

Kayano et al. (2011), analisaram a evolução temporal das ATSM relacionadas ao ENOS que ocorreram após eventos quentes/frios no Atlântico Equatorial e aqueles que ocorrem independentemente das condições do Atlântico Equatorial. Seus resultados mostram diferentes padrões de evolução das anomalias de TSM e de pressão ao nível do mar (PNM), principalmente em relação às teleconexões associadas ao ENOS com efeitos na precipitação.

2.2 Principais fenômenos meteorológicos atuantes no Estado do Maranhão

No estado do Maranhão predomina o clima tropical com temperaturas médias anuais superiores a 26 °C e índices pluviométricos anuais que variam desde aproximadamente 700 mm na região central a superiores a 2200 mm na região norte (NuGeo UEMA, 2016). Está em uma área de transição entre as regiões Amazônica (úmida) e Nordeste (semiárida) favorecendo grandes contrastes pluviométricos anuais (MARANHÃO, 2011).

Os sistemas atuantes no estado são: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), maior indutora de chuva na região, as Linhas de Instabilidades, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis e os Distúrbios Ondulatórios de Leste que respondem pelas chuvas nessa região durante o verão e outono austral, e a Zona de Convergência do Atlântico Sul e Frentes Frias, que são responsáveis pelas chuvas na parte Sul do Maranhão nos meses de novembro e dezembro (REBOITA et al., 2010; BARROS ; OYAMA, 2010; Nascimento, 2014).

A ZCAS consiste numa banda de nebulosidade semi-estacionária, que se estende desde o sul da Amazônia, passando pela Região Centro-Oeste e prolongando-se para o Oceano Atlântico, acarretando chuvas que podem ser intensas. A melhor forma de identificá-la é através de imagens de satélites ou em padrões de distribuição de radiação de onda longa (CARVALHO et al., 2004). Ela é uma zona de convergência em uma camada inferior úmida, espessa e baroclínica que está localizada na fronteira de massas de ar tropical úmida, em regiões de forte gradiente de umidade em baixos níveis, com geração de instabilidade convectiva por processo de advecção diferencial (FERREIRA ; CHAO, 2012).

A ZCIT é o sistema meteorológico mais importante e a maior indutora de chuvas no setor Norte do Nordeste do Brasil. Esta se caracteriza pela presença de áreas de nebulosidade convectivas constituídas por aglomerados convectivos de mesoescala. É resultante da interação da confluência dos alísios de sudeste e nordeste, resultando em movimento ascendente do ar com alto teor de vapor d'água (SOUZA ; CAVALCANTI, 2009).

As frentes frias são regiões de descontinuidade térmica separando duas massas de ar de características opostas. São delgadas zonas de transição entre uma massa de ar quente (menos densa) e uma massa de ar frio (mais densa). A introdução de sistemas frontais no NEB ocasiona duradouros períodos de chuvas no centro-sul da Bahia e no sul dos estados do Piauí Maranhão e desempenham um significativo papel no seu regime de precipitação do qual o máximo é alcançado durante os meses de novembro e janeiro. Nos mesmo período os máximos de precipitação são observados na parte Sul do Maranhão (MENEZES, 2009).

Os VCAN são sistemas de circulação ciclônica definido como sistema de baixa pressão em escala sinótica, ocorre de forma muito irregular em termo de seu posicionamento podendo produzir tanto chuvas intensas como estiagens. Os VCAN que penetram no NEB se formam no Oceano Atlântico sul (20°W - 45°W) entre os meses de setembro e abril e ocorrem maior número nos meses de verão, principalmente no mês de janeiro. Quando penetra no Brasil produz tempo bom na região sul e central do Nordeste e chuvas no setor norte do Nordeste (GAN ; KOUSKY, 1986). No verão o intenso aquecimento do continente causa desenvolvimento de um anticiclone (Alta da Bolívia) sobre a América do Sul tropical, e um cavado no Oceano Atlântico próximo ao litoral nordeste do Brasil, nos altos níveis. A intensidade do anticiclone sobre o continente em 200 hPa, determina a formação dos vórtices ciclônicos sobre o oceano (LYRA et al., 2014).

2.3 Anomalias de TSM que influenciam na precipitação no Estado do Maranhão

Dentre as anomalias de TSM que influenciam as chuvas no estado do Maranhão destacam-se os eventos de El Nino/La Nina e as anomalias no Atlântico Tropical (AT). O El Nino Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de interação oceano-atmosfera, que possui duas fases, a fase fria (La Nina) e fase quente (El Nino). Anomalias positivas (negativas) da temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico associadas aos episódios El Niño (La Niña) produzem circulações anômalas de grande escala na atmosfera, gerando impactos significativos no clima da região do Atlântico e da América do Sul (ACEITUNO 1988; GRIMM et al. 2000; GRIMM 2004).

Kousky et al. (1984) detalharam a forma de como o fenômeno El Niño influencia na precipitação da região Amazônica, mostrando que as anomalias sobre a América do Sul estão associadas principalmente ao deslocamento da célula de Walker, do fortalecimento do jato subtropical e de uma possível sequência de ondas que se estende do Pacífico até o sul da América do Sul. O deslocamento da célula de Walker, para leste, tem influência sobre o nordeste do Brasil e parte da Amazônia, regiões que ficam sobre o ramo descendente dessa célula. O fenômeno La Niña ocorre quando há anomalias negativas da TSM sobre as águas do Oceano Pacífico Centro-Leste, alísios mais intensos que o normal que intensificam a célula de Walker, então influenciam no aumento do volume de precipitação sobre a região Norte (SOUZA et al., 1998).

Por sua vez, vários trabalhos evidenciam as fortes relações entre a precipitação no Nordeste Brasileiro (NEB) com anomalias no AT. Andreolli e Kayano (2006) analisaram a influência do AT e do Oceano Pacífico na precipitação do NEB durante o verão austral, os resultados mostraram que sob condições neutras do ENOS, o efeito isolado da variabilidade da TSM no AT Sul sobre a chuva no NEB é mais pronunciado e estatisticamente mais significativo para o AT Sul quente durante março, abril e maio.

Yoon e Zeng (2010) constataram que apenas uma fração da variabilidade da precipitação na Amazônia pode ser explicada pelo ENOS, e que esta relação é mais atuante somente durante a estação chuvosa. Os autores sugerem que a influência do Atlântico Tropical (AT) Norte (ATN) na variabilidade climática na região Amazônica pode ser comparável as mais conhecidas teleconexões com o ENOS do oceano Pacífico, concordando com estudos anteriores que mostraram que as variações de precipitação da Amazônia também estão relacionadas às TSM no AT (LIEBMANN e MARENGO 2001; MARENGO et al, 2008).

3 OBJETIVO

3.2 Objetivo Geral

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo analisar o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para diferentes mesorregiões do Estado do Maranhão.

3.3 Objetivos Específicos

Verificar os padrões anuais de precipitação pluviométrica de 12 municípios de diferentes mesorregiões do Estado do Maranhão aplicando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e relacioná-los com os principais fenômenos meteorológicos atuantes;

Analisar a duração e intensidade dos eventos secos e chuvosos para 12 municípios de diferentes mesorregiões do estado no período de 1977 a 2018;

Examinar a atuação dos principais fenômenos meteorológicos responsáveis pelas chuvas no Maranhão.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2 Caracterização da área de estudo

O Estado do Maranhão abrange uma área de 329.642,170 km² e sua população atual é de 7.075.181 habitantes (IBGE, 2020), correspondendo a uma densidade populacional de 19,81hab/km², com 63,1% da população vivendo em áreas consideradas urbanas (4.147.149habitantes). Ao Norte limita-se com o Oceano Atlântico, cuja plataforma continental alcança 21.504 milhas quadradas. Ao Sul e Sudoeste encontra-se com o Estado do Tocantins, a Oeste limita-se com o Estado do Pará e a Leste e Sudeste o Estado do Piauí, em extensão de 1.365 km. Em relação à vegetação, esta se apresenta de forma bastante diversificada, com a presença massiva da floresta amazônica no setor noroeste; cerrado no setor sul, manguezais e vegetação de restinga no setor norte (MENEZES, 2009).

O Estado possui cinco Mesorregiões Geográficas que correspondem ao Norte Maranhense, Oeste Maranhense, Centro Maranhense, Leste Maranhense e Sul Maranhense, (Figura 1), subdivididas em 21 Microrregiões Geográficas, onde se encontram inseridos seus 217 municípios (NuGeo UEMA, 2016). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger o Maranhão apresenta clima do tipo Aw (tropical com chuvas de verão).

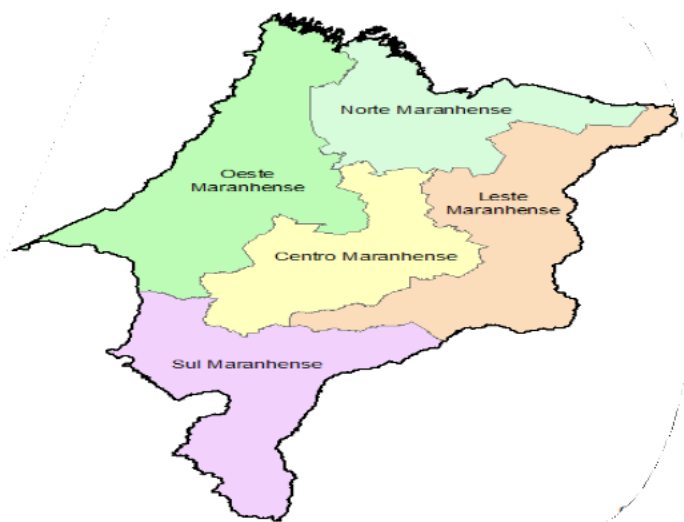


Figura 1- Mesorregiões do Estado do Maranhão. Fonte. www.baixarmapas.com.br.

Observando a série climatológica proveniente do ISLSCP (International Land Surface Climatology Project) é possível observar a distribuição espacial da precipitação anual, (Figura 2). Essa variabilidade segue um gradiente no sentido sudeste - noroeste, onde a precipitação anual varia entre 1000 mm (sudeste) a 2.500 mm (noroeste).

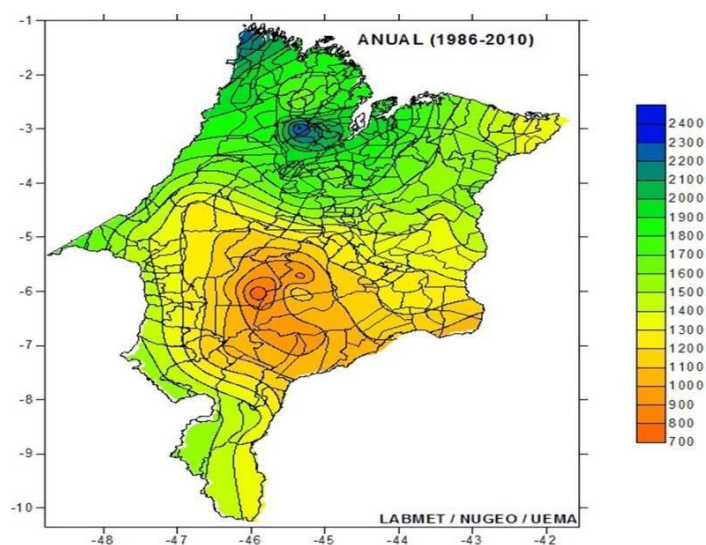


Figura 2 - Distribuição espacial da precipitação total anual no Estado do Maranhão. Fonte: NuGeo UEMA.

4.3 Coleta de Dados

Neste estudo foram utilizados totais mensais de precipitação pluvial de 12 estações meteorológicas convencionais distribuídas ao longo do estado, (Figura 3). Esses dados foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), gerados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP e usando a normal climatológica de 1981 – 2010, para preenchimento dos dados faltosos do banco de dados do INMET. Os dados foram adquiridos em formato de bloco de notas, convertidos para o Microsoft Excel 2007 e tratados para gerar o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). O período de estudo compreendeu os anos de 1977 a 2018, totalizando 42 anos de dados. A análise do IAC foi empregado para os 12 postos abaixo relacionados (Tabela 1).

Tabela 1- Coordenadas geográficas dos postos pluviométricos utilizados.

Estação	Latitude (graus)	Longitude (graus)	Altitude (m)
Alto Parnaíba	-9,1	-45,93	285,05m
Bacabal	-4,21	-44,76	25,07m
Balsas	-7,53	-46,03	259,38m
Barra do Corda	-5,5	-45,23	153,00m
Carolina	-7,33	-47,46	192,83m
Caxias	-4,86	-43,35	103,56m
Chapadinha	-3,73	-43,35	103,50m
Colinas	-6,03	-44,25	179,75m
Imperatriz	-5,53	-47,48	123,30m
São Luis	-2,53	-44,21	50,86m
Turialva	-1,56	-45,36	44,06m
Zé Doca	-3,26	-45,65	45,28m

Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2020.



Figura 3- Localização das 12 estações meteorológicas no Estado do Maranhão (INMET) destacando os biomas Amazônia e Cerrado.

4.4 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Para analisar a frequência e intensidade dos anos secos e chuvosos na área estudada empregou-se o IAC, necessitando somente de dados pluviométricos, enquanto outros utilizam ainda variáveis como evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial etc (Da Silva, 2009).

Na determinação do IAC, utilizou-se a metodologia sugerida por Rooy (1965) e adaptada por Freitas (2004), a fim da obtenção das anomalias positivas e negativas:

$$IAC = 3 \frac{[N - \bar{N}]}{[X - \bar{M}]}, \text{ para anomalias positivas (1)}$$

$$IAC = -3 \frac{[N - \bar{N}]}{[X - \bar{M}]}, \text{ para anomalias negativas (2)}$$

Em que:

N = precipitação anual atual, ou seja, do ano que será gerado o IAC (mm);

\bar{N} = precipitação média anual da série histórica (mm);

\bar{M} = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm);

X = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm); e anomalias positivas são valores acima da média e negativas abaixo da média

Para determinação da disposição dos municípios em termos de IAC, foi utilizada a classificação elaborada por Araújo et al. (2009) para os anos secos e úmidos. A classificação é feita de acordo com os valores registrados para o IAC, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Classes do Índice de Anomalia de Chuva.

Intervalo de IAC	Característica da pluviométrica
> 4	Extremamente úmido
2 a 4	Muito Úmido
0 a 2	Úmido
0 a -2	Seco
-2 a -4	Muito Seco
< -4	Extremamente Seco

Fonte: Araújo et al. 2009.

4.5 Eventos associados de ENOS

Consistiu-se em tirar as médias anuais do intervalo de IAC dos 12 postos pluviométricos, para elaborar o gráfico do Estado do Maranhão, para analisar a ocorrência simultânea dos fenômenos ENOS durante o período de 1977 a 2018. As informações sobre a ocorrência do fenômeno ENOS foram obtidas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), gerados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.2 Alto Parnaíba

Para uma melhor compreensão no que diz respeito às características pluviométricas do município de Alto Parnaíba, está exposto na (Figura 4), o comportamento climatológico mensal da precipitação no período de 1977 a 2018, proporcionando a visualização dos meses chuvosos e secos do município.

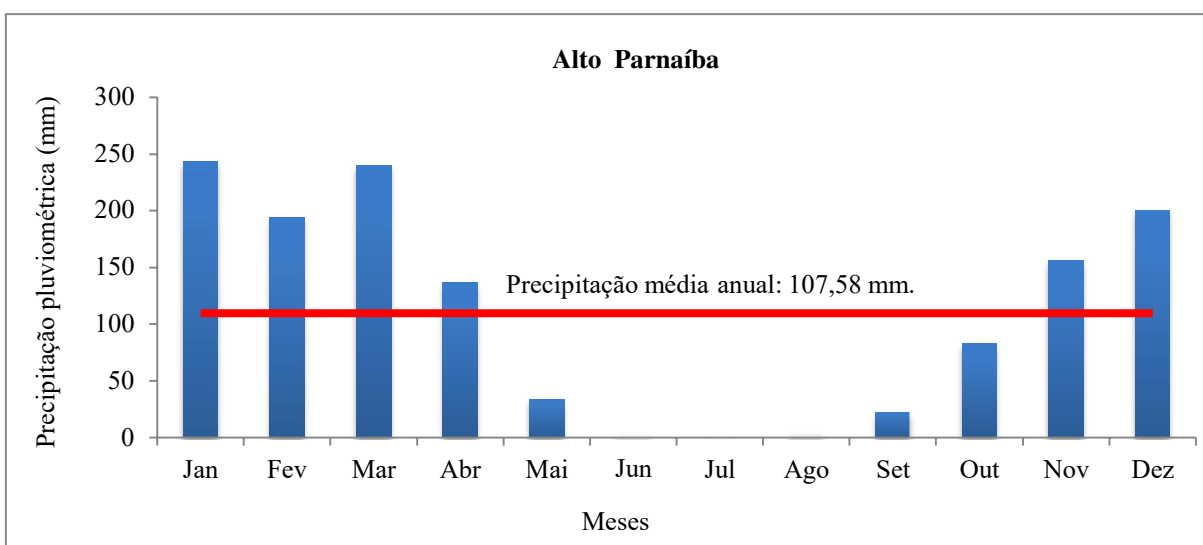


Figura 4 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Alto Parnaíba-MA, de 1977 a 2018.

Localizado na Mesorregião Sul Maranhense (SM), Alto Parnaíba apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 1315 mm, mantendo-se abaixo da média anual para o Estado do Maranhão que é de 1561 mm. Nessa região os meses de novembro e dezembro sofrem a influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Frentes, consolidando o início do período chuvoso no município. Correlacionado com o Vórtice Ciclônico em Altos Níveis (VCAN), janeiro é o mês mais chuvoso do ano com média mensal de 244 mm. As maiores médias de precipitações pluviométricas concentram-se entre os meses de novembro a abril, concordando com os resultados obtidos por (NASCIMENTO, 2014). O trimestre de junho a agosto é o período mais seco do ano, havendo como precipitação mínima 1,00 mm, em média, no mês de julho.

Por estar mais distante do oceano, o município de Alto Parnaíba sofre pouca influência marítima, tornando um clima mais seco e as precipitações tornam-se mais escassas e tendem a se distribuírem em alguns meses do ano.

A análise e o monitoramento dos períodos úmidos e secos das séries de dados foram realizados por meio do IAC. Sendo possível identificar os períodos onde houve eventos mais intensos e/ou duradouros, mostrado na (Figura 5). No qual os períodos chuvosos e secos são representados por valores positivos e negativos, respectivamente. Alto Parnaíba apresentou para todo o período estudado de 42 anos, 27 anos com desvios negativos e 15 com desvios positivos, com IAC variando entre -6,22 a 9,00. Contemplando assim todas as classificações elaboradas por Araújo et al. (2009).

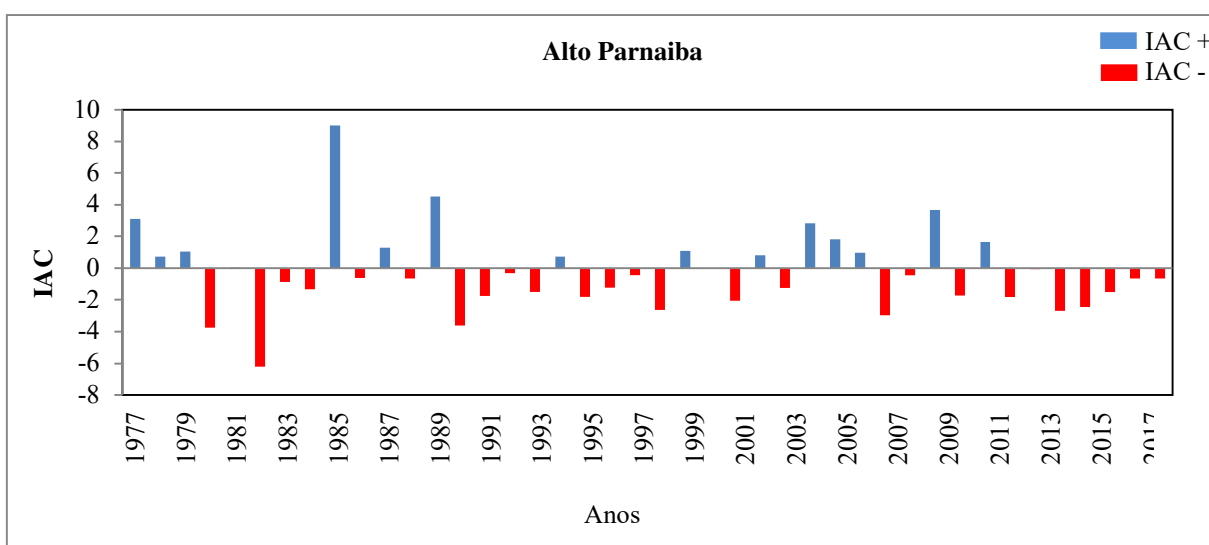


Figura 5 - Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Alto Parnaíba, Maranhão.

Observando a primeira metade da série histórica de 42 anos, até o ano 1997 houve 13 anos com desvios negativos e 8 anos com desvios positivos, ocorrendo três eventos extremos, o primeiro em 1982 classificado como extremamente seco, com IAC de -6,22. Seguidos dos anos de 1985 e 1989 classificados como extremamente úmidos, com IAC de 9,00 e 4,52, respectivamente. Após o ano de 1997, houve 14 anos com desvios negativos e 7 anos com desvios positivos, verificando que após o ano de 1997 teve um pequeno aumento de anos secos. O intervalo que permaneceu por mais tempo com índices negativos foram de 2012 a 2018, com os anos de 2014 e 2015 classificados como muito seco.

É perceptível que a alternância entre anos negativos e positivos do IAC, decorre em função das influências exercidas por fenômenos que afetam a precipitação pluviométrica da região do Nordeste brasileiro.

Trabalho como o de Oliveira Júnior et al. (2012), realizado no estado de Alagoas, conseguiram constatar que os eventos fortes de ENSOS (El Niño e La Niña) definem padrões

mais realísticos dos períodos úmidos e secos para as regiões fisiográficas do estado, quando comparados com eventos moderados de ENSOS.

5.3 Bacabal

Bacabal é um município que está localizado na Mesorregião Centro Maranhense (CM) e de bioma amazônico, apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 1704 mm, mantendo-se acima da média anual para o Estado do Maranhão. As maiores precipitações concentram entre os meses de janeiro a maio, respectivamente, são os meses que se mantiveram acima da precipitação média anual de 142 mm, (Figura 6).

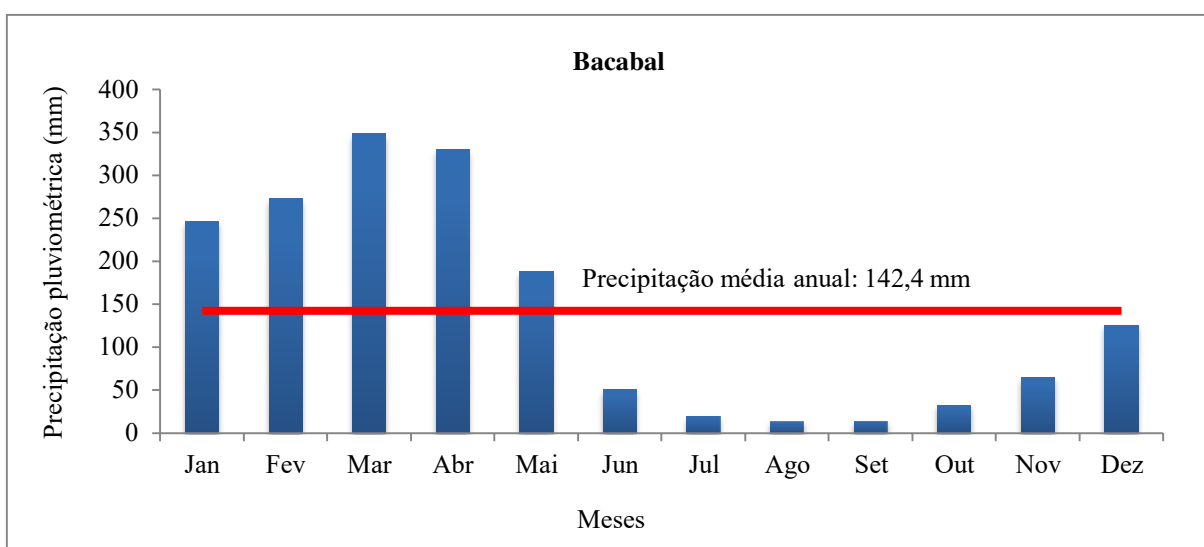


Figura 6 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Bacabal-MA, de 1977 a 2018.

Março é o mês mais chuvoso do ano com precipitação média mensal de 348 mm, por sofrer influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). É resultante da interação da confluência dos alísios de sudeste e nordeste, resultando em movimento ascendente do ar com alto teor de vapor d'água (SOUZA; CAVALCANTI, 2009). A ZCIT é atuante nos meses de março, abril e maio no estado do Maranhão. O período seco ocorre entre o mês de junho a dezembro, porém, agosto é o mês menos chuvoso do ano com um acumulado médio mensal de 14 mm.

Para melhor compreender o grau de severidade e a duração dos períodos úmidos e secos das séries de dados foram realizados através da aplicação do IAC. Desta forma, observa-se na (Figura 7), dos 42 anos da série histórica, houve 23 anos com desvios positivos

e 19 anos com desvios negativos, com IAC oscilando entre -4,82 a 5,70, contemplando todas as classificações desenvolvidas por Araújo et al. (2009).

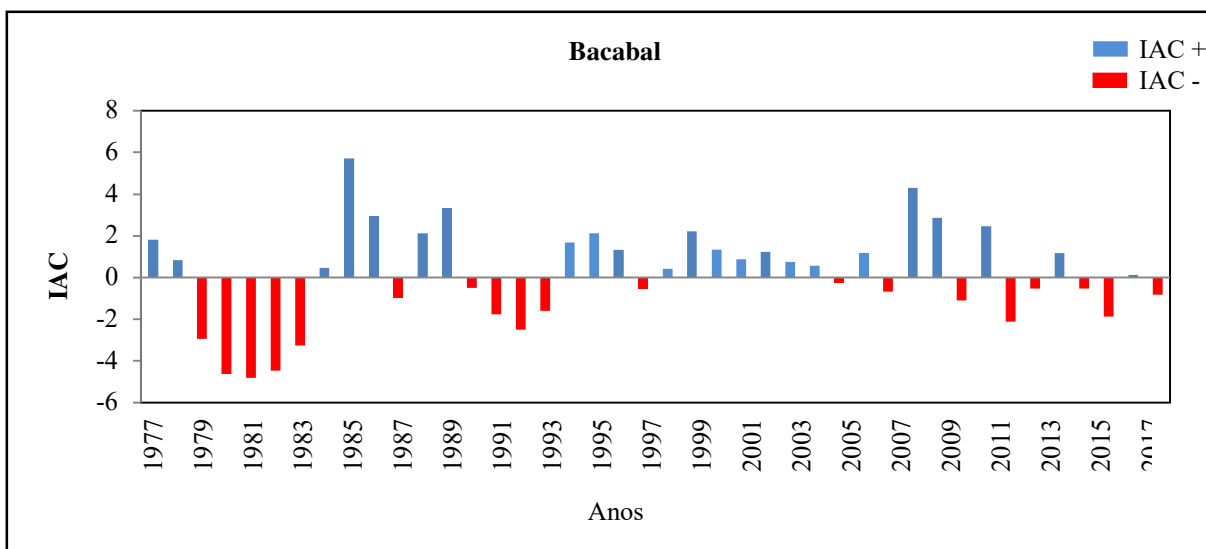


Figura 7 - Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Bacabal, Maranhão.

Analisando a primeira metade da série histórica até o ano de 1997, foram identificados 11 anos com desvios negativos e 10 anos com desvios positivos, após essa data, houve 13 anos com desvios positivos e 8 anos com desvios negativos, ocorrendo uma crescente de anos úmidos nos últimos 21 anos e evidentemente tornando mais úmido que o período anterior a 1997, caracterizando-se como um “ponto de inversão” de uma possível alteração no padrão de precipitação local.

Sousa e Da Silva (2013), em estudo realizado utilizando-se o IAC para caracterizar a precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe, para o período de 1921 a 2010, detectaram a predominância de anos secos em toda a Bacia hidrográfica. O ano de 1964 pode ser considerado como um “ponto de inversão” no comportamento climático da Bacia hidrográfica. Antes de 1964, o IAC identificou anos secos mais severos, com anomalias negativas mais intensas, e já depois de 1964, puderam-se observar IAC mais intensos e positivos (anos mais úmidos).

No transcorrer do período estudado ocorre uma alternância de anos secos e anos chuvosos, no entanto, chama atenção para o período de 1979 a 1983 onde os anos secos são mais intensos, havendo a ocorrência de três anos com evento extremamente seco em 1980, 1981 e 1982, com IAC variando entre -4,47 a -4,87. Também se observa um intervalo de sete anos com desvios positivos no período de 1998 a 2004, com IAC variando entre 0,41 a 2,12.

5.4 Balsas

A partir da análise da precipitação pluviométrica, o município de Balsas localizado na Mesorregião SM e predominância do bioma cerrado, apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 1165 mm, estando abaixo da média anual para o Estado do Maranhão.

O regime climatológico nos meses de novembro a dezembro na região Sul do Maranhão sofre influência da ZCAS, justificando o início do período chuvoso para o município, (Figura 8). Ela é uma zona de convergência em uma camada inferior úmida, espessa e baroclinia que está localizada na fronteira de massas de ar tropical úmida, em regiões de forte gradiente de umidade em baixos níveis, com geração de instabilidade convectiva por processo de advecção diferencial (FERREIRA ; CHAO, 2012).

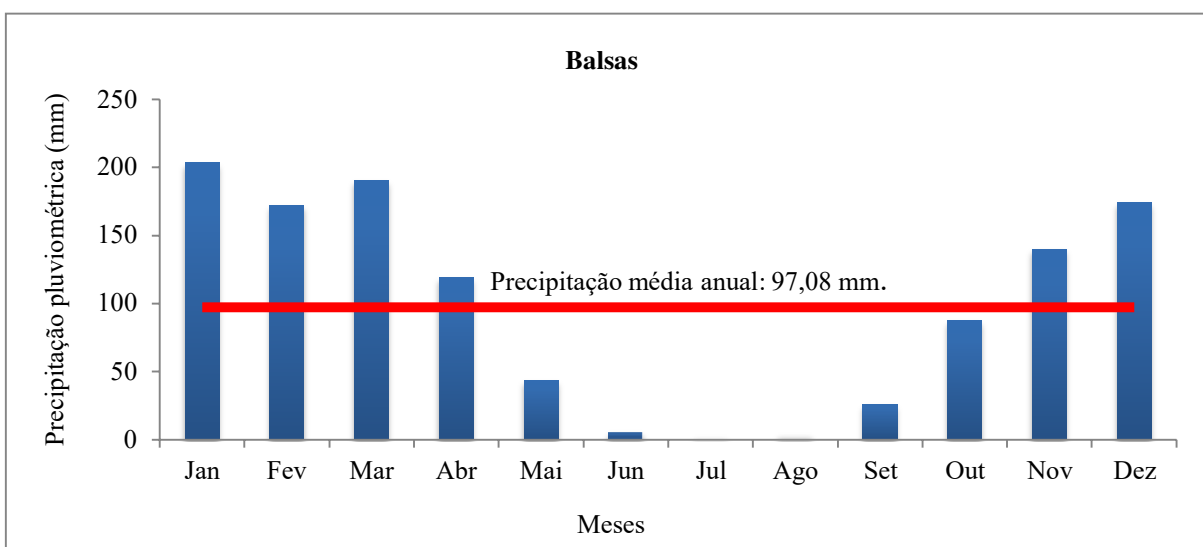


Figura 8 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Balsas-MA, de 1977 a 2018.

Relacionado com VCAN e as frentes frias, janeiro é o mês mais chuvoso do ano com precipitação média mensal de 244 mm. As maiores médias de precipitações pluviométricas concentram-se entre os meses de novembro a abril, condizendo com os resultados obtidos neste estudo para o município de Alto Parnaíba. Essa similaridade entre os dois municípios está associada ao fato de ambos estarem localizados na mesma mesorregião e sofrerem influência das mesmas variáveis meteorológicas. O trimestre de junho a agosto se mostrou

como o período menos chuvoso do ano, chamando atenção para o mês de julho com uma precipitação média mensal de apenas 2 mm.

Passos et al. (2017b), para o município de Balsas, averiguaram que a lâmina precipitada é mais elevada entre os meses de novembro a abril, concentrando cerca de 85% do total acumulado e entre os meses de maio a outubro concentra-se aproximadamente 15% da precipitação pluvial anual. Os autores constataram que o mês de janeiro é mais chuvoso e o mês de julho é o menos chuvoso do ano.

Podem ser visualizados através da aplicação do IAC, os anos secos e chuvosos, tornando possível observar os períodos onde esses eventos foram mais intensos ou duradouros. Visto que para série histórica, houve 23 anos com desvios negativos e 19 anos com desvio positivos, IAC variando entre -5,17 a 6,71, (Figura 9), contemplando assim todas as classificações desenvolvidas por Araújo et al. (2009).

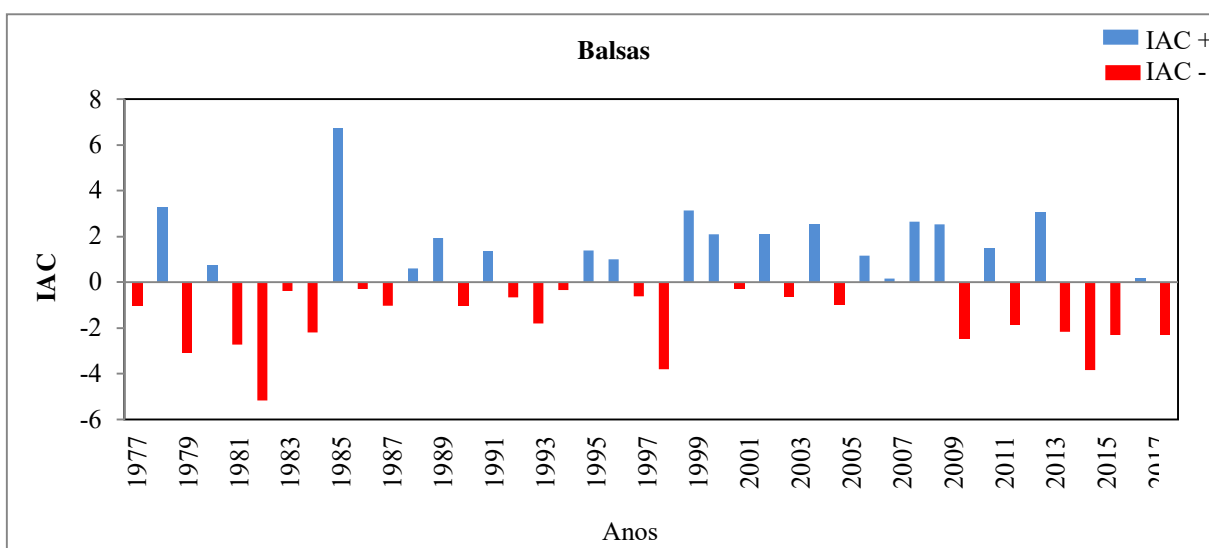


Figura 9- Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Balsas, Maranhão.

Considerando primeira metade da série histórica até o ano de 1997, houve 13 anos secos e 8 anos úmidos, no qual o ano de 1982 foi extremamente seco, com IAC de -5,17 e 1985 extremamente úmido com IAC de 6,71. Verificando a segunda metade da série histórica após o ano de 1977, ocorreram 11 anos úmidos e 10 anos secos, tornando como o período mais úmido da série estudada. No entanto após esse “ponto de inversão” houve uma ligeira diminuição na frequência de anos secos.

Esse ponto de inversão na precipitação verificado em séries de IAC locais também foi encontrado em Da Silva et al. (2007), no qual o fato foi explicado como consequência de ações antrópicas no local.

5.5 Barra do Corda

Localizado na Mesorregião CM e com bioma cerrado, drenado pelo Rio Mearim, está inserido na bacia hidrográfica desse rio. Apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 1088 mm, estando abaixo da média anual para o Estado do Maranhão.

A (Figura 10) demonstra a precipitação média mensal do município, com o período chuvoso de dezembro a abril, com o mês de março sendo o mais chuvoso, apresentando uma média de precipitação de 241 mm. Estes valores de precipitação pluvial são oriundos da atuação dos VCAN e ZCIT na região.

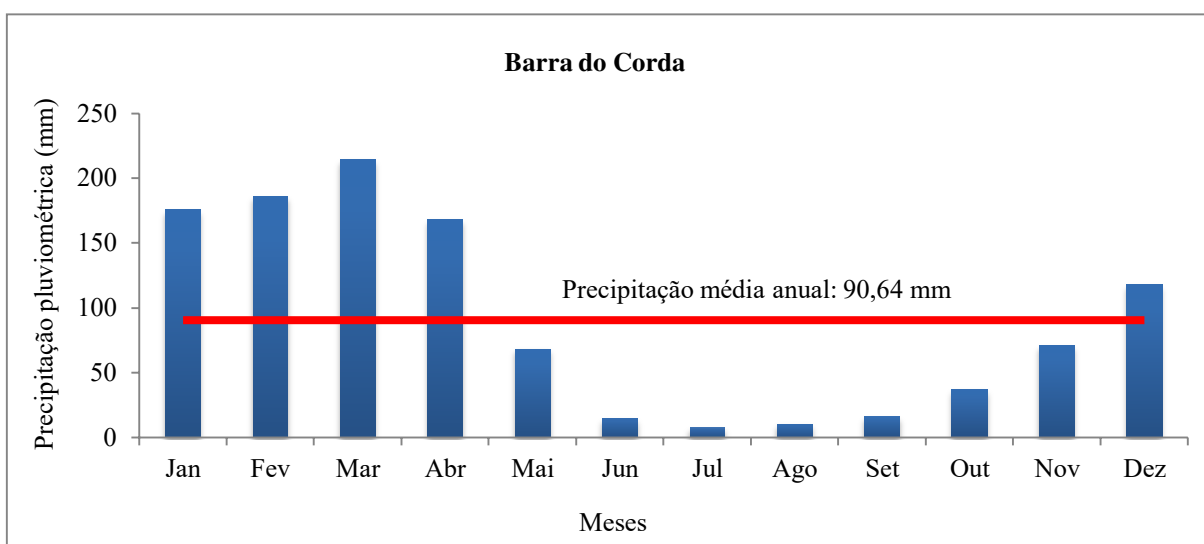


Figura 10 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Barra do Corda-MA, de 1977 a 2018.

O quadrimestre de junho a setembro apresentou como período mais seco do ano, com mínima de 8,09 mm, em média, no mês de julho.

Para melhor compreender os anos secos e chuvosos, da série histórica estudada, foi aplicado o IAC, tornando-se possível de distinguir os períodos onde essas ocorrências foram mais duradouras ou severas, (Figura 11). É possível visualizar que para toda série histórica, houve 26 anos com desvios negativos e 16 anos com desvios positivos, isto é, mais anos secos que úmidos, com IAC variando entre -4,33 a 8,65.

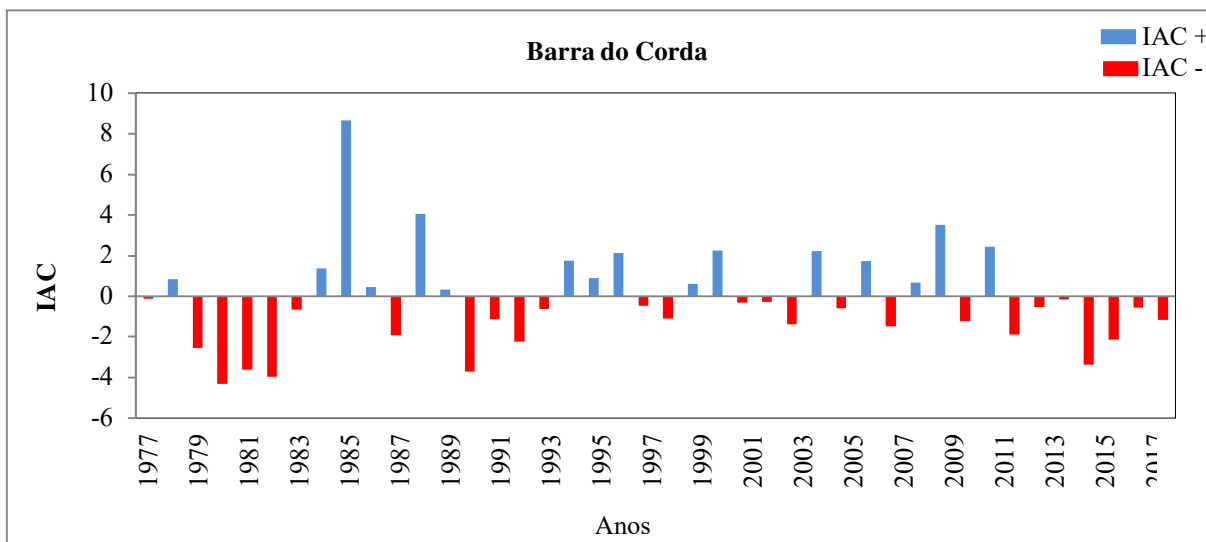


Figura 11 - Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Barra do Corda, Maranhão.

Examinando a primeira metade da série histórica, foi possível detectar que até o ano de 1997 ocorreram 12 anos secos e 9 anos úmidos, com o intervalo de 1979 a 1983 permanecendo por mais tempo com índices negativos, com o ano de 1980 sendo o mais seco deste intervalo com IAC de -4,33, classificado como extremamente seco. Já os anos de maior valor positivo foram 1985 e 1988, com IAC médio de 8,65 e 4,04, classificados como extremamente úmidos. Analisando a segunda metade da série histórica, ocorreram 14 anos com desvios negativos e 7 anos com desvios positivos, tornando após o ano de 1997 visivelmente mais seco que o período anterior, identificando um ponto de inflexão. Nos últimos 10 anos a crescente de anos com desvios negativos aumentou, totalizando em 8 anos secos, com ano de 2015 sendo o mais seco da segunda metade da série histórica, com IAC de -3,37, classificado muito seco.

Da Silva et al. (2007) ao utilizar o IAC para verificar a variabilidade das chuvas na bacia do rio Mundaú (AL e PE), encontraram uma modificação no padrão de distribuição de precipitação. Antes de 1974, nas sub-bacias do Médio Mundaú e Alto Mundaú, os anos foram mais secos e após 1974 foram mais úmidos, ocorrendo o contrário no Baixo Mundaú.

5.6 Carolina

O município de Carolina, localizado na Mesorregião SM e com bioma cerrado, apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 1664 mm, mantendo-se acima da média anual para o Estado do Maranhão e sendo o mais chuvoso entre os três municípios analisados situados na Mesorregião SM. Esse elevado índice pluviométrico é influenciado

diretamente pelos sistemas meteorológicos atuantes na região sul do estado que são a ZCAS, frentes e VCAN. As maiores precipitações concentram entre os meses de novembro a abril, respectivamente, são os meses que se mantiveram acima da precipitação média anual de 138 mm, (Figura 12).

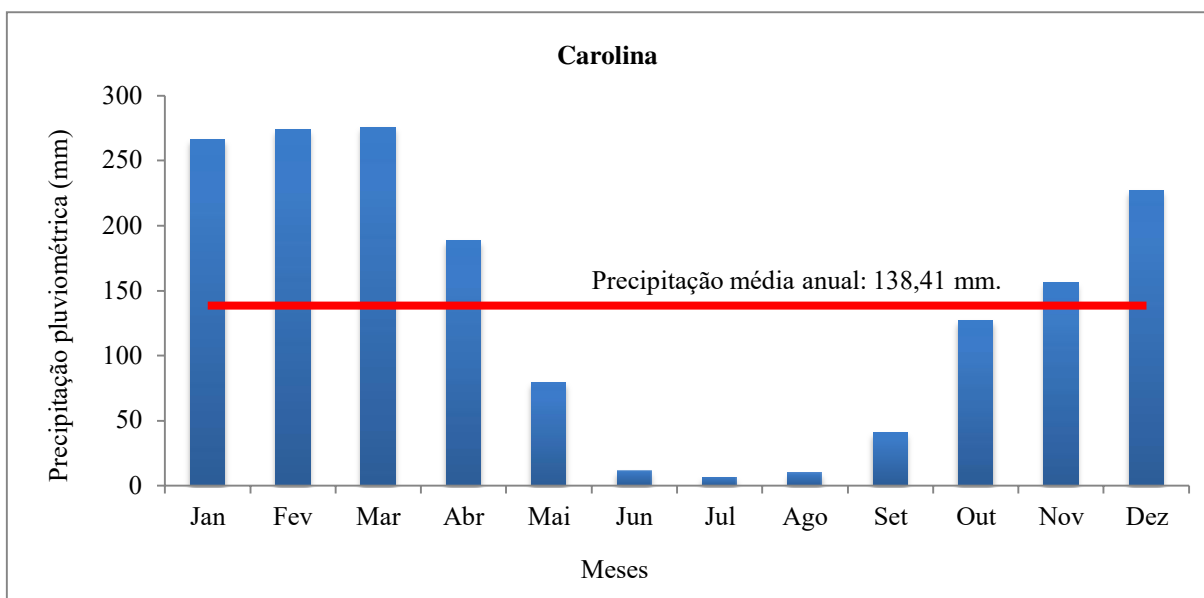


Figura 12- Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Carolina-MA, de 1977 a 2018.

A ZCAS e as frentes frias influenciam diretamente no regime climatológico nos meses de novembro a janeiro na região Sul Maranhense, concretizando o início da estação chuvosa para o município. Nos mesmo período os máximos de precipitação são observados na parte Sul do Maranhão (MENEZES, 2009).

Março é o mês mais chuvoso do ano com precipitação média mensal de 273 mm, por sofrer influência da ZCIT, com atuação nos meses de março, abril e maio no estado do Maranhão. O período seco concentra entre os meses de maio a outubro, com mínima de 7 mm, em média, no mês de julho.

Para um melhor conhecimento nas alterações do padrão de chuva e a determinação de anos secos e úmidos, foi aplicado o IAC. Para a série histórica de 42 anos, o município de Carolina apresentou 24 anos com desvios positivos e 18 anos com desvios negativos, ou seja, mais anos chuvosos que secos, com IAC variando entre -6,53 a 6,46, (Figura 13).

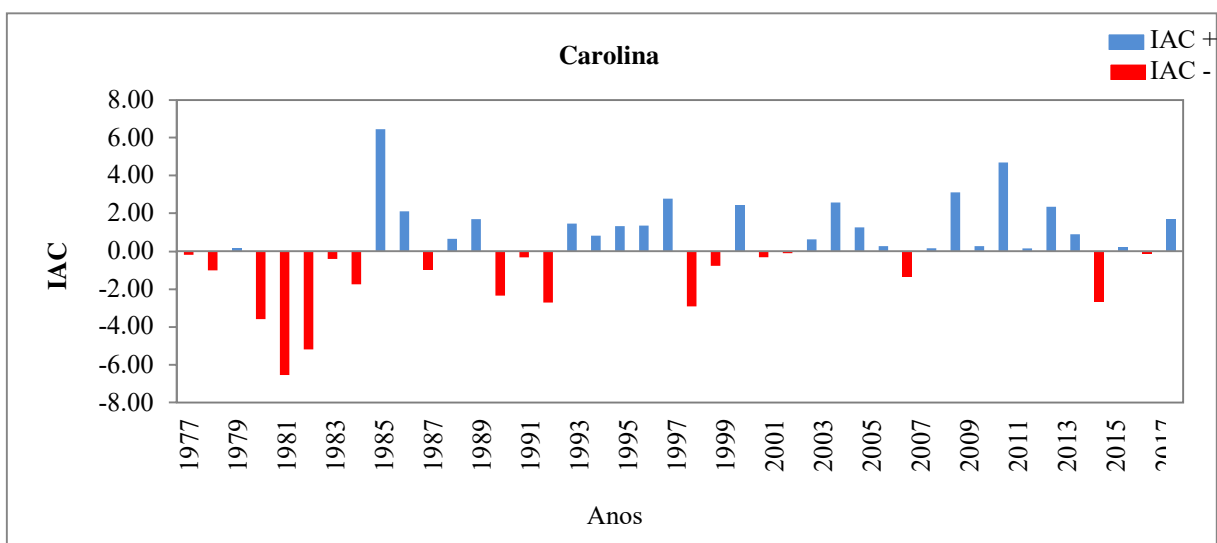


Figura 13 - Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Carolina, Maranhão.

Examinando a primeira metade da série histórica, identificou-se que até o ano de 1997 houve mais anos secos que após essa data, ocorrendo 11 anos com desvios negativos e 10 anos com desvios positivos. É possível identificar que houve 5 anos consecutivos de seca, estendendo de 1980 a 1984, com dois anos extremamente secos, com intervalo de IAC variando entre -6,53 e -5,17, que ocorreram nos respectivos anos de 1981 e 1982. Do mesmo modo, houve 5 anos úmidos consecutivos entre os anos de 1993 a 1997. O ano mais úmido de toda série histórica foi 1985, com IAC de 6,46, classificado extremamente úmido.

Analisando a segunda metade da série histórica, ocorreram 14 anos com desvios positivo e 7 anos com desvios negativos, havendo mais anos úmidos que secos. É possível identificar que houve 7 anos consecutivos com IAC positivo entre os anos de 2008 a 2014, entretanto, o ano de 2011 foi o mais úmido com intervalo de IAC de 4,70, classificado como extremamente úmido.

Checi e Sanches (2013) utilizaram o IAC para analisar o comportamento do fenômeno ENOS no Alto Uruguai gaúcho utilizando dados de precipitação. Os resultados do IAC demonstraram maior correspondência entre a fase positiva do que da fase negativa do fenômeno ENOS no período analisado.

5.7 Caxias

Para um melhor entendimento no que se relaciona às características pluviométricas do município de Caxias, localizado na Mesorregião do Leste Maranhense (LM) e com bioma cerrado. Está exposto na (Figura 14), o comportamento mensal para a precipitação

pluviométrica, facilitando a visualização das épocas chuvosas e secas para o município. Caxias apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 1454 mm, estando abaixo da média anual para o Estado do Maranhão. Março é o mês mais chuvoso do ano com acumulado médio mensal de 322 mm. Sofrendo influencia da atuação dos VCAN e da ZCIT, o período chuvoso ocorre do mês de janeiro a maio, respectivamente, são os meses que se mantiveram acima da média anual de 121 mm. Lucena et al. (2016), para o estado do Piauí, obtiveram as maiores precipitações para os meses de janeiro e abril, oscilando de 125 a 170 mm e os menores índices pluviométricos nos meses de junho a outubro, com oscilações de 2 a 17 mm.

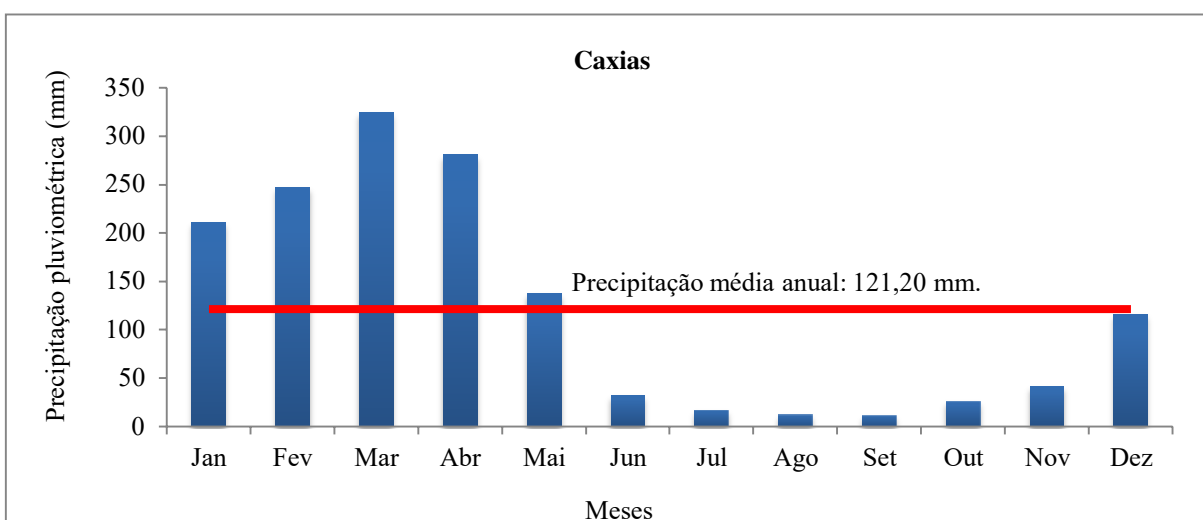


Figura 14 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Caxias- MA, de 1977 a 2018.

O período seco tem início no mês de junho e estende até dezembro, respectivamente, são os meses que mantiveram abaixo da média anual, com mínima de 13 mm, em média, no mês de setembro. Verificou-se que há 7 meses secos e 5 meses chuvosos durante o ano para o município de Caxias. Segundo Rossato (2011), conhecer a caracterização da variabilidade anual das chuvas torna importante, pois fornece um panorama geral da distribuição da precipitação, destacando anos muito chuvosos ou muitos secos no conjunto de estações meteorológicas.

Na (Figura 15), visualiza-se o IAC anual para o município de Caxias, que para todo o período analisado, houve 24 anos com desvios negativos e 18 anos com desvios positivos, com IAC variando entre -3,35 a 5,78. Identificou-se uma sequência de anos secos no intervalo entre 1978 a 1984, dos quais os anos de 1980 e 1984 foram classificados como muito secos.

O IAC tem sido utilizado para analisar a interferência do fenômeno ENOS e outras oscilações em relação ao comportamento das precipitações pluviométricas. Trabalho como o de Oliveira Júnior et al. (2012), realizado no estado de Alagoas, conseguiram constatar que os eventos fortes de ENSOS (El Niño e La Niña) definem padrões mais realísticos dos períodos úmidos e secos para as regiões fisiográficas do estado, quando comparados com eventos moderados de ENSOS.

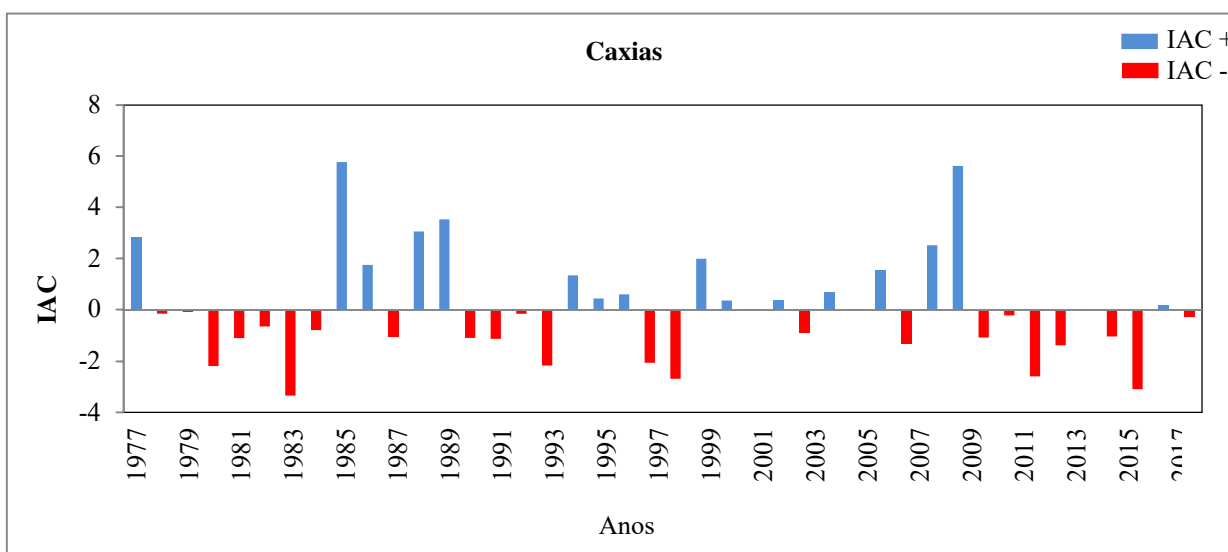


Figura 15 - Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Caxias, Maranhão.

Analisando a primeira metade da série histórica até o ano de 1997, os valores calculados para IAC anual variaram entre -3,35 a 5,78. Verificou-se que a ocorrência de anomalias negativas foi ligeiramente maior do que as positivas, com 13 anos secos e 8 anos úmidos. Após o ano de 1997 o IAC variou entre -3,10 a 5,62, com episódios de anos negativos maiores que de anos positivos, no qual foram 11 anos secos e 10 úmidos.

No intervalo entre 1985 a 2009, ocorreu uma alternância de anos úmidos e secos, com o ano de 1985 sendo o mais chuvoso da série histórica, com IAC de 5,78, classificado como extremamente úmido, e uma sequência de 6 anos secos no intervalo entre 2010 a 2016, com os anos de 2012 e 2016 classificados como muito seco.

Gonçalves et al. (2006) obtiveram o valor de IAC para 15 estações situadas no rio São Francisco, fato o qual mostrou que a incidência de anos secos é substancialmente maior na região estudada. Através da aplicação do índice em áreas situadas à jusante da hidrelétrica de Sobradinho, pode-se explicar a ocorrência de cheias e inundações ocorridas no sertão pernambucano.

5.8 Chapadinha

A climatologia do município de Chapadinha é mostrada na (Figura 16), localizada na Mesorregião LM, apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 1608 mm, estando acima da média anual para o Estado do Maranhão.

Para o município de Chapadinha, Passos et al. (2016) constatou duas estações bem definidas, a estação úmida ocorre de janeiro a maio, sendo responsável por 84% do total precipitado e o período seco de junho a dezembro respondendo por cerca de 16% do total acumulado. Também verificaram o mês de março com a maior média mensal e o mês de setembro o menos chuvoso do ano.

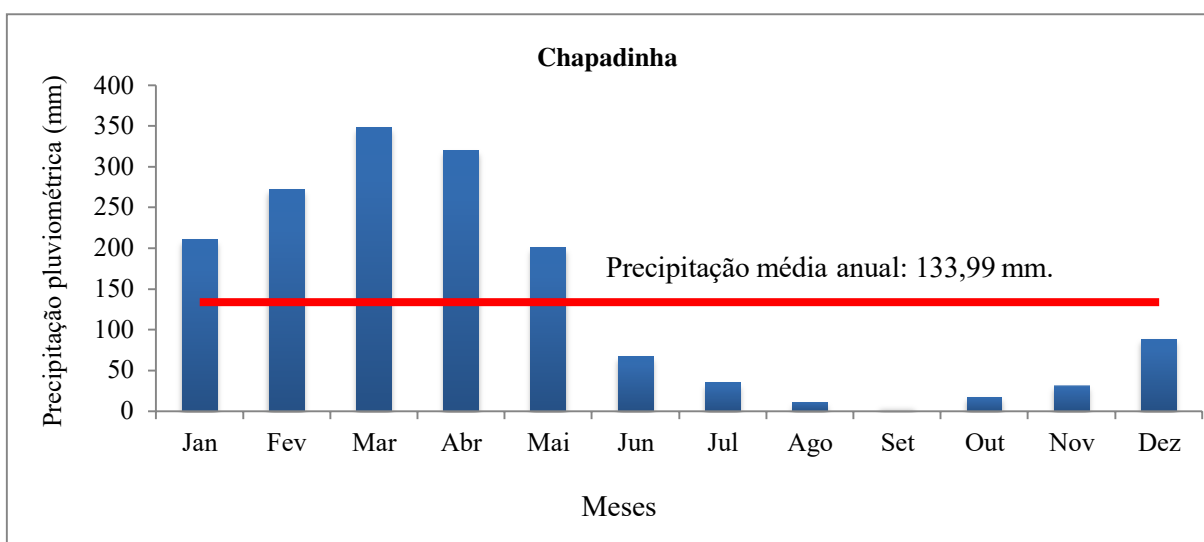


Figura 16 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Chapadinha-MA, de 1977 a 2018.

Analisando as médias mensais é possível visualizar que os cinco primeiros meses do ano estiveram acima da média anual de 134 mm, ocorrendo os maiores índices pluviométricos nos meses de janeiro a maio, provavelmente devido à atuação dos VCAN e da ZCIT, concretizando o período chuvoso para o município de Chapadinha, com máxima no mês de março com precipitação média mensal de 348 mm. O trimestre mais seco do ano se estende de agosto a outubro, com o mês de setembro o mais seco do ano com acumulado médio mensal de 6 mm de chuva.

Os anos secos e os anos chuvosos para série histórica estudada de 42 anos para o município de Chapadinha puderam ser visualizados através da aplicação do IAC, tornando possível identificar períodos onde esses eventos foram mais intensos ou duradouros. É

possível visualizar que para todo o período analisado, houve 22 anos com desvios positivos e 20 anos com desvios negativos, (Figura 17).

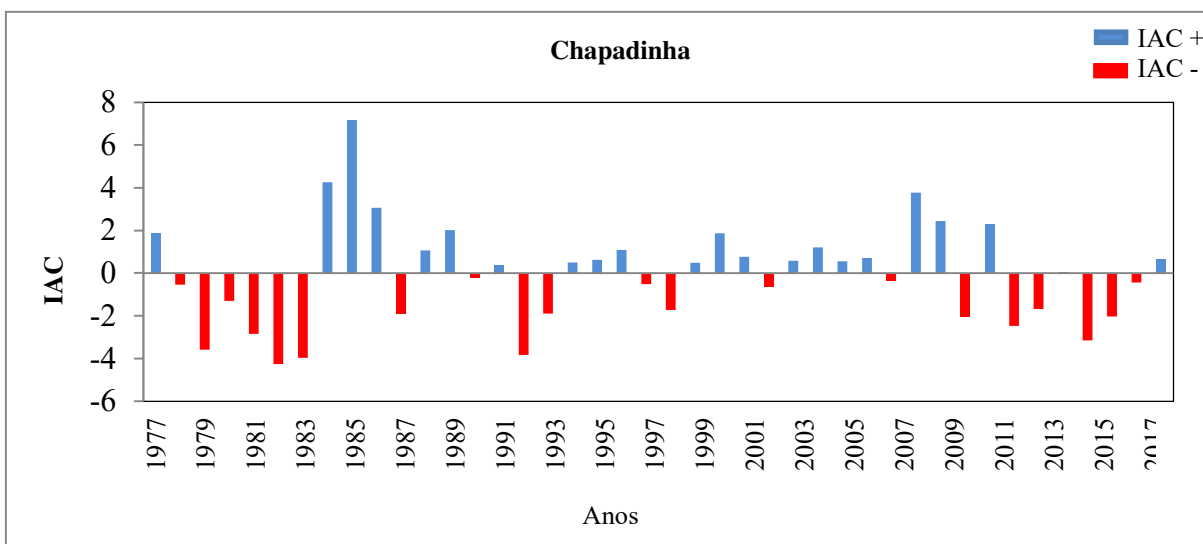


Figura 17 - Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Chapadinha, Maranhão.

Considerando primeira metade da série histórica até o ano de 1997, houve 11 anos secos e 10 anos úmidos, no qual o ano de 1982 foi extremamente seco, com IAC de -4,25, já os anos de 1984 e 1985 foram classificados como extremamente úmido com IAC de 4,27 e 7,18. Verificando a segunda metade da série histórica após o ano de 1977, ocorreram 12 anos úmidos e 9 anos secos, tornando como o período mais úmido da série estudada.

Com a alternância de anos secos e úmidos, chama atenção para dois eventos com seis anos de secas consecutivas, um mais forte ocorrendo entre os anos de 1978 a 1983, com o ano de 1982, classificado como extremamente seco. O segundo período seco foi entre os anos de 2012 a 2017, com a ocorrência de três anos classificado muito seco. Observa-se três períodos úmidos de três anos consecutivos, sendo os anos de 1984 e 1985, classificados extremamente úmidos e o intervalo de 2003 a 2006 com quatro anos úmidos consecutivos. Os valores de IAC anual variaram entre -4,25 a 7,18, contemplando assim todas as classificações elaboradas por Araújo et al. (2009).

Para toda série histórica foi observada uma tendência na diminuição de IAC positivos nos últimos 10 anos, porém, a ocorrência de episódios de anomalias positivas foi moderadamente maior do que as negativas

Da Silva et al. (2012) utilizaram o IAC como ferramenta de análise para verificar a influência do fenômeno ENOS e da ODP na variabilidade das precipitações na Região Metropolitana de Fortaleza e na Região do Cariri, ambas no Estado do Ceará. Os autores

concluíram que a relação entre as fases quentes e frias do ENOS e da ODP propiciaram, respectivamente, diminuição e aumento nas precipitações para a região de Fortaleza, verificando uma forte conexão entre os eventos, diferentemente do verificado para a região do Cariri cearense.

5.9 Colinas

A climatologia do município de Colinas é mostrada na (Figura 18), localizada na Mesorregião LM, com bioma cerrado e drenado pelo rio Itapecuru, apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 1222 mm, estando abaixo da média anual para o Estado do Maranhão.

Com relação à distribuição da precipitação pluviométrica durante o ano, que há concentração de chuvas, definindo dessa forma duas estações. A estação úmida tem duração de cinco meses, ocorre de dezembro a abril, com máxima no mês de março com acumulado médio mensal de 242 mm. Nesta região o regime pluviométrico é motivado pela atuação da ZCAS, Frentes, VCAN e ZCIT.

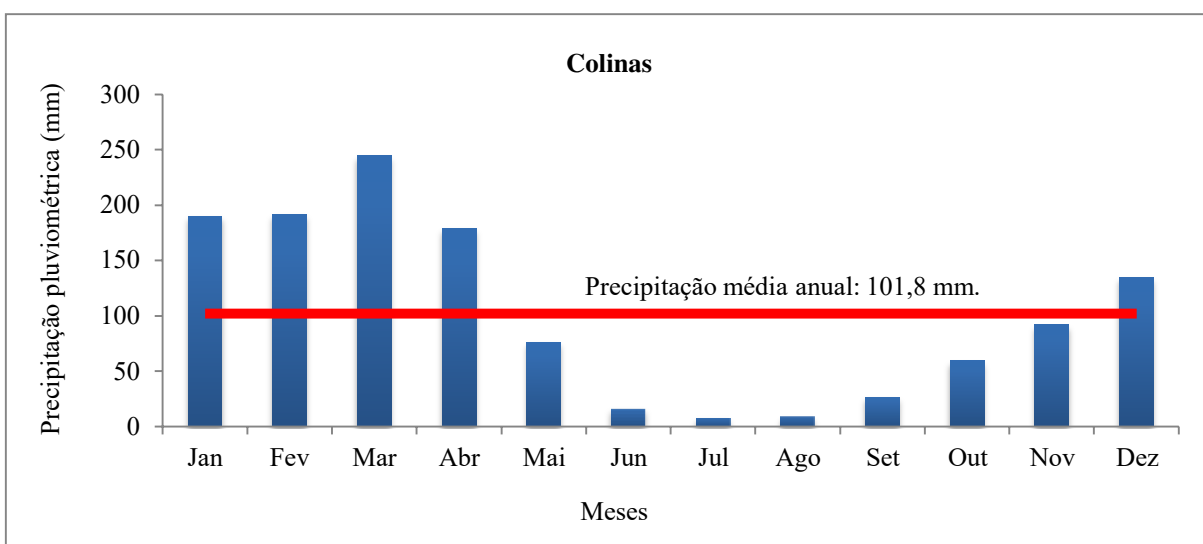


Figura 18 - - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Colinas-MA, de 1977 a 2018.

A estação seca se estende de maio a novembro, com o trimestre de junho a agosto é o período mais seco do ano, com mínima no mês de julho, com precipitação média mensal de 8 mm.

Matos et al. (2015) encontraram para Alhandra-PB, os maiores índices pluviométricos entre os meses de fevereiro e agosto, oscilando de 113 a 319 mm e os mínimos valores de precipitação nos meses de setembro a janeiro, com variação de 37 a 76 mm.

O monitoramento do grau de severidade e de duração dos períodos secos e úmidos das séries de dados foi realizado por meio da aplicação do IAC. Constatando que para o município de Colinas, houve 22 anos com desvios negativos e 20 anos com desvios positivos, com intervalo de IAC variando entre -5,85 a 6,13, (Figura 19), contemplando assim todas as classificações elaboradas por Araújo et al. (2009).

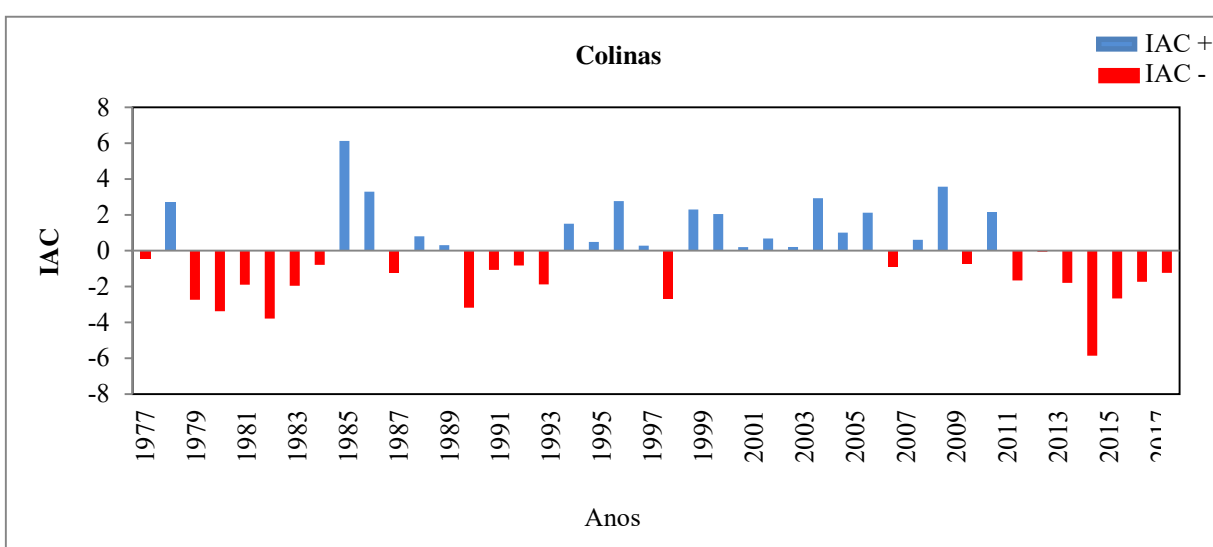


Figura 19 - Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Colinas, Maranhão.

A primeira metade da série histórica até o ano de 1997, houve 12 anos com desvios negativos e 9 anos com desvios positivos, no qual o ano de 1985 foi classificado como extremamente úmido com IAC de 6,13. Verificando a segunda metade da série histórica após o ano de 1977, ocorreram 11 anos úmidos e 10 anos secos, tornando como o período mais úmido da série.

É possível observar três períodos de seca, o primeiro com seis anos consecutivos com índices negativos entre 1979 a 1984, havendo três anos caracterizados muito seco. O segundo período de quatro anos consecutivos com índices negativos se dá entre 1990 a 1993. O terceiro período com sete anos consecutivos de seca ocorreu entre 2012 a 2018, com o ano de 2015, caracterizado como extremamente seco. O período com um bom regime de chuva ocorreu entre os anos de 1999 a 2007, totalizando oitos anos positivos consecutivos, com 4 anos caracterizados muito úmido.

Costa e Silva (2017) empregaram o IAC para apresentar o estudo da variação espaço-temporal da precipitação pluviométrica do estado do Ceará. Observou-se que ocorreram mais anos de seca do que anos úmidos no Ceará e o período de seca mais severa e duradoura foi de 1979 a 1993.

5.10 Imperatriz

O município de Imperatriz encontra-se num ponto de cruzamento entre a produção de arroz, a soja proveniente do sul do estado, a extração de madeira vinda do Pará e a hidrelétrica de Estreito. Banhada pelo Rio Tocantins, sendo fonte de renda e principal fonte de abastecimento de água da região. Em anos muito chuvosos, seu nível sobe provocando danos a população devido a enchentes.

Sendo assim, o comportamento da precipitação pluviométrica precisa ser bem compreendido por ser um dos elementos climáticos mais importantes na vida da população dessa região. Localizada na Mesorregião Oeste Maranhense (OM) em uma área com predomínio de formação florestal mista, entre o bioma amazônico e o bioma cerrado, apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 1452 mm, estando abaixo da média do Estado do Maranhão.

Os maiores índices pluviométricos ocorrem de dezembro a abril, provavelmente devido à atuação dos VCAN e da ZCIT, respectivamente. Oriundo da atuação da ZCIT, o máximo pluviométrico ocorre no mês de março com acumulado médio mensal de 268 mm, (Figura 20). Para Silva et al. (2011) a estação chuvosa em todos os estados da região Nordeste do Brasil coincide com a época do ano em que a ZCIT está mais ao Sul, que corresponde aos meses de março, abril e maio.

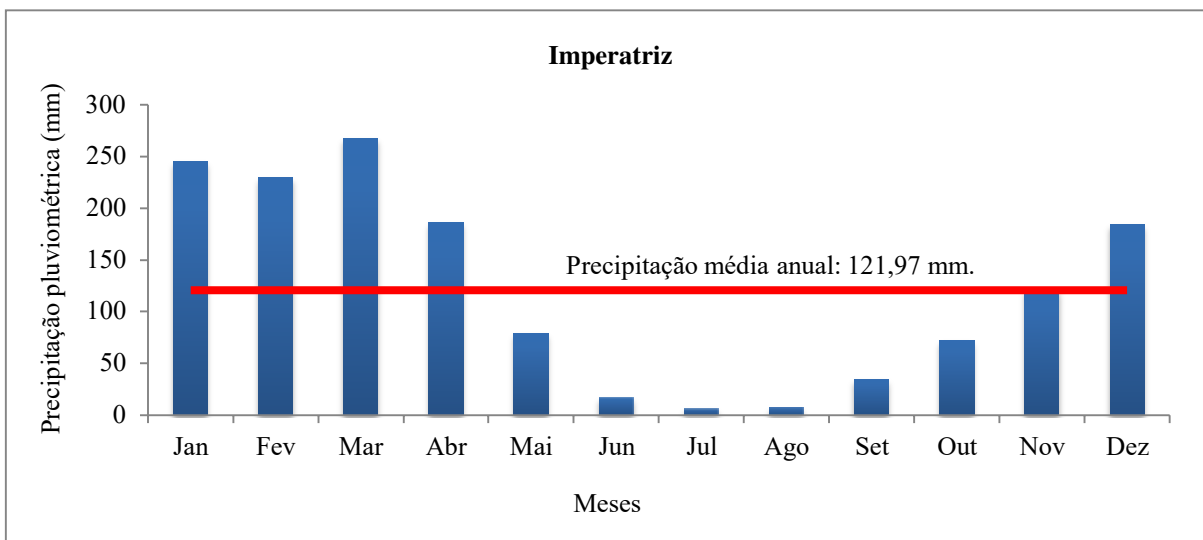


Figura 20 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Imperatriz-MA, de 1977 a 2018.

A quadra menos chuvosa se estende de junho a setembro, resultando em uma deficiência hídrica muito elevada nestes meses, sendo a época mais seca do ano, tendo como precipitação mínima 7 mm, em média, no mês de julho.

Classificar o clima de determinada região é definir os limites geográficos dos diferentes tipos de clima e é suficiente para avaliação do crescimento de plantas e animais, porém, não auxilia na previsão do tempo (CUNHA; MARTINS, 2009).

A (Figura 21) apresenta os valores IAC anual para o município de Imperatriz. Analisando o grau de severidade e de duração dos períodos úmidos e secos, constatou-se que para série histórica de 42 anos, houve 23 anos com desvios negativos e 19 anos com desvios positivos, ou seja, mais anos secos que úmidos.

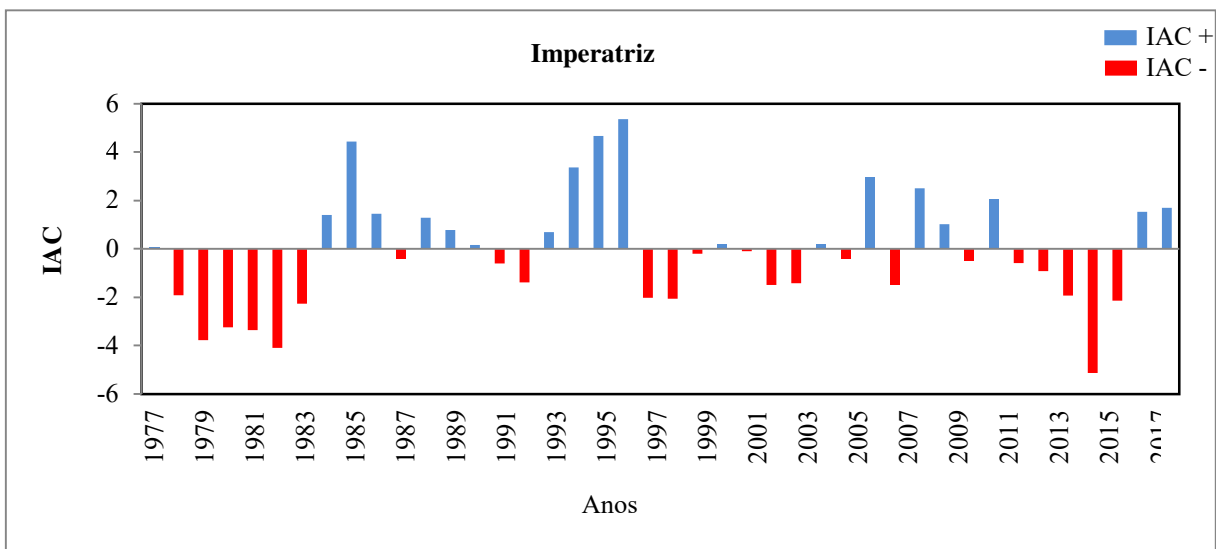


Figura 21 - Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Imperatriz, Maranhão.

Avaliando a primeira metade da série histórica, pode-se identificar que até o ano de 1997 a ocorrência de anos secos foi menor que após essa data. Antes de 1997 ocorreram 11 anos úmidos e 10 anos secos, com um período de seis anos consecutivos de seca entre os anos de 1978 a 1983, sendo quatro anos classificados como muito seco e um extremamente seco. Além disso, observam-se três anos extremamente úmidos sendo respectivamente 1985, 1995 e 1996.

A segunda metade da série histórica após o ano de 1997 apresentou 13 anos secos e 8 anos úmidos, com um período de cinco anos consecutivos de seca no período de 2012 a 2016 com um regime muito baixo de chuva, o ano de 2015 foi classificado como extremamente seco. Para a série histórica do município de Imperatriz, os valores calculados para o IAC variaram entre -5,12 e 5,36 abrangendo toda a classificação elaborada por Araújo et al. (2009).

Nascimento et al. (2015) quantificaram e caracterizaram os eventos secos e chuvosos na microrregião de Imperatriz, no período de 1985 a 2013. Os resultados mostraram uma predominância de eventos extremos de seca em todas as escalas do SPI sendo bem evidentes na década de 1990 e nos anos de 2012 e 2013.

5.11 São Luís

A série histórica mensal para a precipitação pluviométrica está exposta na (Figura 22), permitindo a visualização dos meses secos e chuvosos. A capital São Luís, localizada na Mesorregião Norte Maranhense (NM) e bioma amazônico, apresentou uma precipitação

média anual da série histórica de 2127 mm, estando acima da média anual para o Estado do Maranhão e sendo um dos municípios mais chuvosos entre os analisados neste trabalho.

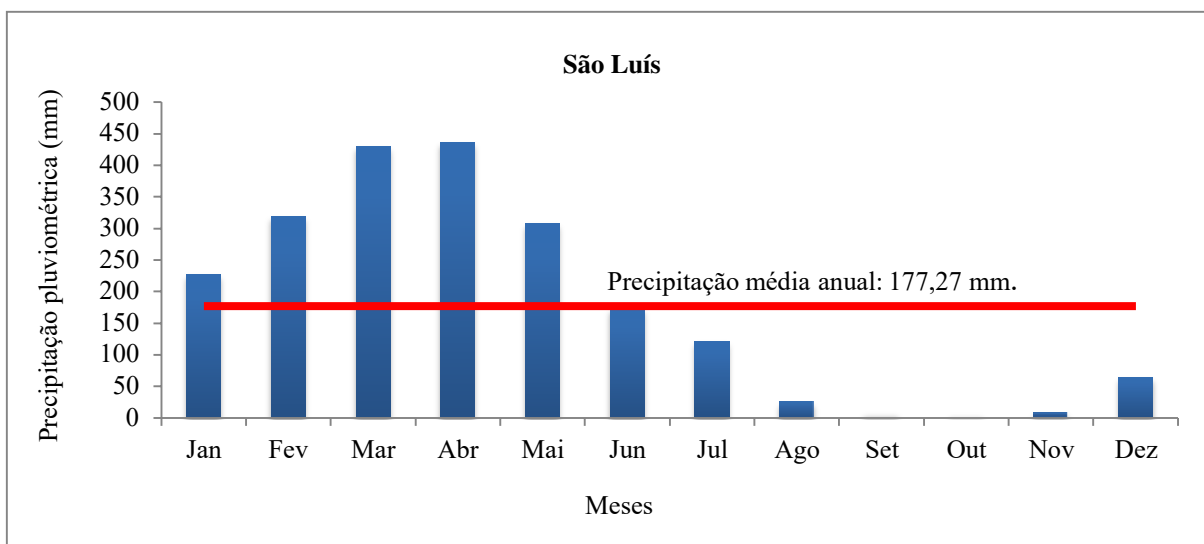


Figura 22 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de São Luís-MA, de 1977 a 2018.

Em São Luís têm-se duas estações bem definidas, havendo regularidade térmica durante todo ano que são definidas pelo regime pluviométrico, há um período chuvoso, compreendido entre o verão e outono, e outro seco, entre o inverno e a primavera (MENDONÇA ; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Constata-se que os maiores índices pluviométricos ocorrem de janeiro a maio, provavelmente devido à atuação dos VCAN e da ZCIT, respectivamente, sendo os meses que se mantiveram acima da precipitação média anual de 177 mm, com máxima de precipitação no mês de abril com acumulado médio mensal de 436 mm. O quadrimestre de agosto a novembro exibe o período mais seco do ano, tendo como precipitação mínima de 5 mm, em média, no mês de outubro.

Na região costeira durante os meses de março e abril as chuvas estão relacionadas ao deslocamento norte-sul da ZCIT sobre o Atlântico. Segundo Sousa (1993), as massas Equatorial Atlântica e Equatorial Continental no sentido norte-sul e noroeste-sudeste, atuam de forma preponderante na região, e é responsável pela intensa pluviosidade no verão e no outono, período que a radiação é mais intensa sobre o hemisfério sul.

Aplicando o IAC para avaliação e monitoramento dos períodos secos e úmidos para série histórica, é possível visualizar que para todo o período, houve 21 anos com desvios positivos e 21 anos com desvios negativos, (Figura 23). Não houve um aumento e nem diminuição de anos secos e úmidos, apenas a intensidades dos eventos que se diferenciaram.

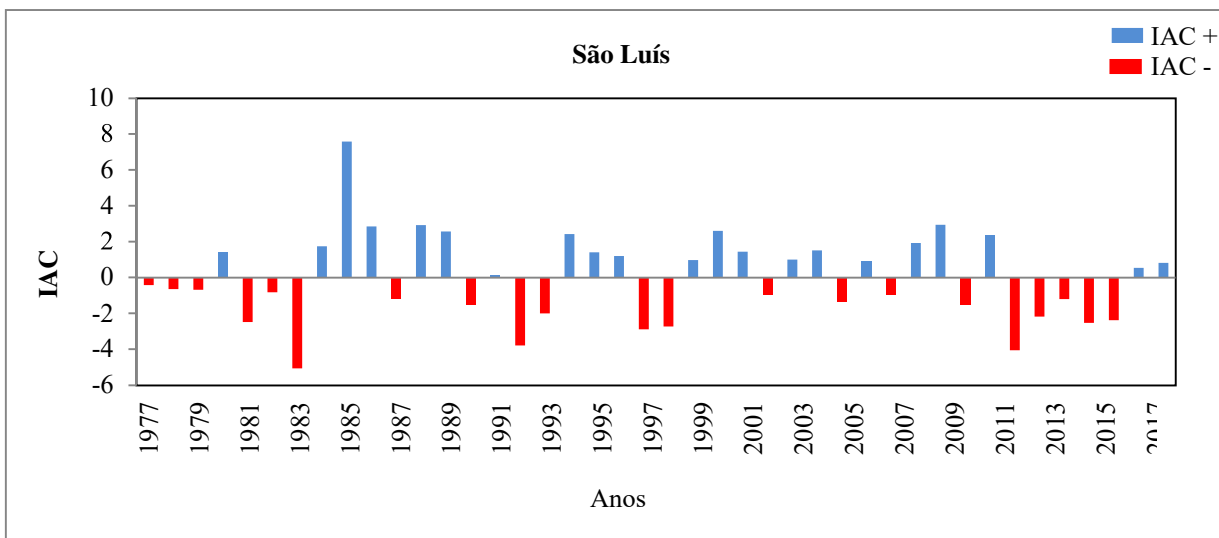


Figura 23 - Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de São Luís, Maranhão.

Analisando a primeira metade do período de 42 anos, identifica-se que até o ano de 1997 ocorreram 11 anos com desvios negativos e 10 anos com desvios positivos, com destaque para os anos de 1983 e 1985 classificados como extremamente seco e extremamente úmido, respectivamente. Após o ano de 1997 ocorreram 11 anos com desvios positivos e 10 com desvios negativos, tornando o período mais úmido que antes dessa data. Um fato que chama atenção é o intervalo de cinco anos secos entre 2012 e 2016, com destaque para o ano de 2012 classificado extremamente seco. Os valores de IAC anual variaram entre -5,06 a 7,59. Contemplando assim todas as classificações elaboradas por Araújo et al. (2009).

Araújo et al. (2007) ao analisarem como a variabilidade climática influencia a precipitação local e qual a variabilidade espaço-temporal das chuvas na região bacia hidrográfica do rio Paraíba. Constataram que nas sub-bacias do Médio e Baixo Paraíba foram verificadas semelhanças na alternância de anos secos e chuvosos ao longo da série de IAC.

5.12 Turiaçu

Para um melhor embasamento no que diz a respeito às características pluviométricas do município de Turiaçu, está exposto na (Figura 24), as médias mensais da precipitação pluviométrica, possibilitando a visualização das épocas secas e chuvosas do ano. Situada na Mesorregião Oeste Maranhense (OM) e inserido dentro da área da Amazônia Maranhense, apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 2146 mm, estando acima da média anual para o Estado do Maranhão e sendo o município com a maior média anual da série histórica entre os dozes municípios analisados neste trabalho.

O clima da mesorregião do Oeste Maranhense, principalmente a microrregião do Gurupi, que é influenciado pela Amazônia Oriental, possui alto potencial hídrico, em função da floresta, que dá elevada contribuição de umidade para a atmosfera ocasionando os altos índices pluviométricos (MARANHÃO, 2002).

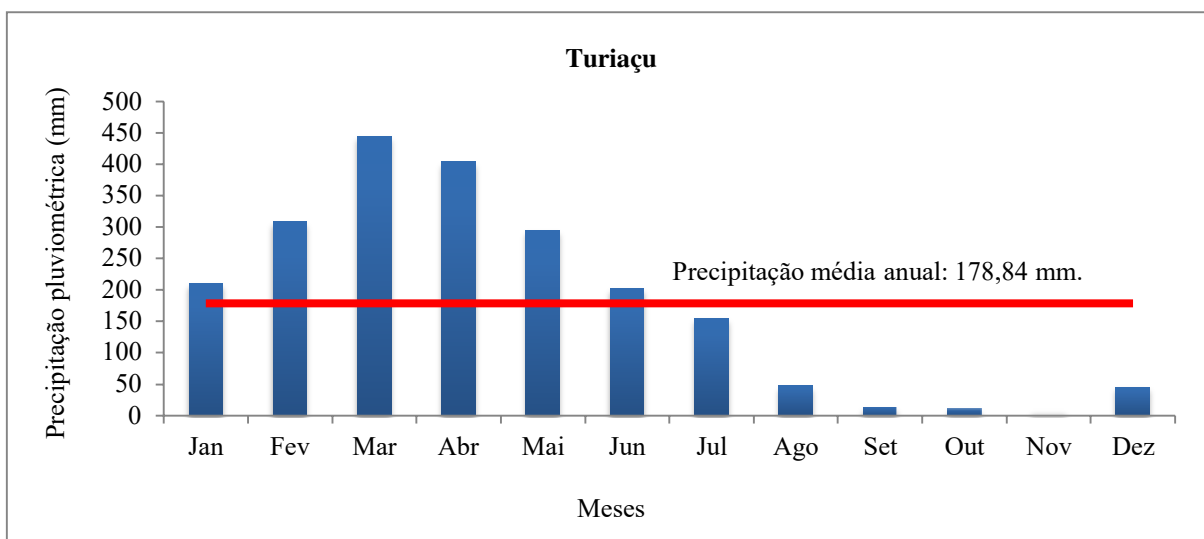


Figura 24 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Turiáçu-MA, de 1977 a 2018.

Devido a influencia dos VCAN e da ZCIT, os maiores índices pluviométricos ocorreram entre os meses de janeiro a junho, concretizando o período chuvoso para o município e respectivamente são os meses que se mantiveram acima da média anual de 178 mm, concordando com os resultados obtidos Passos et al. (2019). O mês de março teve os maiores valores de precipitação, com acumulado médio mensal de 445 mm. O trimestre de setembro a novembro é o período menos chuvoso do ano, com mínima de 7 mm, no mês de novembro.

Avaliando a severidade e a duração dos eventos secos e úmidos da série histórica de precipitação foram realizados aplicando o IAC, (Figura 25). As categorizações dos períodos secos e úmidos são úteis em projetos de irrigação, abastecimento de água, culturas dependentes da regularidade da chuva e em locais onde o uso de água subterrânea é pequena em relação às águas superficiais (FREITAS, 2005).

Para a série histórica de 42 anos analisados para o município de Turiáçu, houve 23 anos com desvios positivos e 19 anos com desvios negativos, com IAC variando entre -6,12 a 6,42, contemplando assim todas as classificações elaboradas por Araújo et al. (2009).

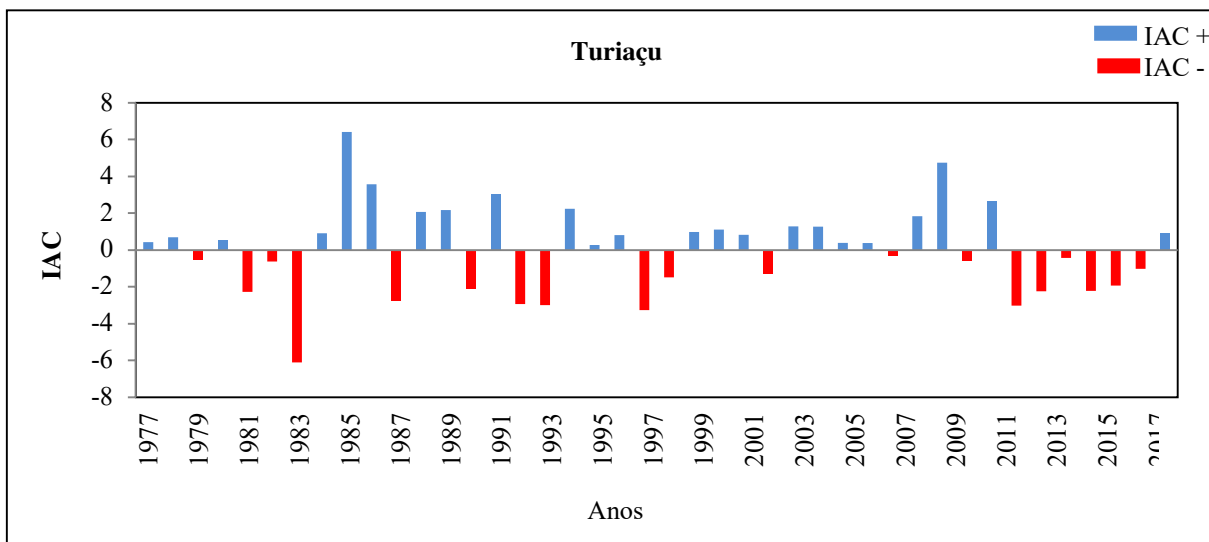


Figura 25 - Valores de IAC, positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Turiaçu, Maranhão.

Analisando a primeira metade da série histórica, é possível identificar que até o ano 1997 houve 12 anos com desvios positivos e 9 anos com desvios negativos, após essa data houve 11 anos com desvios positivos e 10 anos com desvios negativos, diante disto, a ocorrência de episódios de anomalias positivas foi moderadamente maior do que as negativas.

Para a série histórica do município de Turiaçu, foram verificados dois anos extremamente úmidos, ocorridos em 1985 e 2009. Apenas o ano de 1983 foi classificado como extremamente seco com IAC de -6,12. Existe uma alternância de anos úmidos e anos secos durante toda série histórica, porém, verificou-se uma singularidade nos últimos 10 anos, pois 2009 foi um ano extremamente úmido, entretanto, após esse ano ocorreram sete anos com desvios negativos.

Mauget (2005) ao estudar a variação multidecadal da precipitação de 1901 a 1998 para identificar as concentrações mais significativas de anos úmidos e secos dentro da série, em regiões continentais, encontrou alta incidência de anos úmidos na América do Norte durante 1972 a 1998, com oito dos dez anos mais úmidos desde 1901, ou seja, oito eventos aconteceram durante esse último período de 27 anos.

5.13 Zé Doca

O município de Zé Doca, localizado na Mesorregião OM e com bioma amazônico, apresentou uma precipitação média anual da série histórica de 1781 mm, estando acima da média anual para o Estado do Maranhão. O qual é influenciado diretamente em função da floresta amazônica, que contribui com altos índices pluviométricos nessa região.

Para Silva et al. (2011) a estação chuvosa em todos os estados da região Nordeste do Brasil coincide com a época do ano em que a ZCIT está mais ao Sul, que corresponde aos meses de março, abril e maio. O maior acúmulo de chuvas acontece nos primeiros meses do ano proveniente da atuação dos VCAN nos meses janeiro e fevereiro e da ZCIT em março, abril e maio, respectivamente, são os meses que se mantiveram acima da média anual de 148 mm, (Figura 26).

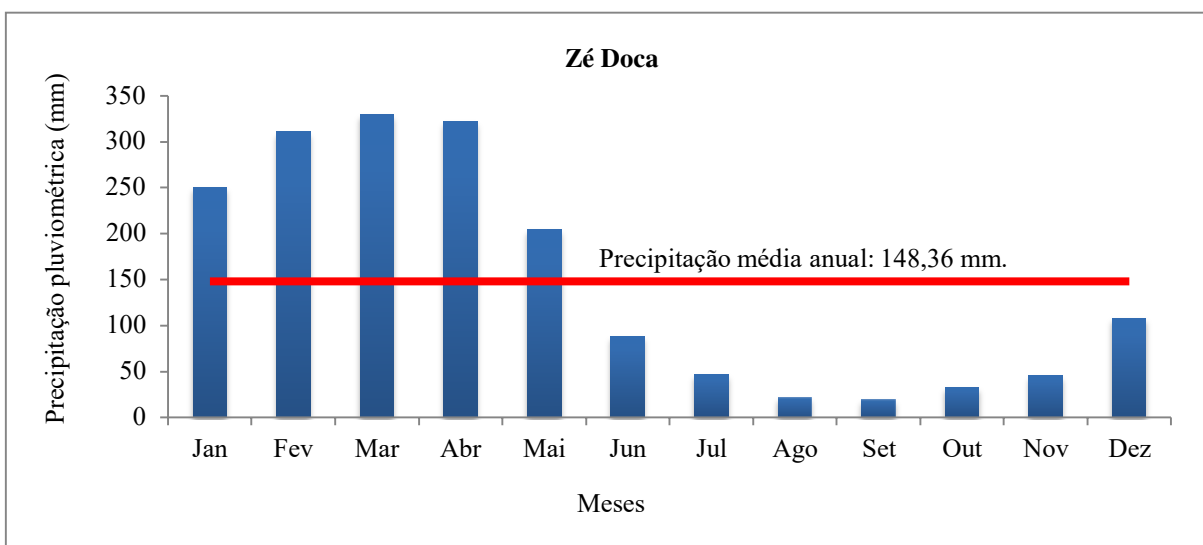


Figura 26 - Distribuição da precipitação pluviométrica mensal para o município de Zé Doca-MA, de 1977 a 2018.

A ZCIT tem uma grande contribuição de umidade gerando altos índices pluviométricos no mês de março, o tornando o mês mais chuvoso do ano com acumulado médio mensal de 329,24 mm. O período seco tem duração de sete meses, com o trimestre de agosto a outubro sendo o período mais seco do ano, com mínima de 19 mm, em média, no mês de setembro.

De acordo com a análise do IAC, o município de Zé Doca apresentou 21 anos com desvios positivos e 21 anos com desvios negativos, com IAC variando entre -5,75 e 4,39, (Figura 27). Nota-se uma sequência de cinco anos secos no intervalo entre 1979 a 1983, com o ano de 1985 classificado como extremamente úmido. Chama atenção para o intervalo de cinco anos com desvios positivos entre 1998 a 2002, com o ano de 1999 classificado muito úmido.

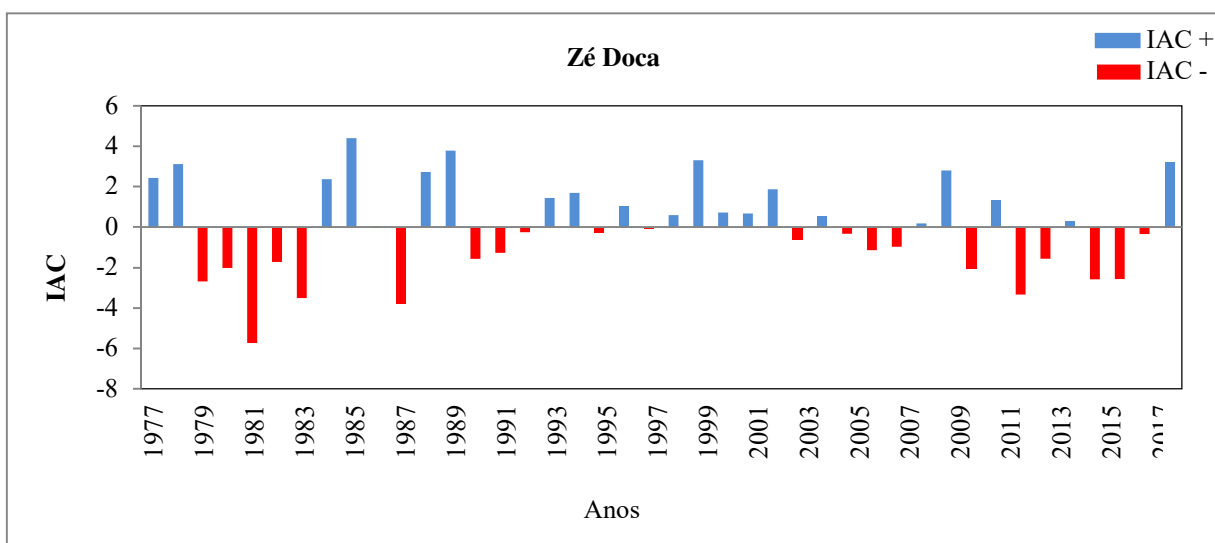


Figura 27 - Valores de IAC, positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o município de Zé Doca, Maranhão.

Considerando a primeira metade da série histórica, houve 11 anos com desvios negativos e 10 anos com desvios positivos, após esse período ocorre o inverso, havendo 11 anos com desvios positivos e 10 anos com desvios negativos. Além disso, observa-se a ocorrência de um ano extremamente seco e um ano extremamente úmido, nos respectivos anos de 1981 e 1985, os valores variaram entre -5,75 e 4,39. Contemplando assim todas as classificações elaboradas por Araújo et al. (2009).

Não foi possível observar uma tendência no aumento ou diminuição de IAC, diante disto, a ocorrência de anomalias positivas foi igualmente as negativas, com diferenciação das suas intensidades. Minuzzi et al. (2007), também não identificaram uma relação ou comportamento tendencioso forte desses fenômenos com a pluviosidade na Região Sudeste, sobre tudo para a RNERJ.

5.14 Maranhão

Os anos secos e os anos chuvosos, durante o período de 1977 a 2018, para o Estado do Maranhão, puderam ser visualizados através da aplicação do IAC para os 12 postos analisados neste trabalho, tornando possível identificar os períodos onde esses eventos foram mais intensos e/ou duradouros (Figura 28). Em azul os valores positivos que representam os anos chuvosos ou úmidos e em vermelho os valores negativos, os anos secos. É possível visualizar, que para todo o período de 52 anos, houve 21 anos com desvios positivos e 21 anos com desvios negativos, os valores de IAC anual variaram entre -3,11 a 6,54. Diante disso, não

houve um aumento ou diminuição de anos secos e chuvosos no Estado, apenas a intensidades dos eventos que se distinguiram.

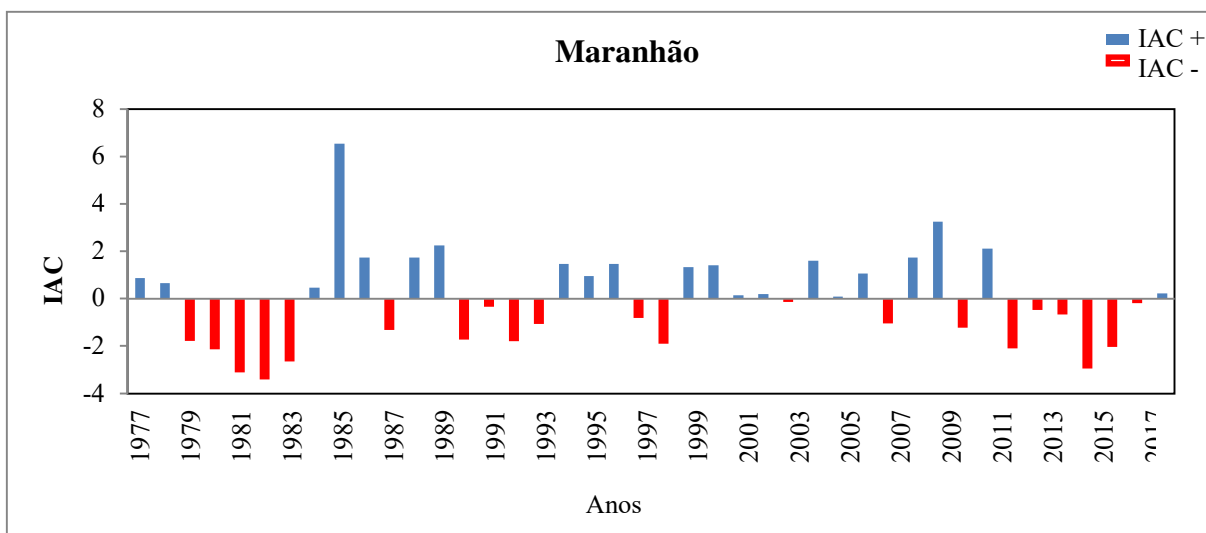


Figura 28 - Valores de IAC positivos e negativos, da série histórica de 1977 a 2018, para o Estado do Maranhão.

Analisando a primeira metade da série histórica até o ano de 1997, foram identificados 11 anos com desvios negativos e 10 anos com desvios positivos, após essa data, houve 11 anos com desvios positivos e 10 anos com desvios negativos, não sendo identificado um ponto de inversão na precipitação pluviométrica do Estado. Um fato que chama atenção é o intervalo de cinco anos secos e sendo período de seca mais severa ocorrendo entre 1979 a 1983, com quatro anos classificados como muito seco. O aumento de períodos secos entre esses anos deve-se a ocorrências de eventos de El Niño, já que no ano de 1979 e 1980 ocorreu um evento moderado de El Niño e nos anos seguintes foi registrado um evento forte de El Niño nos anos de 1982 e 1983. Souza et al. (2004) mostraram que a quantidade média de precipitação pluvial, em anos de ocorrência de eventos de El Niño na região de Rio Largo, foi reduzida, ou seja, esses anos apresentaram maior tendência para ocorrências de períodos secos.

Observou-se uma diminuição nas ocorrências de períodos secos, devido a ocorrência da fase fria do ENOS (La Niña) entre 1984 a 1986. Em 1985 ocorreu o maior índice de chuva do Estado do Maranhão, com IAC médio de 6,54, tal episódio pode ser justificado porque esse ano além de contar com o evento de La Niña ainda, segundo Souza et al. (1998) ocorria a influência positiva do Oceano Atlântico.

A perceptível alternância entre valores positivos e negativos do IAC para o Estado do Maranhão decorre da atribuição das influências exercidas por fenômenos que afetam a precipitação pluviométrica da região do Nordeste brasileiro, dentre elas estão os eventos anômalos no oceano Pacífico associados ao El Niño-Oscilação Sul (ENSOS).

Para o Estado do Ceará, Costa e Da Silva (2017) verificaram uma associação entre eventos de ATSM de mesma fase no Oceano Pacífico ocasionou a maximização dos eventos de precipitação irregular no Ceará. No Oceano Atlântico as ATSM também influenciaram dependendo de sua fase no aumento ou diminuição do IAC no estado.

Nascimento et al. (2017) mostraram ainda que as maiores incidências de eventos de secas ocorreram no sul e as maiores de chuvas foram registradas no norte do estado do Maranhão. A maioria dos casos de eventos extremos secos/chuvosos ocorreram em anos de El Niño/La Niña, especialmente na região Norte.

6 CONCLUSÃO

Existe um gradiente de precipitação pluviométrica do continente em sentido ao oceano Atlântico, expondo que há distinções climáticas entre as regiões. Os municípios de Turiaçu e São Luís ambos localizados na Mesorregião Norte Maranhense, obtiveram as maiores médias anuais da série histórica, estando relacionadas ao deslocamento norte-sul da ZCIT sobre o Atlântico e a sua proximidade com o oceano.

Alto Parnaíba localizado na Mesorregião Sul Maranhense foi à cidade que apresentou maior quantidade de eventos negativos com ocorrência de 27 anos secos.

Todos os municípios analisados neste trabalho apresentaram o ano de 1985 como extremamente úmido.

Nos anos com ocorrência do El Niño, favoreceu a incidência de seca no Estado, apresentando IAC negativo.

7 REFERÊNCIAS

- ACEITUNO, P.. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector: Part I. surface climate. **Monthly Weather Review**, v.166, p.505–524. 1988
- ALVES, J. de O., PEREIRA, P. de C., QUEIROZ, M. G. de., THIERES, G. F. da S., FERREIRA, J. M. da S., ARAÚJO, J. G. do N. Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do Estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, v,14, p. 7-47. 2016
- ALVES, J.M.B.; REPELLI, C. A. As chuvas na bacia Amazônica e temperatura dos oceanos adjacentes. In: VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia. **Anais Belo Horizonte**, v. 2, p. 114-118, 1992.
- ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. Tropical Pacific and South Atlantic effects on rainfall variability over Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 26, p. 1895- 1912, 2006.
- ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise Climática da Bacia do Rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p.508- 523, 2009.
- ARAUJO, L. E.; SILVA, D. F; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Bacia do Rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2007.
- AZEVEDO, P.V., B.B. DA SILVA E M.F.G. RODRIGUES. Previsão Estatística das Chuvas de Outono no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, no. 1, p. 19-30. 1998.
- BALMEET, M.; VISCHER, T.; LEBEL, T.; PEUGEOT, C.; GALLE, S. Assessing the water balance in the Sahel: Impact of small scale rainfall variability on runoff. Part 1: Rain fall variability analysis. **Journal of Hydrology**, v.33, p.336-348, 2006.
- BARROS, S.S.; OYAMA, M.D. Sistemas Meteorológicos Associados à Ocorrência de Precipitação no Centro de Lançamento de Alcântara. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, p. 333-344, 2010.
- Borsato, V. A. A Dinâmica Atmosférica no Centro-Sul do Brasil no Verão e as Influências do El Niño Oscilação Sul (ENOS). **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume 22, p. 135-157. 2011.
- BRUNETTIA, M.; MAUGERIB, M.; NANNIA, T. Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in northeastern Italy. **International Journal of Climatology**, v.21, n.1, p.861-871, 2001.
- CARVALHO, L.; JONES, C.; LIEBMAN B. The South Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence, and relationship with intraseasonal to interannual Activity and Extreme Rainfall. **Journal of Climate**, v.17, p. 88-108, 2004.

CARVALHO, A. L.; Souza, J. L.; Lyra, G. B.; Porfirio, A. C. S.; Ferreira Junior R. A. Ocorrência de períodos secos na região de Rio Largo, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v 28, n.2,p.173-180, 2013.

COSTA, J. A.; DA SILVA, D. F. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 04, p. 1002- 1013, 2017.

COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. M.; GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1321-1334, 2015.

CHECI, L.; SANCHES, F. O; O uso do índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação do fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.06, n.06, p. 1586-1597, 2013

DA SILVA, D.F.; ARAÚJO, L.E.; KAYANO, M.T.; SOUSA, F.A.S. Avaliação dos impactos da variabilidade climática na distribuição pluviométrica da bacia do rio Mundaúatravés do IAC. **II Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos**. (no prelo). 2007.

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

DA SILVA, D. F.; KAYANO, M. T.; SOUSA, F. A. S.; ARAÚJO, L. E. Análise da Variabilidade Espaço-Temporal da precipitação na Bacia hidrográfica do rio Mundaú usando IAC. UNOPAR Científica. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 7, p. 12-29. 2009.

DA SILVA, D. F.; COSTA, I. M.; MATEUS, A. E.; SOUSA, A. B. Previsão Climática e de Ciclos Climáticos para o Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 959-977. 2013.

DA SILVA, D. F.; SOUSA, A. B.; MAIA, L. M.; RUFINO, L. L. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia**. v. 29, p. 30-34. 2012.

DA SILVA, D. F.; KAYANO, M. T.; SOUSA, F. A. S.; ARAÚJO, L. E. Análise da Variabilidade Espaço-Temporal da precipitação na Bacia hidrográfica do rio Mundaú usando IAC. **UNOPAR Científica**. Ciências Exatas e Tecnológicas, V.7, P. 12-29. 2009

FERREIRA R. N.; CHAO W. C. Aqua-planet simulations of the formation of the South Atlantic convergence zone. **International Journal of Climatology**. v. 33, p. 615-628, 2012.

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semiáridas. **Revista Tecnologia**, v.suplem, p.84-95, 2005.

FREITAS, M. A. S. **A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil**. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, Cacier, Puerto Iguazú, 1-11.2004.

GAN, M. A.; KOUSKY, V.E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, p. 19-28, 1986.

GONÇALVES, W. A.; CORREIA, M. F.; ARAÚJO, L. E.; SILVA, D.F.; ARAÚJO, H. A. Vulnerabilidade Climática do Nordeste Brasileiro: Uma análise de eventos extremos na Zona Semi-árida da bacia hidrográfica do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, 2006, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, 2006.

GRIMM, A.M.; BARROS, V.R.; DOYLE, M.E.. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.13, p. 35-58. 2000.

GRIMM, A.M.. How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil? **Climate Dynamics**, v. 22, p.123-138. 2004.

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

YOON, J.-H.; ZENG, N. An Atlantic influence on Amazon rainfall. *Climate Dynamics* 34: 249-264. DOI 10.1007/s00382-009-0551-6. 2010.

Y OPERACIÓN DE EMBALSES, Puerto Iguazú. **Anais...** Puerto Iguazú: CACIER, p. 1-1, 2004.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html>. Acesso em: 13 abri. 2020.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia: **Tempo e Clima**. Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/curiosidade/tempo_clima.html >. Acesso em: 12/07/2020.

KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R.V.; SOUZA, R.A.F. Evolving anomalous SST patterns leading to ENSO extremes: relations between the tropical Pacific and Atlantic Oceans and the influence on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v.31, p. 1119-1134. 2011

KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T.; CAVALCANTI, I. F. A. A review of the southern oscillation oceanic atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus**, v. 36, p. 490-504, 1984.

LYRA, G. B.; JÚNIOR, J. F. O.; ZERI, M. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. **International Journal of Climatology**. v. 34, 2014.

LUCENA, D.B.; MEDEIROS, R.M.; SABOYA, L.M.F.; NASCIMENTO, P.L. Aptidão e zoneamento agroclimático da palma forrageira para o Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n.4, p. 809-819, 2016.

MARANHÃO – GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. Gerência de Planejamento de Desenvolvimento Econômico – GEPLAN. Atlas do Maranhão. São Luís. Universidade Estadual do Maranhão.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. **Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.16, n.4, p.157-167, 2011.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Índice de Anomalia de Chuvas do Estado do Tocantins. **Geoambiente on-line**, v. 19, p. 55-71. 2012.

MAUGET, S.U.M. 1965. Índice Padronizado de Precipitação (SPI); C. **Springer Science**.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, v. 8, 2007.

MATOS, R.M.; MEDEIROS, R.M.; FRANCISCO, P.R.M; SILVA, P.F.; SANTOS, D. **Caracterização e aptidão climática de culturas para o município de Alhandra-PB, Brasil**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.9, n.3, p.183-192, 2015.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS R.C: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. Bull. Amer. **Meteor. Soc.**v. 78, p. 1069-1079, 1997.

MENEZES, R.H.N. **Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do Estado do Maranhão, Brasil**. Tese (Doutorado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 168p. 2009.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. v. 1. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, J. M. N.; VIANELLO, R. L. Influência da La Niña na estação chuvosa da Região Sudeste. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n. 3 p.345-353, 2007.

MODARRES, R; SILVA, V.P.R. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. **Journal of Arid Environments**, v.70, n.1, p.344-355, 2007.

MOLION, L.C.B. , BERNARDO, S.O. Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Rio de Janeiro (RJ), p.1334- 1342, 2000.

MOLION, L. C. B; BERNARDO, S, O; Uma revisão dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.1, p. 1-10, 2002.

NASCIMENTO, F. C. A. **Padrões climáticos associados à periodicidade de eventos extremos de precipitação no estado do Maranhão**. 2014. 92f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

NASCIMENTO, F. A.; BRAGA, C. C.; ARAÚJO, F. R. C. D.; COSTA, E. V. S.; Caracterização de eventos secos e chuvosos na microrregião de Imperatriz-MA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 02, p.325-333, 2015.

NASCIMENTO, F. A.; BRAGA, C. C.; ARAÚJO, F. R. C. D.; COSTA, E. V. S.; Análise Estatística dos Eventos Secos e Chuvosos de Precipitação do Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 03, p. 375-386, 2017.

NIMER, E. B.; MARIA, A. P.M. **Balanco hídrico e clima da região dos Cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NUGEO, Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão, Laboratório de Meteorologia, Disponível em: <http://www.nugeo.uema.br/?page_id=81>. Acesso em: 12 mai. 2020.

PASSOS, M.L.V.; Zambryzycki, G.C.; Pereira,R.S. Balanco hídrico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10,n.4,p.758-766, 2017b.

PASSOS, M.L.V.; Zambryzycki, G.C.; Pereira,R.S. Balanco hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10,n.4,p.758-766,2016.

PASSOS, M.L.V. **Precipitação pluviométrica mensal e anual provável para o município de turiaçu-MA**. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em engenharia agrícola) – Universidade Federal do Maranhão. Chapadinha, 2019.

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; ROCHA, R.P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, p. 185-204, 2010.

REGO, THALYTA LOPES; BARROS, JULIANA RAMALHO. **Eventos extremos de precipitação e sistemas atmosféricos em Goiânia - GO**. ANAIS DO X SIMPÓSIO BRASILEIROS DECLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. IBSN: 978-85-7846-278-9, p. 250 – 259, Curitiba - Paraná, 2014.

ROOY, M. P.; VAN. A. RainfallAnomaly Index Independentof Time and Space, **Notes**, v. 14, p. 1- 43, 1965.

ROSSATO. M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul**: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. **O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/Rs (1928-2009)**. Caminhos de Geografia, v. 15, n. 51, p. 73–84, 2014.

SELESHI, Y.; ZANKE, U. Recentchanges in rainfallandrainydays in Ethiopia. **International Journal of Climatology**, v.24, n.8, p.973-983, 2004.

SILVA, A.B.P. **Estudo de dois casos extremos de precipitação sobre a costa leste do Nordeste do Brasil**. Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT). Maceió/AL, UFALMS/004. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), 2002.

SILVA, F. A. S.; RAO, T. V. R. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 453-459, 2002.

SILVA, V. de P. R. da; BELO FILHO, A. F.; SILVA, B. B. da; CAMPOS, J. H. B. C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa de evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 547-553, 2005.

SILVA, V.P.R. Onclimatevariability in NortheastofBrazil. **Journal of Arid Environments**, v.58, n.1, p.574-596, 2004.

SILVA, V.P.R.; CAVALCANTI, E.P.; NASCIMENTO, M.G.; CAMPOS, J.H.B.C. Análises da precipitação pluvial no Estado da Paraíba com base na teoria da entropia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.269-274, 2003.

SILVA, E. S.; ZAVISLAK, F.D.; DALLACORT, R.; CARVALHO, M. A. C.; ARAUJO, D. V Distribuição de probabilidade de chuva no município de Sapazel, MT. Enciclopédia Biosfera, v.9, n.17, p.1112, 2013.

SOUSA, A. B.; Da Silva, D. F. **Causas Climáticas da variabilidade pluviométrica e tendências climáticas na bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe**. Caminhos de Geografia 14,101107.2013

SOUSA, S.B. de. **Caracterização climatológica da zona costeira do Maranhão**. São Luís: SEMA/GERCO, 1993. 40p.

SOUZA, J. L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R. F. F; TEODORO, I.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. L.; SILVA, P. R. T.; CARDIM, A. H.; AMORIN, E. C. Análise da Precipitação Pluvial e Temperatura do Ar na Região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, Período 1972 – 2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.1, p.131 – 141. 2004.

SOUZA P.; CAVALCANTI, I. F. A. Atmospheric centre softaction associated with the Atlantic ITCZ position. **International Journalof Climatology**. v. 29, p. 2091–2105, 2009.

SOUSA, A. B.; DA SILVA, D. F.. Causas Climáticas da variabilidade pluviométrica e tendências climáticas na bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe. **Caminhos de Geografia**, v.14, p.101- 107. 2013

SOUZA, E. B.; BRABO A, J. M.; NOBRE, P. Anomalias de precipitação nos setores Norte e Leste do Nordeste brasileiro em associação aos eventos do padrão de Dipolo observados na Bacia do Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.13, p. 45-55, 1998

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B.; REPELLI, M. A. Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico na Estação Chuvosa do Semi-Árido Nordestino. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n. 2, p. 277-283, 1998.

STRANG, D. M. G. **Análise climatológica da pluviometria do Nordeste brasileiro**. Relatório SUDENE. Mapas Temáticos do Atlas IAE - M - 02 1 72, Centro Técnico Aeroespacial. Climatológico do Estado do Ceará. SUDEC, São José dos Campos-SP, 29p., 1972.

STUDZINSKI, C. **Um estudo da precipitação na região Sul do Brasil e a sua relação com os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical Sul**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP. 99 f. 1995.

UVO, C.R. B. E R. BERNDTSSON. Regionalization and Spatial Properties of Ceará State Rainfall in Northeast Brazil. J. Geoph. Res., vol. 101, no. D2, 4221-4233. 1996.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; LYRA, G. B.; GÓIS, G.; BRITO, T. T.; MOURA, N. S. H. Análise de Homogeneidade de Séries Pluviométricas para Determinação do Índice de Seca IPP no Estado de Alagoas. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1; p. 101-112, 2012.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e Você - o fenômeno climático**. Editora Transtec, São José dos Campos. 2001.

ZANETTI, S.S.; OLIVEIRA, V.P.S.; PRUSKI, F.F. Validação do modelo Clima BR em relação ao número de dias chuvosos e à precipitação total diária. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.96-102, 2006.

Walker, G.T. Ceará (Brazil) faminesandthe general airmovement. BeitragezurPhysik der freien Atmosphere v. 14, p. 88-93. . 1928.