



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS - IFCHS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGGEO
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

Reumally Nunes de Oliveira

A Variabilidade da Chuva na Amazônia Central: El Niño e La Niña.

Manaus – AM
2019

REUMALLY NUNES DE OLIVEIRA

A variabilidade da Chuva na Amazônia Central: El Niño e La Niña.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia, com área de concentração Domínios da Natureza na Amazônia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Jaci Maria Bilhalva Saraiva

Manaus – AM

2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Oliveira, Reumally Nunes de
A Variabilidade da Chuva na Amazônia Central: El Niño e La Niña. / Reumally Nunes de Oliveira. 2019
117 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Jaci Maria Bilhalva Saraiva
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Precipitação. 2. Enos. 3. Região Central do Amazonas. 4. Trmm. 5. Tefé. I. Saraiva, Jaci Maria Bilhalva II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

A minha mãe Maria Lúcia Nunes Maiorga e toda minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo fortalecido nos momentos que pensei em desistir.

À família pelo incentivo em todas as minhas decisões em especial minha esposa Leiliane Sousa de Oliveira e meus filhos Reumally Nunes de Oliveira Filho e Reumally Noah Sousa de Oliveira.

À Professora Doutora Jaci Maria Bilhalva Saraiva, pela orientação, conselhos, e discussões na pesquisa, fazendo-me enriquecer como profissional.

Ao Professor Deivison Molinari que possibilitou a conclusão do estágio e pelo incentivo a prosseguir o estudo.

À Professora Doutora Natacha Cintia Regina Aleixo pelas contribuições durante as disciplinas obrigatórias e os seminários bem como a oportunidade de participar como aluno ouvinte na Disciplina Climatologia do Amazonas. Enfim, pelo incentivo para prosseguir durante a pesquisa.

À Universidade Federal do Amazonas – UFAM, por ter me acolhido no programa de Pós-graduação, contribuindo para minha formação como profissional e como pessoa.

Estendo meus agradecimentos a todos os professores do Programa de Pós-graduação de Geografia da UFAM e todos os demais que tive oportunidade de conhecer e que sem dúvida contribuirão para minha formação profissional.

A Gestora Menade Bulcão de Lima pelo incentivo e a oportunidade outorgada.

Ao órgão financiador dessa pesquisa Capes que foi fundamental para conclusão a.

À secretária do Mestrado em Geografia, Maria das Graças Luzeiro, pela atenção, carinho e dedicação que sempre prestou a todos os alunos do Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Ao Marcio Segundo, Ivan Saraiva Meteorologista do Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM que sempre que consultado, estavam dispostos a colaborar nas análises estatísticas e reflexões deste trabalho. Aos demais funcionários do setor de Meteorologia do SIPAM, em nome do chefe Sr. Ricardo Dallarosa, meus agradecimentos.

Para não ficar em falta com nobres pessoas, meus agradecimentos a todos e a todas que direta ou indiretamente estão colaborando durante o início e durante todo o percurso da pesquisa.

Resumo

A precipitação pluviométrica é considerada uma variável discreta, pois pode ocorrer em uma área em pequeno ou grande volume, e não ocorrer nas vizinhanças. O número de observações de variáveis atmosféricas ainda é muito baixo na região amazônica, com grandes vazios de informações. A presente pesquisa tem por objetivo estudar a variabilidade da precipitação na Região Central do Amazonas, identificando se seus impactos na região são maiores em os períodos de eventos El Niño ou de La Niña. Como metodologia da pesquisa serão utilizados os dados de precipitação estimada obtidos com o satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) que tem uma resolução espacial de aproximadamente 27 km e dados observado na estação meteorológica de superfície convencional localizado na cidade de Tefé, foi organizado uma série histórica dos dados no período de 1998 a 2016. Os dados estimados e observado apresentam uma boa correlação, observando a variabilidade anual da ZCIT e da chuva na região. A espacialização dos dados conseguiu reproduzir a assinatura da variabilidade mensal e anual da chuva na Região Central do Amazonas, e em anos de ENOS, observamos resultados diferentes dos encontrados nos trabalhos clássicos que espera-se déficit de precipitação no El Niño e excesso de precipitação na La Niña, encontramos anos que o evento influenciou a chuva local, Entretanto ocorreram anos que a precipitação local foi negativa e a região foi impactada pela precipitação positiva que aconteceu a montante da região em estudo, causando impactos sociais na vida das pessoas.

Palavras-chave: Precipitação. Enos. Região Central do Amazonas. Trmm. Tefé.

Abstract

Rainfall is considered a discrete variable, as it can occur in an area in small or large volume, and does not occur in the vicinity. The number of observations of atmospheric variables is still very low in the Amazon region, with large information gaps. The present study aims to study the precipitation variability in the Central Region of Amazonas, identifying if its impacts in the region are greater in the periods of El Niño or La Niña events. The methodology of the research will be used the estimated rainfall data obtained with the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite that has a spatial resolution of approximately 27 km and data observed in the conventional surface meteorological station located in the city of Tefé, a series of the data from 1998 to 2016. The estimated and observed data show a good correlation, observing the annual variability of the ITCZ and rainfall in the region. The data spatialization was able to reproduce the signature of the monthly and annual rainfall variability in the Central Region of Amazonas, and in years of ENSO, we observed results different from those found in the classic studies that expected precipitation deficit in El Niño and excess precipitation in the It has been years since the local precipitation was negative and the region was impacted by the positive precipitation that occurred upstream of the study region, causing social impacts on people's lives.

Keywords: Precipitation. Enos. Central Region of Amazonas. Trmm. Tefé.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB – Alta da Bolívia

cbs - cumulonimbus

CGA – Circulação Geral da Atmosfera

CDC – Climatic Data Center

CLIVAR – Climate Variability and Predictability

CIRES – Cooperative Institute for Research in Environment Sciences

COLA – Center Ocean Land and Atmosphere

CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos

ENOS – El Niño-Oscilação Sul

EN – El Niño

LN – La Niña

GOES – Geostationary Operational Environmental Satellite

HN – Hemisfério Norte

HS _Hemisfério Sul

hPa – Hectopascal

HS – Hemisfério Sul

IAG – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

IOS – Índice de Oscilação Sul

ION _ Índice Niño Oceânico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

JAXA –Japan Aerospace Exploration Agency

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

LIC – Linha de Instabilidade Costeira

LIP – Linha de Instabilidade que se propaga

LIs – Linhas de Instabilidades

mm – Milímetros

PNM – Pressão ao Nível médio do Mar

ROL – Radiação de Onda Longa

SFs – Sistemas Frontais

TRMM – Tropical Rainfall Measuring Mission Americano

TMG – Tempo Médio de Greenwich

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

USP – Universidade de São Paulo

ZCA – Zona de confluência dos Alísios

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

Lista de figuras

Figura 01: Circulação Geral da Atmosfera.....	19
Figura 02: Regiões do Oceano Pacífico Equatorial de monitoramento da (TSM).	23
Figura 03: Índice Oceânico Niño.	24
Figura 04: Condições de Neutral.	27
Figura 05: Condições de El Niño.	28
Figura 06: Condições de La Niña.	29
Figura 07: Ilustração das condições da atmosfera em anos normais dos ventos.....	29
Figura 08: Esquema do dipolo positivo e negativo.	30
Figura 09: Zona de Convergência Intertropical.....	33
Figura 10: Localização dos Anticiclones Subtropicais: (a) janeiro, (b) julho.	35
Figura 11: Alta da Bolívia.....	36
Figura 12: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).....	38
Figura 13: Configurações de cada banda latitudinal ZCAS e SFs.....	38
Figura 14: Aplicação Interpretativa do sistema.	41
Figura 15: Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).	43
Figura 16: Sensores do Satélite TRMM.....	44
Figura 17: Plataforma Giovanni.	45
Figura 18: Mapa de localização da área de estudo.	52
Figura 19: Média Mensais.	61
Figura 20: Média Mensal.	63
Figura 21: Anomalia de Precipitação ano de 1998.	66
Figura 22: Anomalia de Precipitação ano de 2015.	67
Figura 23: Anomalia de Precipitação ano de 2016.	68
Figura 24: Anomalia de Precipitação ano de 2002.	69
Figura 25: Anomalia de Precipitação ano de 2009.	70
Figura 26: Anomalia de Precipitação ano de 2010.	71
Figura 27: Anomalia de Precipitação ano de 2003.	72
Figura 28: Anomalia de Precipitação ano de 2004.	73
Figura 29: Anomalia de Precipitação ano de 2005.	73
Figura 30: Anomalia de Precipitação ano de 2006.	74
Figura 31: Anomalia de Precipitação ano de 2007.	75
Figura 32: Anomalia de Precipitação ano de 2014.	76
Figura 33: Anomalia de Precipitação ano de 2010.	77
Figura 34: Anomalia de Precipitação ano de 1998.	78
Figura 35: Anomalia de Precipitação ano de 1999.	79
Figura 36: Anomalia de Precipitação ano de 2007.	80
Figura 37: Anomalia de Precipitação ano de 2008.	81
Figura 38: Anomalia de Precipitação ano de 2011.	82

Figura 39: Anomalia de Precipitação ano de 2000.....	83
Figura 40: Anomalia de Precipitação ano de 2001.....	84
Figura 41: Anomalia de Precipitação ano de 2005.....	85
Figura 42: Anomalia de Precipitação ano de 2006.....	86
Figura 43: Anomalia de Precipitação ano de 2009.....	87
Figura 44: Anomalia de Precipitação ano de 2012.....	88
Figura 45: Anomalia de Precipitação ano de 2016.....	89
Figura 46: Anomalia Normalizada Anual de Precipitação, 1998 (figura 46a), 1999 (figura 46b), 2000 (figura 46c), 2001 (figura 46d).....	91
Figura 47: Anomalia Normalizada Anual de Precipitação, 2002(figura 47a), 2003 (figura 47b), 2004 (figura 47c), 2005 (figura 47d).....	94
Figura 48: Anomalia Normalizada Anual de Precipitação, 2006(figura 48a), 2007 (figura 48b), 2008 (figura 48c), 2009 (figura 48d).....	96
Figura 49: Anomalia Normalizada Anual de Precipitação, 2010 (figura 49a), 2011 (figura 49b), 2012 (figura 49c), 2013 (figura 49d).....	98
Figura 50: Anomalia Normalizada Anual de Precipitação, 2014 (figura 50a), 2015 (figura 50b), 2016 (figura 50c).....	101
Figura 51: Seca na Cidade de Tefé 2010.....	102
Figura 52: Igarapé Xidarini.....	103
Figura 53: Seca em Uarini.....	104
Figura 54: Anomalia positiva na porção Oriental impactos nas cidades.....	105
Figura 55: Anomalia positiva na porção Oriental impactos na cidade de Uarini.....	105
Figura 56: Anomalia positiva na porção Oriental impactos na cidade de Uarini.....	106

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Média dos meses da Série histórica 1998-2016.....	58
Gráfico 2: Coeficiente de determinação (r^2) e correlação de Pearson (r).....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação dos eventos El Niño e La Niña.....	25
Quadro 2: Classificação da Anomalia Normalizada.....	49
Quadro 3: Classificação e intensidade com base Índice Oceânico Niño.....	65

Sumário

INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 1- REVISÃO DE LITERATURA	18
1.1.1 Circulação Geral da Atmosfera	18
1.1.2 Célula de Hadley	18
1.1.3 Célula de Walker	20
1.2.1 Oscilação Sul.....	21
1.2.2 ENOS	21
1.2.3 El Niño.....	23
1.2.4 La Niña	25
1.3.1 Célula de Walker e ENOS	26
1.3.2 Condições Neutral do Oceano Pacífico Equatorial.....	26
1.3.3 Em eventos de El Niño	27
1.3.4 Em eventos de La Niña	28
1.3.5 Dipolo do Atlântico	29
1.4.2 Zona de Convergência Intertropical	33
1.4.3 Anticiclones subtropicais	34
1.4.4 Alta da Bolívia.....	36
1.4.5 Zona de Convergência do Atlântico Sul	37
CAPÍTULO 2- METODOLOGIA	39
2.1.1 Método da Pesquisa	39
2.1.2 Dados Utilizados	42
2.1.3 Dados Estimados	42
2.1.4 Obtenção de dados observados.....	45
2.1.5 Programas Utilizados	46
2.1.6 GrADS.....	47
2.1.7 Planilha Excel.....	48
2.1.8 Fórmulas dos cálculos da média e anomalia	48
CAPÍTULO 3 ÁREA DE ESTUDO	51
3.1.1 Localização Geográfica	51
3.1.2 Contextos das cidades na Amazônia	52
3.1.3 A região do Médio Solimões	53
3.1.4 A Centralidade da Cidade de Tefé.....	54
3.1.5 Tefé.....	55

3.1.6 Alvarães.....	56
3.1.7 Uarini.. ..	57
CAPÍTULO 4 _ RESULTADOS	57
4.1.1 Validação dos dados de precipitação	57
4.1.2 Comparação da Média do TRMM com EMS de Tefé	58
4.1.3 Análise do coeficiente de determinação (r^2) e correlação (r).....	59
4.1.4 Espacialização da Precipitação no período de 1998-2016	60
4.2.1 Análise das anomalias El Niño e La Niña	64
4.2.2 Anomalia negativa El Niño Muito Forte	65
4.2.3 Anomalia Negativa El Niño moderado	68
4.2.4 Anomalia negativa El Niño Fraco.....	71
4.3.1 Anomalia Positiva La Niña Forte	76
4.3.2 Anomalia Positiva La Niña Moderada	77
4.3.3 Anomalia Positiva La Niña Fraca	83
4.4.1 Anomalias Normalizada de Precipitação	90
4.5.1 Impactos dos Eventos de El Niño na Região Central do Amazonas	102
Conclusões	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira apresenta características morfoclimáticas e fisiografias distintas, desta forma a pesquisa atende um caráter científico e didático pelo fato que muitas das pesquisas na região amazônica dividem-na em Amazônia ocidental e oriental, regionalização baseada em critérios econômicos. Os estudos, muitas das vezes apresentam essas extensas regiões, que possuem características físicas diferentes e com arranjos sociais distintos como sendo homogêneas.

Outro fator relevante, é o fato que muitas pesquisas realizadas na região da Amazônia muitas das vezes são realizadas por pesquisadores de outras regiões do Brasil, inclusive de outros países.

Desta forma, as pesquisas não revelam a particularidade do lugar, o conhecimento sobre o lugar se torna limitando as análises mais gerais e meteorológicas, carecendo de uma interpretação mais robusta sobre a o homem que ali habita e o impacto do clima em sua vida.

No cerne das pesquisas realizadas na Amazônia muitas delas procuram analisar os fatores: latitude, longitude, continentalidade, relevo, maritimidade, bem como os elementos climáticos radiação, temperatura do ar, pressão atmosférica, vento, precipitação isolados ou suas relações no campo químico, físico e meteorológico, deixando uma análise do homem sempre no segundo plano. Entretanto, ocorreu uma mudança nos últimos anos na climatologia propondo uma emergência de uma análise social, principalmente devido ao desenvolvimento de preocupações de cunho ambiental ligadas ao clima.

Portanto, o estado do Amazonas tem características do ponto de vista social e climático que deve ser compreendido. Neste sentido a proposta da pesquisa buscou compreender a Região central do estado do Amazonas, que corresponde a região do médio Solimões.

O estudo nessa Região da Amazônia tem como objetivo geral analisar o impacto da precipitação na Região central do estado do Amazonas e o comportamento da mesma em anos de El Niño e La Niña e os impactos sociais. Utilizou-se dados do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), para espacialização da chuva na área de estudo, haja vista que a região Norte possui uma rede incipiente de estações.

Na busca de alcançar o propósito da pesquisa seguiu -se os seguintes objetivos específicos elencados abaixo:

Montar uma série histórica para o período de (1998-2016) dos dados de precipitação medidos na estação meteorológica de superfície da cidade de Tefé.

Montar uma série histórica dos dados estimados pelo satélite TRMM.

Comparar a série histórica dos dados observados no 1998 a 2016 com os dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para avaliar a acurácia dos dados.

Caracterizar a distribuição sazonal, anual e mensal da precipitação para a região a partir dos dados de precipitação estimada pelo satélite TRMM.

Identificar quais são os impactos sociais causado pela precipitação em anos de eventos de El Niño e de La Niña.

Para sistematizar organizar a pesquisa e alcançar os objetivos propostos foram expostos quatro capítulos.

O Capítulo I, está relacionado a fundamentação teórica, com a revisão de literatura sobre Oscilação Sul, e os ENOS El Niño e La Niña, apresentamos uma revisão bibliográfica dos autores que trabalham na perspectiva de entender os impactos desses fenômenos de resfriamento (aquecimento) La Niña e El Niño no Clima do Brasil e da Amazônia. Apresentamos uma revisão de literatura dos principais autores que pesquisam o Sistema Climático da Amazônia, no intuito de entender os mecanismos físicos que atuam na região. Salienta-se que a pesquisa bibliográfica feita em dissertações, artigos científicos e livros buscaram dar a sustentação metodológica e teórica do mesmo modo, conhecer as diferentes pesquisas realizadas na região com auxílio de ferramentas como software e satélites de alta tecnologia que propiciam uma melhor compreensão dos sistemas precipitantes na Amazônia.

O Capítulo II, apresenta-se os procedimentos metodológicos adotados para obtenção dos dados, bem como o método empregado na interpretação dos dados.

Ademais, o Capítulo III, apresenta a descrição da área de estudo, com ênfase em suas particularidades inerentes a região, com uma análise geral das três cidades que compõem a região central do Amazonas, além dos discursos do ponto de vista das funções das cidades com foco a cidade de Tefé.

No Capítulo IV, mostra a análise dos dados obtidos e os possíveis resultados alcançados durante a pesquisa, apresenta-se as recomendações para futuras pesquisas.

CAPÍTULO 1- REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1 Circulação Geral da Atmosfera

A Circulação Geral da atmosfera (CGA) é um sistema de correntes de ar de macro escala que realiza trocas horizontais e verticais entre as massas de ar sobre a Terra, originadas de fatores astronômicos e geofísicos (SOUZA, 2009).

A circulação geral da atmosfera, na região tropical é caracterizada pelo cinturão persistente de ventos de leste e, em latitudes temperadas predomina os de ventos de oeste. Esses ventos são responsáveis de transferir calor de regiões de baixa pressão (equatorial) para regiões de alta pressão (extratropicais). A Circulação Atmosférica geralmente é categorizada em três níveis:

Circulação Primária: compondo a circulação Global geral, Secundária: compõem os sistemas de alta e baixa pressão migratório e Terciária: inclui os ventos locais e padrões dos eventos meteorológicos.

Por tanto, os ventos que se deslocam de norte ou de sul ao longo dos meridianos são chamados de fluxos meridionais, e os de leste para oeste são conhecidos com fluxos zonais. A compressão para entender seus deslocamentos está diretamente ligada com a pressão atmosférica, a pressão do ar é um produto da temperatura e densidade da massa de ar.

Desta forma, o movimento dos ventos é influenciado pelo gradiente de pressão, uma vez que áreas de baixa ou alta pressão estão presente no globo devido ao aquecimento desigual, portanto o ar frio e denso nas regiões polares exerce maior pressão do que o ar quente e menos denso ao longo da região equatorial. Essas diferenças que estabelecem a força do gradiente de pressão.

1.1.2 Célula de Hadley

Em 1735, George Hadley descobriu a existência de duas grandes células de circulação meridional em ambos os hemisférios, explicando os ventos alísios, observados na superfície na zona dos trópicos. O pesquisador explicou a atuação dos ventos alísios que atuam entre as áreas centrais dos anticiclones subtropicais de ambos hemisférios, com posição média em aproximadamente 30° Norte e 30° Sul, essa dinâmica dos ventos alísios abrange, portanto, grande parte da superfície terrestre,

sendo de vital importância em termos da circulação geral da atmosfera e das trocas de energia no planeta. Segundo Uvo (1989), a uma área de confluência dos alísios sendo caracterizada por movimento convergente (ascendente) em baixos, e por movimento divergente (subsidente) em altos níveis, vale lembrar que por ocorrer transporte de calor latente gera uma faixa de nebulosidade na região do equador térmico, essa faixa é chamada de Zona de convergência Intertropical ZCIT, esse sistema é caracterizado por modular as precipitações no Norte e no Nordeste do Brasil, (figura 01).

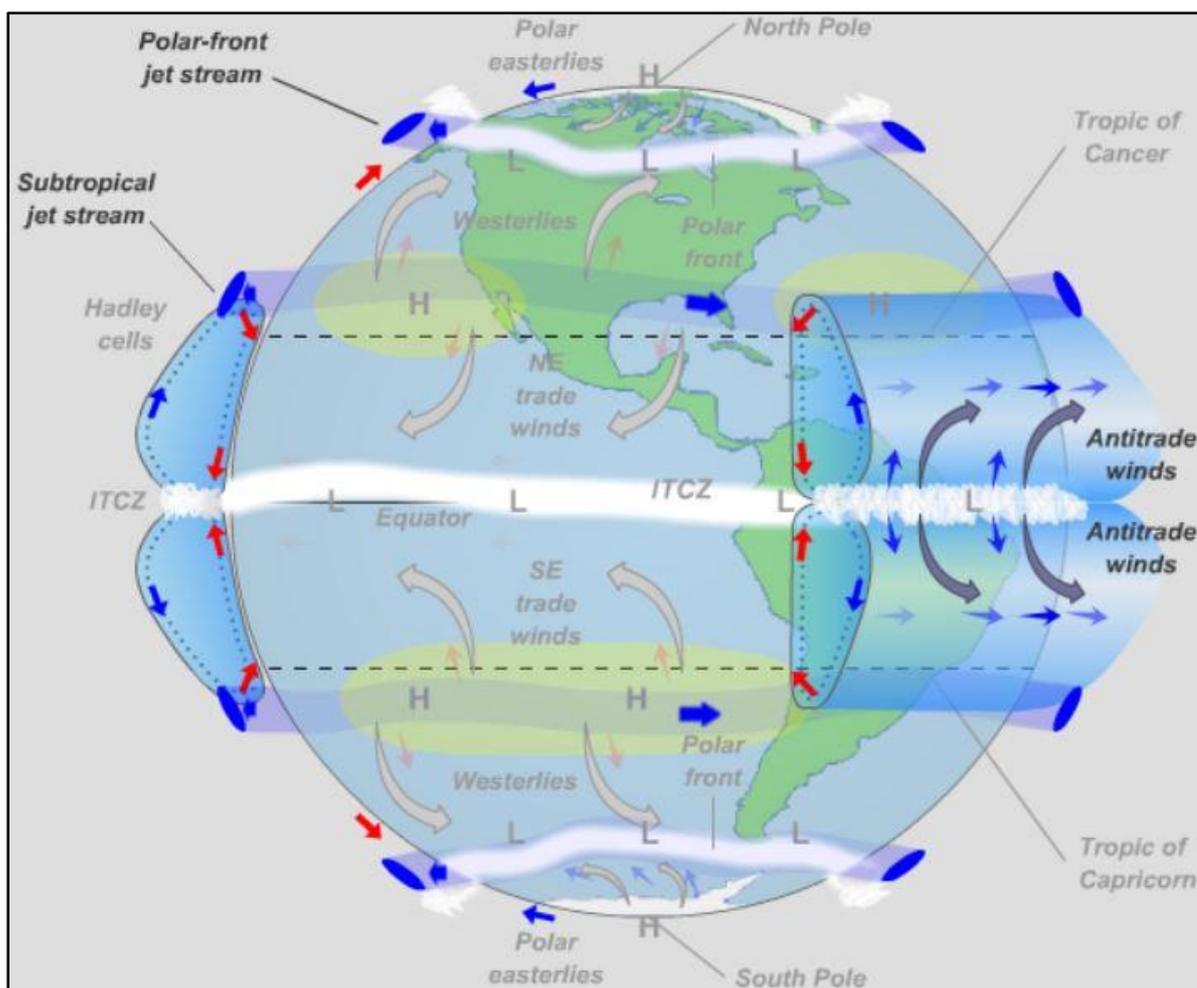


Figura 01: Circulação Geral da Atmosfera.

Fonte: (CHRISTOPHERSON, 2012), adaptado por Reumally Oliveira.

No cerne da circulação geral é importante apontar o movimento da força de coriolis, que faz com que o vento que se desloca em linha reta sofra uma deflexão em relação ao movimento de rotação da Terra, desta forma a força de coriolis reflete o vento para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, sem a ação de coriolis os ventos se deslocariam em linha reta de áreas de altas para áreas de baixas pressão.

Ademais, há todos esses movimentos outra força gerada nessa dinâmica é a força de fricção, essa força é resultante do arrasto do vento gerado enquanto ele se movimenta na superfície da Terra, essa força diminui com a altitude. Sem a fricção os ventos simplesmente se deslocariam em linhas paralelas às áreas com mesmo gradiente de pressão (isóbaras) e a grande velocidade.

Em relação ao deslocamento meridional, onde os ventos se deslocam de 30° N e 30° S em direção ao equador caracterizando por uma área de convergência forçando o ar a elevar-se formando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) em altos níveis, esta zona é identificada por uma banda de nebulosidade que está associada a essa área de convergência dos alísios em baixos níveis. Essa dinâmica é apontada por Hastenrath, como sendo vital a transferência de energia das regiões tropicais para as extratropicais.

O balanço de energia cinética dos trópicos durante o inverno é caracterizado por uma larga produção e energia cinética associada com a Circulação de Hadley e exportação de energia para latitudes extratropicais, durante o verão, as taxas de geração e exportação de energia cinética são muito pequenas. Em termos mecânicos, a atmosfera tropical representa uma função vital na manutenção da circulação global. (HASTENRATH, 1985).

Vale ressaltar que em altos níveis o movimento dos ventos acontece de forma oposta de oeste para leste, sendo caracterizada por uma área de alta pressão com movimento divergente e de subsidência nas altas latitudes, essa dinâmica de transportar energia de regiões tropicais para regiões extratropicais, foi observado pelo meteorologista Inglês George Hadley (1685-1768). O pesquisador descreve a dinâmica dos alísios no sentido meridional recebendo o nome de Célula de Hadley em sua homenagem.

1.1.3 Célula de Walker

A célula de Walker está diretamente ligada aos fluxos zonais com movimento de Leste-Oeste e de Oeste-Leste, essa célula está diretamente influenciada com os movimentos dos ventos alísios durante os períodos de fortalecimento e enfraquecimento. Desta, ocorre um deslocamento de toda área de convergência para regiões com maiores temperaturas, outra associação está ao aquecimento diferencial entre continentes e oceano, sua estrutura em condições normais apresenta movimento

ascendente sobre os continentes e movimento subsidente sobre os oceanos. Em períodos de eventos de anomalia tem sua posição afetada modificando a circulação zonal de Walker.

1.2.1 Oscilação Sul

O termo Oscilação Sul foi utilizado por Sir Gilbert Walker então diretor geral dos observatórios das colônias britânicas na Índia em 1904 que no intuito de tentar prever as variações das monções na Índia, assim como das secas associadas a elas, iniciou um projeto utilizando os registros globais, de pressão ao nível do mar, temperatura do ar, precipitação e outras variáveis medidas em várias partes do mundo.

Walker notou uma associação entre a variação da pressão atmosférica em Taiti (Pacífico Central) a pressão em Darwin (norte da Austrália) (WALKER, 1932). Quando a pressão é alta no Taiti e baixa em Darwin as chuvas são intensas na Austrália, sudeste Asiático e Índia, e quase inexistentes na costa oeste da América do Sul. A situação das chuvas inverte quando a pressão diminui em Taiti e aumenta em Darwin. Essa dinâmica na pressão atmosférica então passou a ser denominada por Walker de “Gangorra Barométrica”.

1.2.2 ENOS

Pesquisas feitas por Jacob Bjerknes na década de 60 associou a ocorrência de fenômenos de El Niño (água quente) e a “gangorra barométrica” da Oscilação Sul de Walker. Esses mecanismos são parte inerente do mesmo fenômeno conhecido com a sigla ENOS, e seu trabalho Bjerknes (1966), demonstrou que a grande anomalia positiva da temperatura da água observada ao longo do equador no Pacífico central e oriental, de novembro de 1957 a fevereiro de 1958, foi acompanhado por uma força anômala das latitudes médias oeste sobre o nordeste do Pacífico.

Foi sugerido como explicação que o suprimento anormal de calor do oceano equatorial para o ramo ascendente da circulação atmosférica de Hadley intensificaria essa circulação e tornaria maior do que o fluxo normal de momento angular para o cinturão de latitudes médias dos ventos de oeste. (WALKER, 1932).

Esse raciocínio deve se aplicar à circulação de Hadley em ambos os hemisférios, mas a resposta mais forte deve aparecer nos diferentes hemisférios no período do inverno, devido maior baroclinicidade. Um estudo de caso isolado dos anos de 1963-1967, que também forneceu flutuações de temperaturas do mar de grande amplitude no cinturão equatorial do Pacífico central e oriental.

O autor observou o aumento da precipitação na ilha de Canton situada a 2º Sul e 171º Oeste na posição central do pacífico Equatorial associado ao aumento de temperatura do oceano, com a análise dos máximos da temperatura do mar no Pacífico equatorial oriental e central, esses eventos de aumento da precipitação ocorrem como resultado de anomalias de enfraquecimento dos ventos alísios do Hemisfério Sul, e intrinsecamente o enfraquecimento do fenômeno de ressurgência equatorial.

Essas anomalias estão apresentadas como sendo estreitamente ligadas à "Oscilação do Sul" de Sir Gilbert Walker. (BJERKNES, 1969). O El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno que se refere ao acoplamento entre oceano e atmosfera e que ocorre no Oceano Pacífico tropical com consequências em escala global.

O fenômeno El Niño (EN) representa o componente oceânico, e a Oscilação Sul (OS) essa interação e apresentada nos trabalhos dos pesquisadores: Philander (1985); Trenberth (1997); Oliveira (2013); Berlato & Fontana (1999), Berlato & Fontana (2003), Kousky, Kayano e Cavalcanti; (1984), Hastenrath, (1990), Kayano e Moura (1986); Marengo (1992) Grimm et. Al, 2017, Grimm et. Al, 2018.

A medida da intensidade dos ENOS é feita utilizando o índice da Oscilação Sul (IOS), que está totalmente relacionado à pressão do nível do mar na bacia do Oceano Pacífico tropical em dois pontos, Taiti (17ºS, 150ºW) e Darwin (12ºS, 130ºE). Nestes são calculadas as diferenças entre os desvios em relação à média das pressões registradas ao nível do mar (PNM). O IOS é positivo quando a pressão em Taiti é maior que a média climatológica e em Darwin é menor.

O ENOS possui duas fases: quente (El Niño) e outra fria (La Niña) que correspondem, respectivamente, a valores negativos e positivos do Índice de Oscilação Sul. Alguns critérios deve ser considerado para indicar a existência ou não do fenômeno, embora exista, atualmente, quase um consenso de que cinco meses consecutivos de IOS inferiores -0,5 é considerado ano de EL Niño, e superiores a 0,5 de La Niña.

1.2.3 El Niño

O aquecimento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico central e oriental é chamado de El Niño. O nome “El Niño”, que vem do espanhol “o menino Jesus”, foi dado a esse fenômeno por pescadores peruanos, que observaram os aumentos sazonais da temperatura das águas superficiais do oceano na época de Natal. Os intervalos de eventos de El Niño não apresentam uma regularidade, tipicamente ocorre de 03 a 05 anos, nesse fenômeno ocorre o enfraquecimento dos ventos alísios, permitindo que a camada de águas superficiais mais quentes do Pacífico se desloque ao longo do equador em direção à América do Sul. Como é de se esperar esse deslocamento de águas quentes tem importantes repercussões na atmosfera. GRIMM. Et al, (2003).

O monitoramento atual utiliza índices baseados na medição da TSM Niño (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4), que são as anomalias de temperatura médias da superfície do mar (TSM) monitoradas em diferentes regiões do Pacífico Equatorial (figura 2).

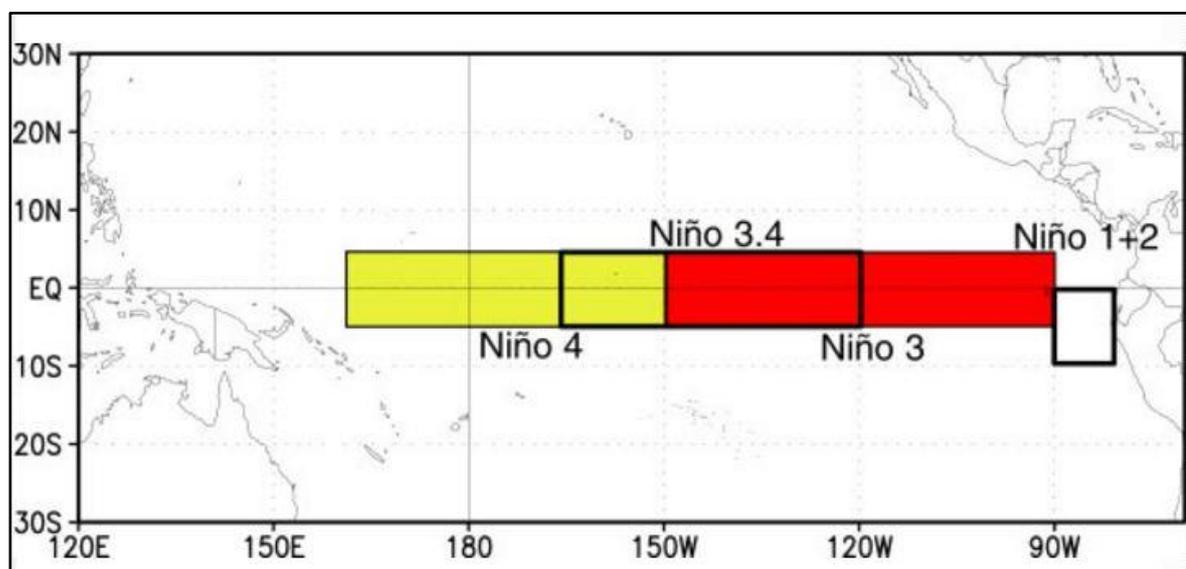


Figura 02: Regiões do Oceano Pacífico Equatorial de monitoramento da (TSM).

Fonte: NOAA (2018). Adaptado pelo autor.

O Niño 3 (5N-5S, 150W-90W): é a região que foi o foco principal para monitorar e prever o El Niño, mas os pesquisadores mais tarde aprenderam que a região chave para interações entre oceano e atmosfera para o ENSO fica mais a oeste (Trenberth,

1997), de tal modo, o Niño 3.4 (figura 2), tornaram-se a região favorável para a definição dos eventos El Niño e La Niña. Por essa razão região considerada para correlacionar com a precipitação na região central da Amazônia.

1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9
2007	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1.0	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6

Figura 03: Índice Oceânico Niño.

Fonte: NOAA, adaptado Reumally Oliveira, 2018. disponível em:

https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

O Centro de Previsões Climáticas da NOAA, dos Estados Unidos, utiliza o índice Niño 3.4 para aferir as anomalias de temperatura do Pacífico, a qual se relaciona muito bem com a manifestação do ENOS. A figura 3, apresenta o ION (Índice Oceânico Niño) é um parâmetro que identifica as anomalias da superfície do Oceano Pacífico através de uma média móvel de três meses.

O Índice de Niño Oceânico (ONI) tornou-se o padrão de fato que a NOAA usa para identificar eventos El Niño (quente) e La Niña (frio) no Pacífico tropical.

O Índice de Niño Oceânico é a anomalia de TSM média de 3 meses em execução para a região de Niño 3.4 (isto é, 5°N-5°S, 120°-170°W). Os eventos são definidos como 5 períodos de três meses sobrepostos consecutivos em ou acima da anomalia de + 0,5° para eventos quentes (El Niño) e ou abaixo da anomalia de -0,5° para eventos frios (La Niña).

As categorias mensais de TSM no Pacífico Equatorial serão correspondentes aos eventos La Niña (abaixo), Normal e El Niño (acima), conforme definido por Trenberth (1997), como as médias móveis de 5 meses na região Niño 3.4 $>0,4^{\circ}\text{C}$ (El Niño) e $< -0,4^{\circ}\text{C}$ (La Niña), baseado neste critério podem ser definidos o início, o fim, a duração e a magnitude de cada evento. quadro 1 apresenta uma classificação do Índice de Niño Oceânico.

Quadro 1: Classificação dos eventos El Niño e La Niña.

Evento	Índice Niño	Oceânico	Intensidade
El Niño	0,5 a 0,9		Fraco
	1,0 a 1,4		Moderado
	1,5 a 1,9		Forte
	$\geq 2,0$		Muito Forte
Neutro	- 0,4 a 0,4		Normal
La Niña	- 0,5 a - 0,9		Fraco
	- 1,0 a - 1,4		Moderado
	- 1,5 a - 1,9		Forte

Fonte: NOAA, 2018, organizado por Reumally Oliveira.

No intuito de subsidiar as pesquisas fornecendo dados necessários, a NOAA opera uma rede de boias que medem a temperatura, correntes e ventos na faixa equatorial. Essas boias transmitem diariamente dados que estão disponíveis para pesquisadores e meteorologistas de todo o mundo em tempo real, auxiliando no estudo do comportamento do sistema atmosférico-oceânico.

1.2.4 La Niña

O termo La Niña ("a menina", em espanhol) se caracteriza por ser oposto ao El Niño. Pode ser chamado também de episódio frio, ou ainda El Viejo ("o velho", em espanhol, em eventos de La Niña os ventos ficam mais intensos, maior quantidade de água vai se acumular no lado oposto por causa do aumento na velocidade dos ventos alísios. Com isso, o desnível entre um lado e outro do Pacífico também vai aumentar. Com os ventos mais intensos a ressurgência também irá aumentar no Pacífico equatorial oriental, e, portanto, virão mais nutrientes das profundezas para a superfície

do oceano, ou seja, aumenta a chamada ressurgência no lado leste do Pacífico equatorial.

Por outro lado, devido à maior intensidade dos ventos alísios as águas mais quentes irão ficar represadas mais a oeste do que o normal e, portanto, novamente teríamos: água mais quente geram evaporação e conseqüentemente movimentos ascendentes, que por sua vez geram nuvens, acontecendo, por conseqüente a chuva.

1.3.1 Célula de Walker e ENOS

A célula de Walker é formada pela circulação zonal e tem sua configuração modificada nas diferentes fases do ENOS, apresentando orientação da circulação dos vetos Zonais sobre a área de maior temperatura. Essa modificação pode apresentar comportamento diferente tanto na atmosfera como em superfície, aumentando a ressurgência oceânica (Trenberth, 1994), o que diminui o transporte de nutrientes para os peixes e demais animais marinhos, causando impactos negativos na atividade pesqueira. Durante os eventos de EN, uma das primeiras modificações na circulação atmosférica é o enfraquecimento dos ventos alísios sobre o Oceano Pacífico HASTENRATH, (1993). Isso permite que a convecção tropical, antes confinada no Pacífico Tropical Oeste, se desenvolva ao longo do Pacífico Tropical central e leste que, por conseqüência, altera as células de circulação zonal de Walker, entender esses comportamentos é uma forma de realizar um planejamento sobre os impactos nas cidades nas diferentes fases.

1.3.2 Condições Neutral do Oceano Pacífico Equatorial

A normalidade climática, acontece quando, não há ocorrência de nenhum fenômeno climático, ou seja, nesses anos não há influência de nenhum fenômeno ENOS (CPTEC/INPE, 2018).

Nos anos de neutralidade climática, o padrão de circulação dos ventos alísios atua nos baixos níveis da atmosfera e sopram na faixa equatorial no sentido leste a oeste. Esses ventos sopram de nordeste no hemisfério Norte e de sudeste no hemisfério Sul. Os ventos alísios contribuem para a formação de uma extensa faixa de nebulosidade conhecida por Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). No Pacífico

equatorial, esses ventos também favorecem o acúmulo de águas mais quentes na região próxima à Austrália e à Indonésia, causando um pequeno aumento da média do nível do mar nesta região do Pacífico (CPTEC/INPE, 2018).

Em condições normais, figura 04, a temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico é mais baixa na região leste, próximo à costa oeste da América do Sul, e mais elevada entre a parte central até o setor oeste, próximo ao continente australiano e na região da Indonésia. Por essa razão, águas mais frias se encontram na região do Pacífico equatorial leste e águas mais quentes, no Pacífico equatorial oeste (CPTEC/INPE, 2018).

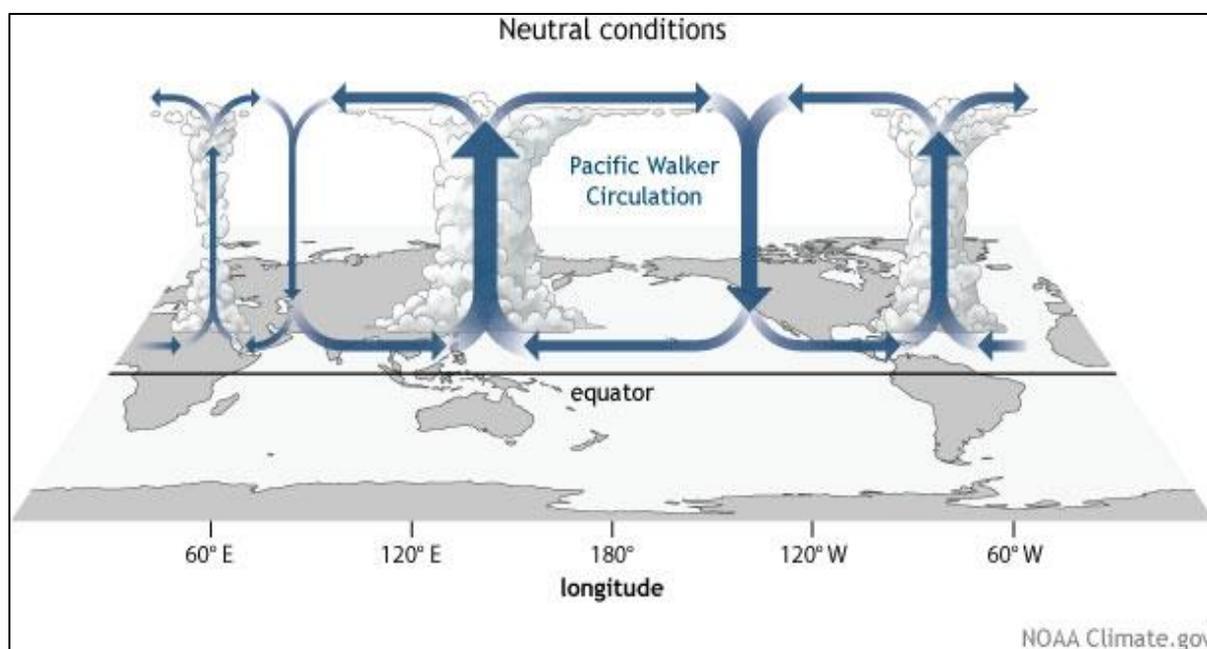


Figura 04: Condições de Neutral.
Fonte: NOAA, 2018.

1.3.3 Em eventos de El Niño

Observa-se na figura 05 que, em alguns casos, que os ventos em superfície chegam a trocar de sentido, ou seja, assumem a direção de oeste para leste. Ocorre um deslocamento da região com maior formação de nuvens, e a célula de Walker fica bipartida. Isso ocorre pelo fato da água do Pacífico Equatorial Central está mais aquecida, provocando o deslocamento do ramo ascendente da célula de Walker para a região central.

Esse fenômeno é de grande escala pois afeta o clima global de diferentes formas, no caso do Brasil observamos na figura 05 uma ilustração que apresenta o

movimento de ventos subsidente. Essa característica apresentada pelo movimento dos ventos faz com que não se forme nuvens, desta forma uma diminuição da precipitação. Em anos de El Niño em geral na Amazônia ocorre uma diminuição da precipitação. Estudo apresentado por Gonzales et al. (2013), relaciona as diferenças encontradas na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul estando associada as anomalias de TSM. Na figura 05 a ilustração apresenta o comportamento da atmosfera durante o fenômeno El Niño.

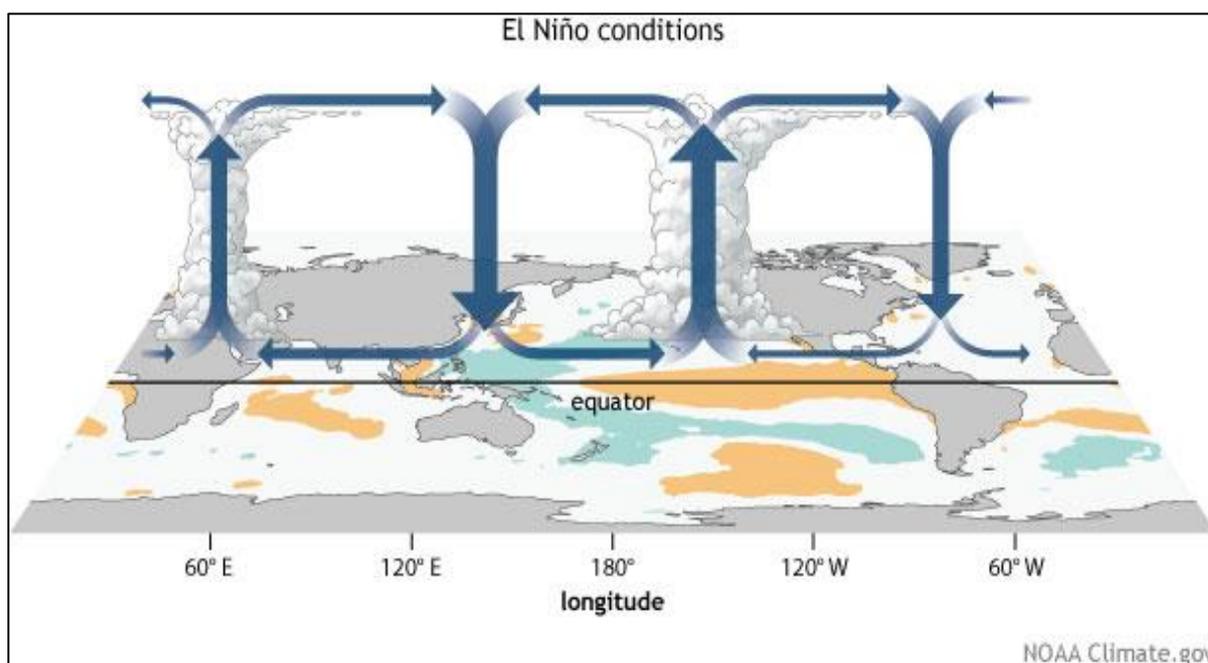


Figura 05: Condições de El Niño.
Fonte: NOAA, 2018.

1.3.4 Em eventos de La Niña

O movimento ascendente está deslocado para a costa ocidental da Austrália provocando chuva na região, do mesmo modo podemos observar esse comportamento de movimento ascendente sobre a Amazônia, esse movimento vai acarretar no aumento da precipitação, figura 06.

Em relação as camadas superficiais do Oceano Pacífico, forma-se uma zona de passagem das águas superficiais, mais quentes, e as águas profundas, mais frias. Esta zona de transição, conhecida como "termoclina", apresenta temperatura constante, igual a 20°C. Ao longo do Oceano Pacífico equatorial, há um aprofundamento da termoclina, cuja altura pode variar de 50m, nas proximidades da costa sul-americana e de até níveis da ordem de 200m na faixa ocidental desse oceano.

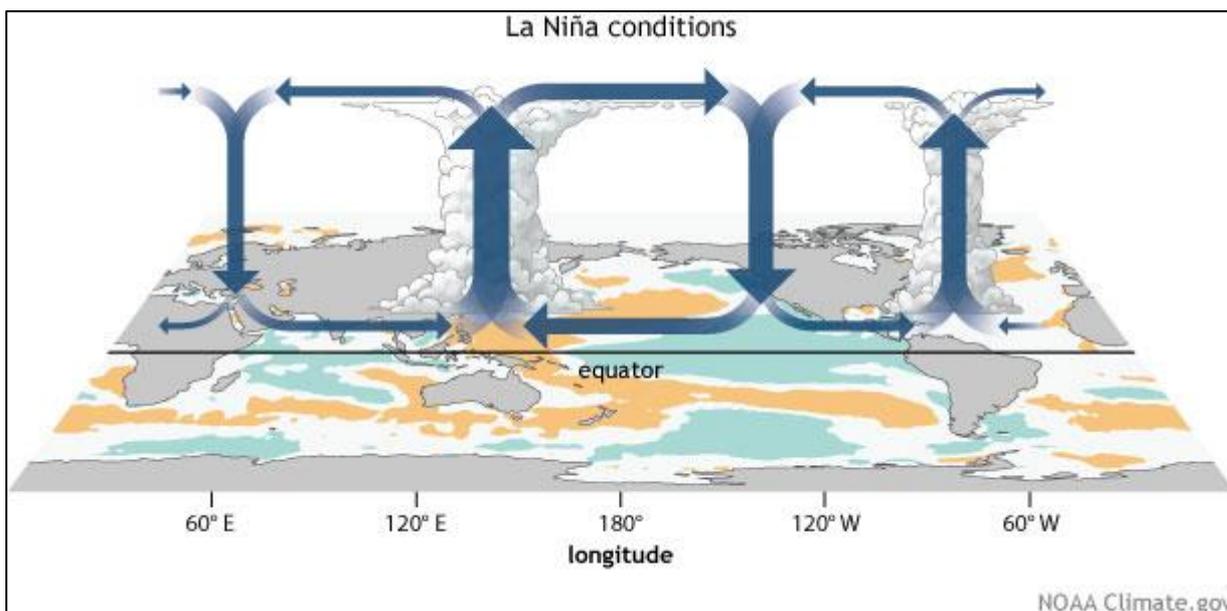


Figura 06: Condições de La Niña.
Fonte: NOAA, 2018.

A inclinação da termoclina pode ser explicada pela ação dos ventos alísios que, ao “empurrar” as águas mais quentes para oeste, faz, desse modo, com que as águas mais frias aflorem próximo à costa oeste da América do Sul. Este mecanismo é conhecido pelos oceanógrafos como ressurgência, figura 07, (CPTEC/INPE, 2018).

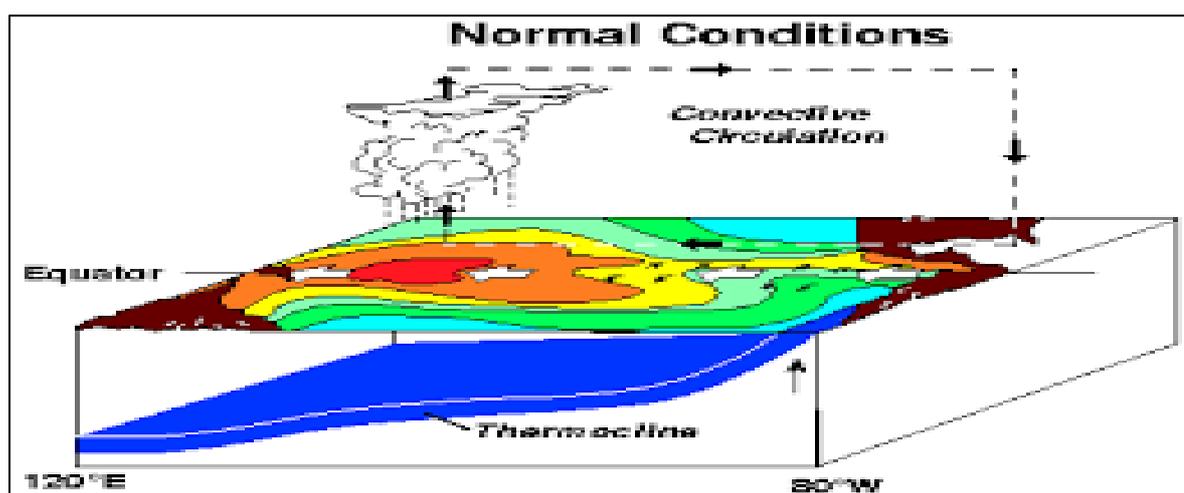


Figura 07: Ilustração das condições da atmosfera em anos normais dos ventos.
Fonte: NOAA, 2018.

1.3.5 Dipolo do Atlântico

Dipolo do Atlântico é um fenômeno oceano-atmosférico que causa variação na precipitação na região nordeste do Brasil e na África. HASTENRATH (2002), O Dipolo do Atlântico é uma mudança anômala na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Atlântico Tropical. Esse fenômeno gera uma alteração na circulação meridional da atmosfera (Célula de Hadley) e influência na formação de nuvens no nordeste brasileiro e alguns países do continente africano, fazendo com que haja uma variação na precipitação, figura 08.

Na ocasião, se as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Atlântico Tropical Sul estão mais frias, existem movimentos descendentes anômalos sobre o Nordeste do Brasil e em alguns países da África Ocidental, inibindo a formação de nuvens e diminuindo a precipitação, podendo causar secas.

Em situação inversa a convecção torna-se bastante ativa acelerando a formação de nuvens intensificando a precipitação podendo provocar enchentes, em muitas regiões do Norte e Nordeste do Brasil. verificaram que nos anos de dipolo positivo no hemisfério Norte ocorreram desvios negativos de 10 a 40% na precipitação do semiárido nordestino e em anos de dipolo positivo os desvios variaram de 10 a 50%. Com base nisso, concluíram que a influência do Dipolo do Atlântico (fases) é tão importante quanto à influência do El Niño Oscilação Sul.

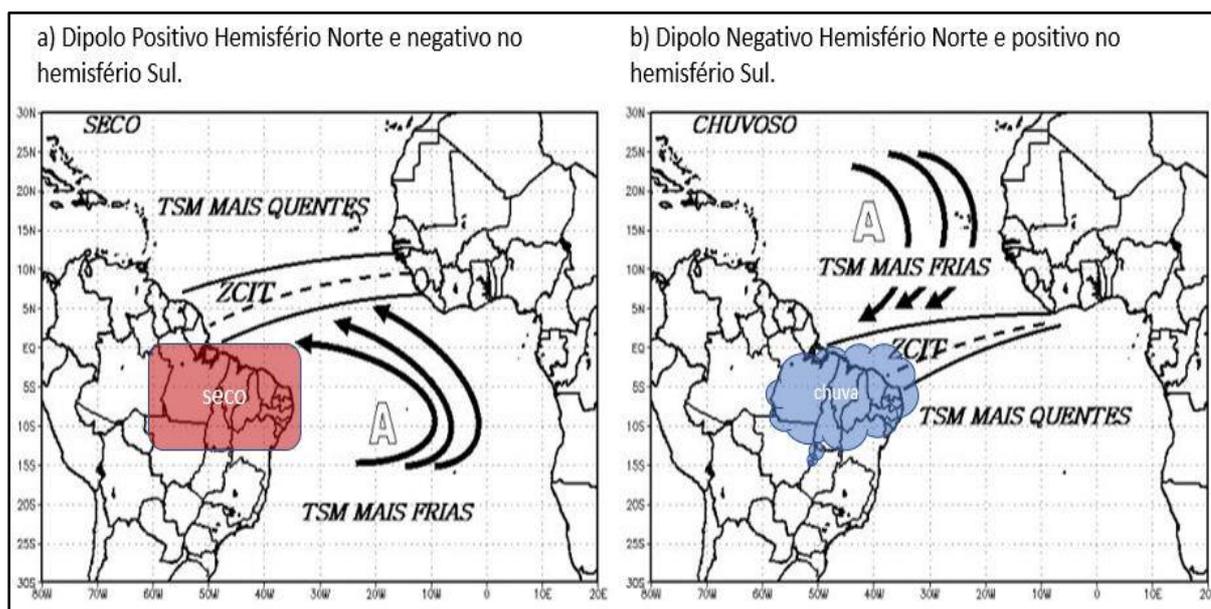


Figura 08: Esquema do dipolo positivo e negativo.

Fonte: Uvo, 1998, p.16

1.4.1 Amazônia Brasileira

A região Norte do Brasil corresponde a 45,27% do território brasileiro, limita-se a oeste com a Cordilheira do Andes e a nordeste com o Oceano Atlântico. A região da Amazônia é conhecida como sumidouro de umidade, sua precipitação é consequência de sua própria evapotranspiração, Marengo et al., (2001), e fluxos de vapor d'água trazidos do Oceano Atlântico Salati, (1983), citado por Fisch et. al (1998). Várias técnicas utilizadas por diferentes pesquisadores buscam estudar o balanço hídrico da região dentre os principais autores podemos citar: Molion (1987), Rocha (1991) e Matsuyama (1992), Kousky, Molion, (1985), citados por Fisch e Nobre (1996).

Desta forma, observou-se dois períodos climáticos distintos, a estiagem (seco) observado no trimestre de junho, julho e agosto e o período chuvoso observado no período dezembro, janeiro e fevereiro essa variabilidade anual é ditada principalmente pela a radiação solar caracterizado pela liberação de calor latente observado na região tropical.

A atmosfera da região Amazônica é uma grande fonte de liberação de vapor d'água e seu sistema atmosférico climático é afetado por períodos de secas severas e enchentes que acarreta grandes prejuízos a população das cidades do Amazonas. Para Molion (1987), o clima dessa região é afetado por diferentes controladores climáticos de escala global e regional.

O clima de uma região é determinado por fatores denominados controles climáticos, que atuam tanto na escala global como na regional. Os mais importantes são a circulação geral da atmosfera (CGA), a topografia local, a natureza da cobertura vegetal, o ciclo hidrológico e a influência de correntes oceânicas se a região for costeira (MOLION, 1987).

A variabilidade das chuvas na região Norte na época chuvosa é diretamente influenciada pelas temperaturas das superfícies de ambos os oceanos tropicais, Atlântico e Pacífico, que modulam o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é o principal sistema causador de precipitação do norte e nordeste. Na Amazônia, a ZCIT e suas interações com outros sistemas contribuem com aproximadamente 70% da precipitação na região central do Amazonas.

A média anual das precipitações na região Amazônica é de 2300 mm/ano, destacando três centros de precipitações abundantes: o primeiro se localiza à noroeste,

onde observa-se o maior total pluviométrico da região, cerca de 3000 mm/ano, e pouca variabilidade sazonal. As precipitações nesta região estão associadas ao efeito orográfico; o ar úmido trazido do Leste converge em baixos níveis e próximo à encosta da Cordilheira dos Andes induzindo a formação de regiões com altos e baixos índices de precipitação. Figueroa e Nobre, (1990); Marengo, (1992).

O segundo centro está na parte leste, no litoral dos estados do Amapá e Pará, com precipitações em torno de 3.000 mm/ano e com período chuvoso entre os meses de fevereiro a maio (LIMBERGER e SILVA, 2016). O terceiro centro está no Centro-sul da região, com precipitações de 2500 mm/ano, onde existe influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e o deslocamento de sistemas frontais vindo das latitudes médias Oliveira, (1989). As chuvas neste setor são originadas por sistemas como linhas de instabilidade (Cohen et al., 1989), que surgem com a circulação de brisa marítima ao longo do litoral, estendendo-se continente adentro Hastenrath (2002), Kousky, (1980).

As principais diferenças das características climáticas médias entre as estações de verão e inverno correspondem ao posicionamento e intensidade do jato subtropical de altos níveis em cada um dos hemisférios e, na faixa tropical, ao deslocamento meridional da célula de Hadley, da convecção local e da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Na estação chuvosa, portanto, a precipitação na bacia amazônica é claramente associada ao padrão sinótico sobre a América do Sul, especialmente à localização e à intensidade da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), esse sistema é muito eficiente no transporte de umidade tropical da bacia amazônica para os extratropicais.

Durante o inverno austral a circulação da baixa troposfera na região amazônica é caracterizada pela posição mais ao norte do cavado equatorial de baixa pressão (o que diminui a intensidade dos alísios e o ingresso de umidade, provenientes do Atlântico Norte Tropical) e pela entrada de massas de ar frio e seco que se deslocam a partir do sul do continente sul-americano. Marengo; Nobre, (2009).

Outro sistema que se apresenta no aumento da precipitação na região Amazônia é o jato subtropical de oeste na alta troposfera, durante o inverno austral, segundo Marengo, (1992), é mais intenso e mais próximo do equador do que no verão, o que está associado à diminuição da atividade convectiva sobre a região Amazônica. Assim, a convecção tropical local é o principal processo para a formação de precipitação em

toda a bacia amazônica, que é modulada pelas circulações de grande escala, como a célula de Hadley, a ZCIT e a circulação zonal de Walker.

1.4.2 Zona de Convergência Intertropical

A ZCIT é caracterizada uma zona de alta nebulosidade, formada pela convergência dos alísios em baixos níveis e por convecção profunda e intensa nebulosidade figura 09, segundo Hastenrath, (1977) essa variação oscila entre norte-sul, tendo sua posição mais ao norte no verão boreal (8º Norte) e mais ao sul no verão austral chegando a 1º, seria o sistema responsável pela transferência de energia de regiões de altas latitudes em direção ao equador.

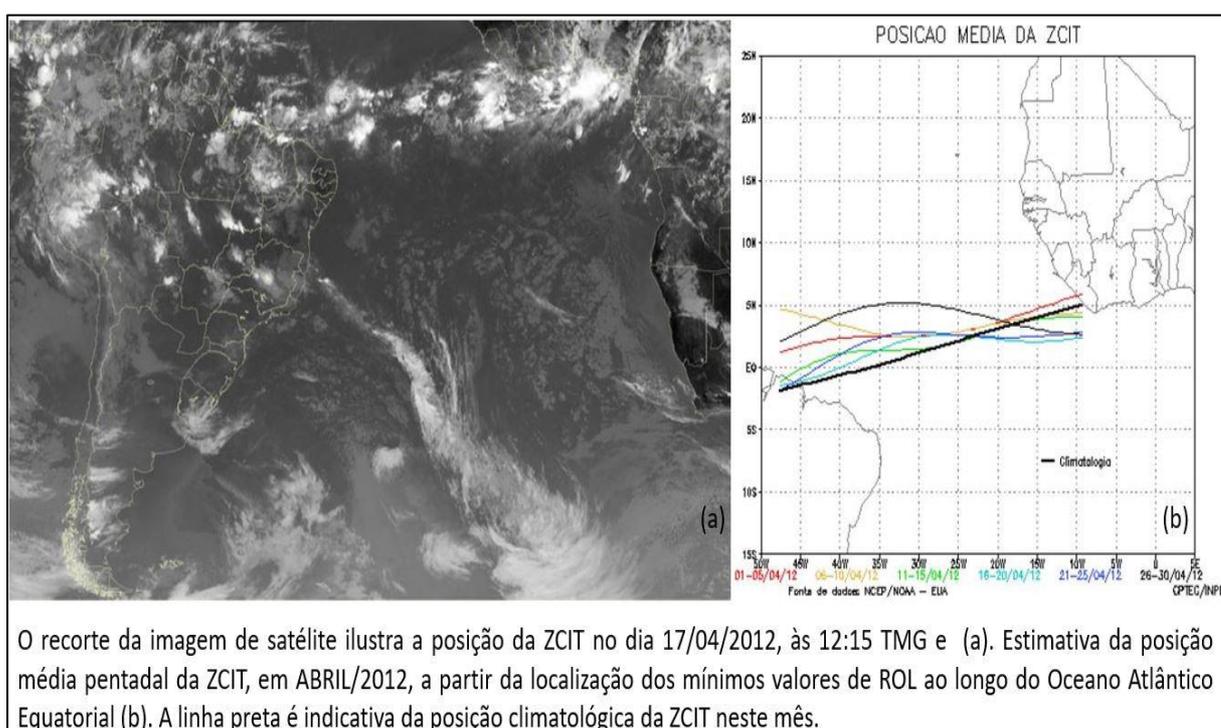


Figura 09: Zona de Convergência Intertropical.

Fonte: CPTEC, Climanálise de abril de 2012, adaptado Reumally Oliveira.

Um fator de análise na região tropical é o acoplamento e interações atmosféricas e oceânicas, como Zona de Confluência dos Alísios (ZCA), zona do cavado equatorial, zona de máxima temperatura da superfície do mar, zona de máxima convergência de massa e máxima cobertura de nuvens convectivas (UVO, 1986).

Em uma apreciação global, a ZCIT é o ramo ascendente da Célula de Hadley, apresentando uma energética caracterizada pela importação de vapor d'água,

concentrado nas camadas inferiores da atmosfera, e exportação de energia geopotencial e calor sensível pela alta troposfera. Essa dinâmica resulta na transferência de calor da zona do cavado equatorial para altas latitudes, contribuindo para manutenção do balanço térmico global (HASTENRATH, 1984).

Na ZCIT do Atlântico e Pacífico, predominam convergência na baixa troposfera, movimentos ascendentes na média troposfera, divergência na alta troposfera, bem como água precipitável concentrada em sua região durante o ano todo, havendo interação de diferentes sistemas tais como: a Zona de Confluência dos Ventos Alísios do Hemisfério Norte e do Hemisfério Sul, zona do cavado equatorial, zona de máxima TSM e a zona de máxima convergência e cobertura de nuvens convectivas (UVO, 1989, CURTIS e HASTENRATH, 1999).

Esses sistemas localizam-se mais ao norte do equador geográfico, resultando de assimetrias climáticas proeminentes sobre os oceanos Atlântico e Pacífico Tropical decorrente da interação oceano-atmosfera e da desigual distribuição dos continentes (PHILANDER et al., 1996).

Nesta análise, diferentes pesquisadores discutem as diferentes condições de chuva abaixo ou acima do normal, essa variabilidade aparece relacionada ao efeito de anomalia positiva El Niño no Pacífico que ocorre simultaneamente com um gradiente meridional apontando para o norte no Atlântico intertropical.

Portanto, os dois oceanos observados mostram situações climáticas que causam a diminuição de ocorrência de precipitação Amazônia Ocidental e nordeste brasileiro durante o período de outono. Adverso ao El Niño, o fenômeno La Niña, presente sobre o Oceano Pacífico e com um gradiente meridional apontando para o sul no Atlântico intertropical, é observada precipitação acima do normal na Amazônia Ocidental e nordeste brasileiro.

1.4.3 Anticiclones subtropicais

Os anticiclones subtropicais ou altas subtropicais são sistemas de alta pressão que estão localizados em torno de 30° de latitude nos principais oceanos de nosso Planeta figura 10. Eles estão associados à circulação média meridional da atmosfera, surgindo devido às células de Hadley. No Hemisfério Norte, estão os anticiclones subtropicais do Atlântico Norte e do Pacífico Norte e no Hemisfério Sul, os anticiclones

do Atlântico Sul, do Pacífico Sul e do sul do Oceano Índico, figura 10, Hastenrath, (1984), Moran e Morgan, (1994).

A posição e a intensidade da alta subtropical do Atlântico Sul ocorrem de forma mais fraca e distante do Continente Sul Americano durante o verão, parcialmente devido ao desenvolvimento da Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS), que modula, juntamente com padrões de circulação de grande escala, o transporte de umidade proveniente do atlântico e da Amazônia, essa umidade desloca-se pelo planalto Boliviano a oeste e pelo planalto Brasileiro a leste. Satyamurty et al., (1998).

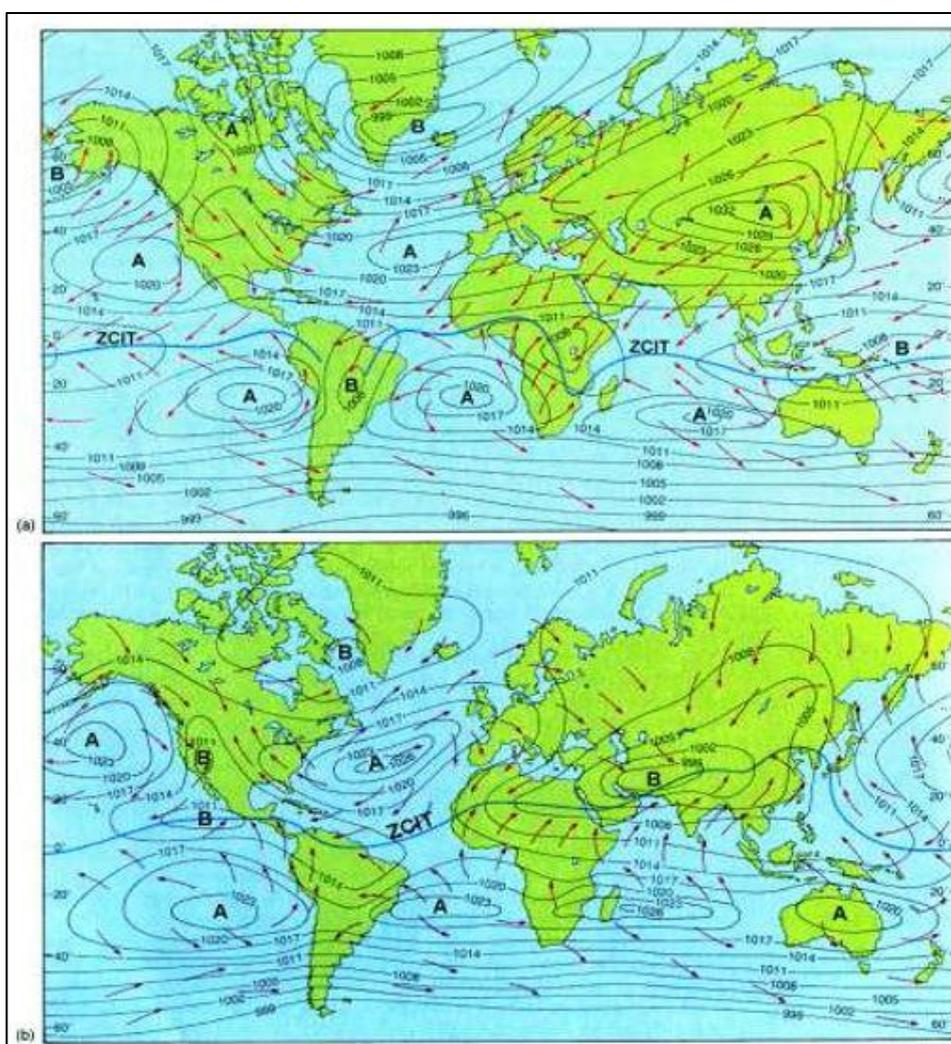


Figura 10: Localização dos Anticiclones Subtropicais: (a) janeiro, (b) julho.

Fonte: <http://fisica.ufpr.br>.

O Brasil central e o Sul da Amazônia apresentam seus meses mais secos no período de junho-agosto, quando o centro das altas subtropicais se aproxima do

continente Sul Americano devido ao deslocamento da Alta da Bolívia para noroeste do continente.

1.4.4 Alta da Bolívia

A Alta da Bolívia (AB) é um sistema com movimento anticiclônico que se forma em altos níveis, geralmente na primavera, atingindo sua intensidade máxima durante o verão da América do Sul a partir da intensificação de um ciclone térmico à superfície, conhecido como Baixa do Chaco, derivado do intenso aquecimento superficial da região do planalto, centrado sobre a Bolívia, norte do Chile e Peru e, também, devido à intensificação da convecção sobre a Região Amazônica. Surge, em média, em outubro e persiste até abril, sendo janeiro o período mais ativo, observe figura 11.

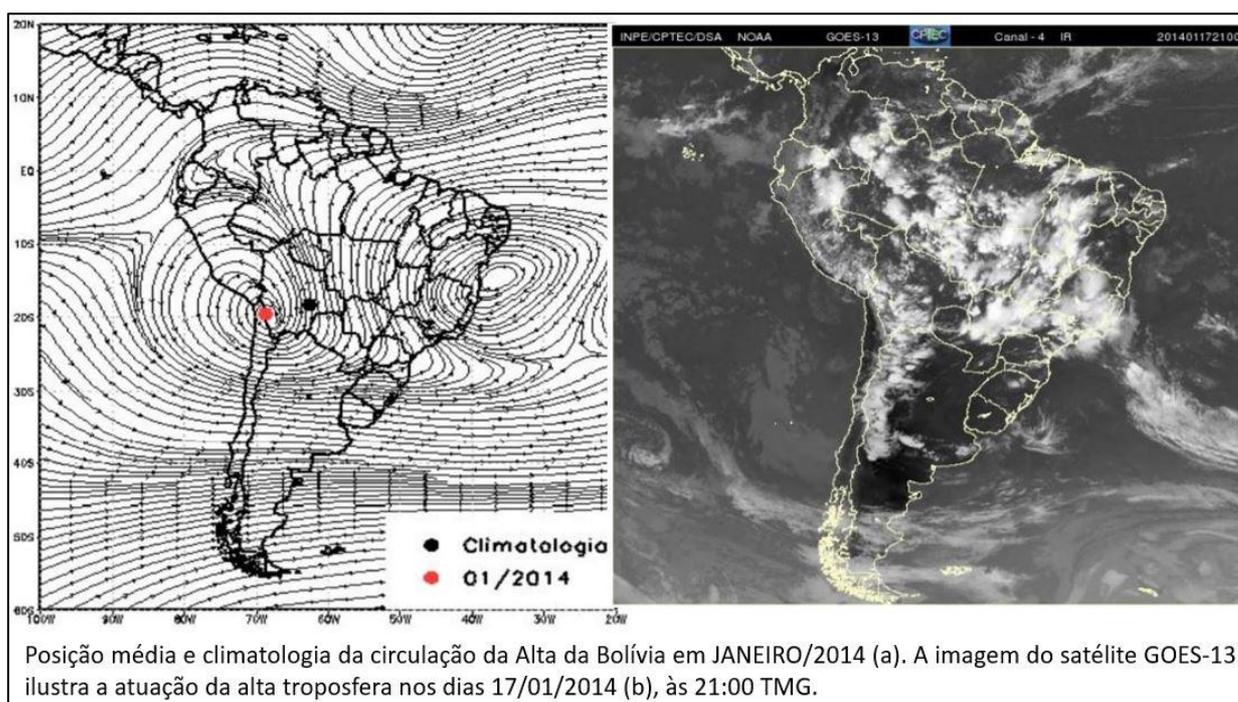


Figura 11: Alta da Bolívia.

Fonte: CPTEC, 2017, adaptado por Reumally Oliveira.

A localização geográfica da Alta da Bolívia apresenta variação intra-sazonal e interanual aparecendo em outubro sobre o oeste da Amazônia, posicionando-se sobre a Bolívia no verão e deslocando-se em abril para a Amazônia oriental. Esse ciclo associasse ao deslocamento latitudinal do Sol em relação à Terra.

Segundo Molion (2004), a convecção de verão na América do Sul é decorrente de dois fenômenos. Um, essencialmente termodinâmico, resultante do aquecimento

continental pelo Sol e calor latente (evapotranspiração), liberado nos movimentos ascendentes e a divergência que se estabelece nos níveis altos (AB). Outro dinâmico, relacionado com a penetração de sistemas frontais do Hemisfério Sul.

Uma vez que a AB se estabelece termodinamicamente, os sistemas frontais do Hemisfério Sul, que penetram no Brasil Central, são “ancorados” pela AB, permanecendo semi-estacionários e gerando a ZCAS pela intensificação da convergência do fluxo de umidade transportada pelos Alísios. Recentemente, tem sido comum referir-se à atividade convectiva profunda de verão austral, precipitação intensa, e características atmosféricas de circulação de grande escala como Sistema Sul Americano de Monção (SSAM).

1.4.5 Zona de Convergência do Atlântico Sul

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um importante sistema meteorológico atuante na América do Sul no verão austral e que marca a estação chuvosa devido aos períodos associados de intensa precipitação. Caracterizada por uma banda de nebulosidade bem marcada orientada noroeste-sudeste, atua desde o Sul da região Amazônica até sudoeste do Atlântico Sul, passando pelas regiões centro-oeste e sudeste do Brasil, tem uma duração mínima de 4 dias, conforme descrito em alguns estudos (Oliveira, 1986; Nóbile Tomaziello, 2010), podendo persistir por 10 dias ou mais.

Em baixos níveis uma configuração de ZCAS é caracterizada por convergência de umidade ao longo da orientação NO-SE, favorecida pelo Jato de Baixos Níveis (JBN), escoamento oriundo da canalização dos alísios que adentram o continente sul-americano na região tropical, transportando vapor d'água proveniente do Atlântico Equatorial e da bacia Amazônica em direção ao Atlântico Sudoeste.

Com esse cenário instalado e devido à grande quantidade de umidade disponível torna viável o fato da região da ZCAS ser de alta variabilidade convectiva. Em níveis médios pode-se notar um cavado à leste da Cordilheira dos Andes também orientado NO-SE que dá suporte para a persistência da nebulosidade e da precipitação associada, já que à leste do cavado encontra-se uma região de intensa vorticidade negativa que induz baixa pressão em superfície e, conseqüentemente, propicia convergência de massa (e umidade).



Figura 12: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).
Fonte: CPTEC 2017.

Ademais um fator de intensificação de organização desse sistema e a entrada da de sistemas frontais que avançam no sul do Brasil, apresenta a variação sazonal da interação entre os sistemas convectivos tropicais e os sistemas frontais (SFs), sendo caracterizado por Oliveira (1986) em quatro tipos de bandas, (figura 13).

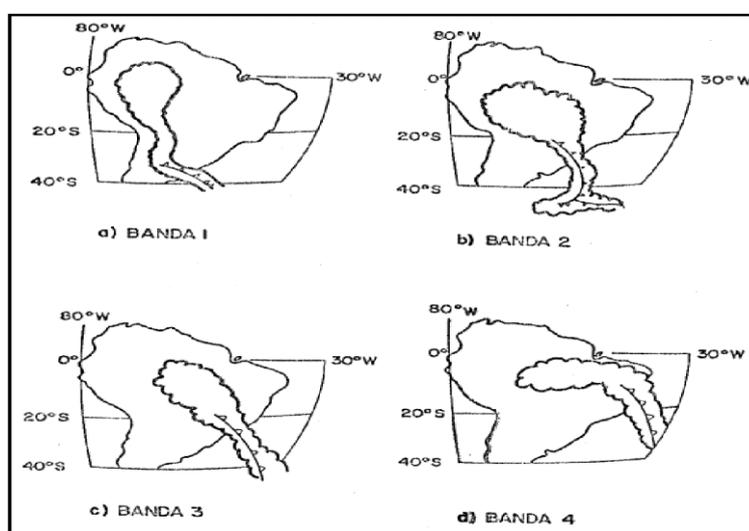


Figura 13: Configurações de cada banda latitudinal ZCAS e SFs.
Fonte: Oliveira, 1986.

Portanto, compreender as interações dos diferentes sistemas atmosféricos na região central do estado do Amazonas, auxilia no planejamento urbano capaz de minimizar os eventos extremos. A região central do estado do Amazonas apresenta como principal via de ligação com outras cidades os rios, que possui um regime hidrológico definido, entretanto pode ser afetado por eventos climáticos de grande escala como o fenômeno La Niña e El Niño.

CAPÍTULO 2- METODOLOGIA

2.1.1 Método da Pesquisa

A pesquisa utilizou como procedimentos metodológicos o método Interpretativo da Concepção Sistêmica. O método de abordagem selecionado é originário da Teoria Geral dos Sistemas criada e desenvolvida pelo pesquisador austríaco Ludwig Von Bertalanffy em meados de 1950, essa teoria enfatiza a interação entre as partes de um sistema para que se possa entender o todo.

Bertalanffy discordava do método cartesiano mecanicista muito empregado em sua época, tendo em vista que a técnica procedimental utilizada consistia em analisar o objeto isolado do seu meio a fim de melhor explorar sua causa e consequência.

O autor citado criticou duramente a visão de que o mundo é dividido em diferentes áreas como física, química, biologia e psicologia. Como sugestão propôs que o estudo deveria analisar os sistemas de forma global que pudessem envolver todas as suas interdependências, pois cada um dos elementos ao serem reunidos passariam a constituir uma unidade funcional maior.

A concepção sistêmica analisa todas as partes de um sistema que de uma forma ou de outra interagem entre si, o processo ocorre e atua numa troca mútua de energia, informações ou valores entre o meio interior com o exterior. Como resultado de comprovação de sua teoria, Bertalanffy classificou os sistemas como fechado, aberto e isolado. A exemplo de um sistema aberto temos o sistema Climático, apresentado por Sampaio e Dias como:

O Sistema climático conforme definido em 1992, na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC, na sigla em inglês), o sistema climático inclui a atmosfera, a hidrosfera, a criosfera, a geosfera, a

biosfera e suas interações. O estado da atmosfera em um dado instante é resultado de complexas interações entre os diversos componentes do sistema físico climático. (SAMPAIO e DIAS, 2014).

Para Christofolletti (1999), a maior parte dos sistemas envolvidos em análise ambiental, estão dentro de um ambiente, que faz parte de um conjunto maior. Esse conjunto maior, terá vários subsistemas, que sofrerão influência, desse conjunto maior, inclusive o subsistema que estiver sendo estudado especificamente.

Assim, temos sistemas antecedentes, e sistemas subsequentes, porém é importante ressaltar, que não existe uma definição exata do comportamento desses sistemas, e o sistema que é tido como subsequente, pode naturalmente voltar a exercer influência sobre o sistema antecedente, através da retroalimentação.

Na Geografia trabalha-se com o estudo dos sistemas, e como são compostos por vários elementos, então se pode dizer que se trabalha com sistemas dinâmicos, que podem ser simples ou complexos. Os sistemas simples são compostos “por um conjunto de componentes relacionados conjuntamente e agindo um sobre os outros conforme determinadas leis” (CHRISTOFOLETTI, 2004, p. 92). os sistemas complexos “apresentam diversidade de elementos, encadeamentos, interações, fluxos e retroalimentação compondo uma entidade organizada” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.3).

Assim, o sistema complexo pode ser definido como sendo composto por grande quantidade de componentes Inter atuantes, capazes de trocar informações com seu entorno e capazes, também, de adaptar sua estrutura interna como sendo consequências ligadas a tais interações. Nos últimos anos, graças ao desenvolvimento da informática e dos programas computacionais, vem-se desenvolvendo pesquisas procurando estudar inúmeros problemas ligados aos sistemas complexos, que até então se constituíam em questões difíceis de analisar. Esse avanço possibilitou que se começasse a pensar que a complexidade, em si mesma, possui suas próprias leis, que podem ser simples e coerentes.

Considerando-se o planeta Terra como um geossistema, então se pode dizer que qualquer alteração em qualquer de seus componentes, que ultrapassar seu limite de resistência, pode desestabilizá-lo e levá-lo a uma readaptação para um novo estado de equilíbrio. Essa análise pode ser aplicada para o estudo dos impactos ambientais e para a emergência da relação sistema socioeconômico e sistema ambiental físico.

Portanto, através da análise dos sistemas e sua complexidade, pode-se criar conhecimentos sobre a natureza e sua estrutura, bem como os elementos que a compõem, conhecendo a influência de um elemento no outro, além do papel e função de cada componente, estabelecendo estudos de como o homem e suas atividades modificam a organização do espaço. Entendendo a dinâmica da natureza, pode-se buscar resolução para os problemas que sobrevêm na sociedade, BETIOL (2012).

Essa interação dos sistemas é apresentada por Veado, “espaço geográfico interliga e entrosa seus componentes, graças a processos dinâmicos cujo mecanismo origina uma organização e uma hierarquia” (VEADO, 1998, p. 3).

Na figura 14, apresentamos a organização do Sistema climático e as variáveis que serão interpretadas na pesquisa.

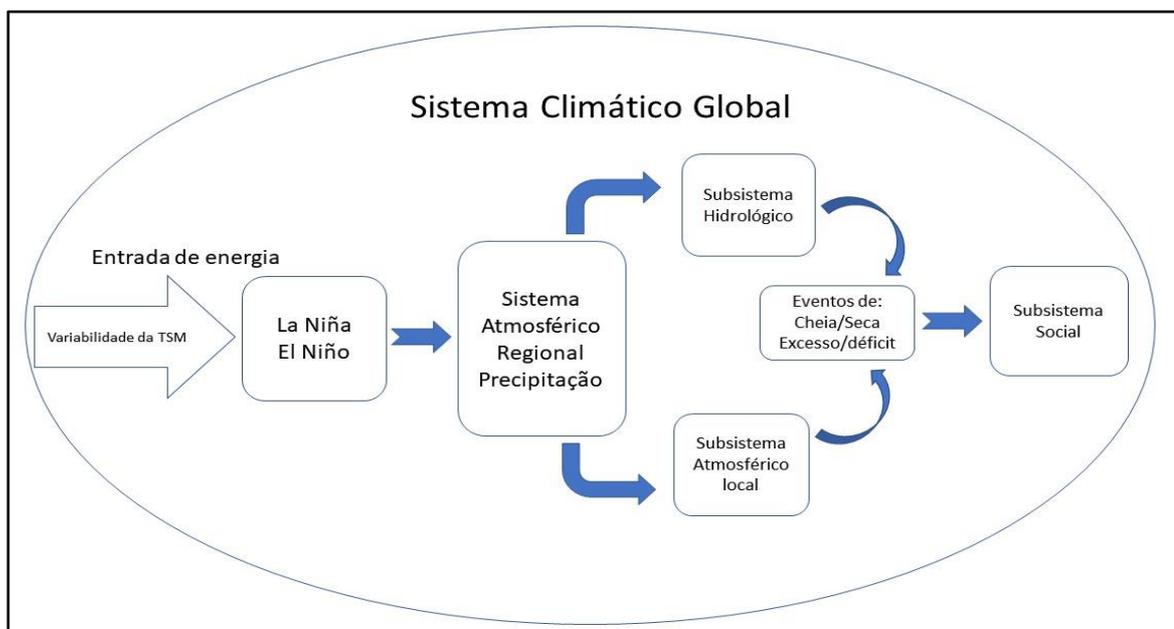


Figura 14: Aplicação Interpretativa do sistema.

Fonte: organizado por Reumally 2018.

Na compreensão do Sistema climático como um sistema aberto que recebe e libera energia, apresentaremos como primeiro elemento as anomalias de temperaturas da superfície do mar na fase positiva e negativa, precisamente do Pacífico Equatorial na região 3.4, esses fenômeno de aquecimento da superfície do mar, quando associado as diferenças de pressão são responsáveis pelo fenômenos de ENOS, esse acoplamento entre a superfície e a atmosfera produz energia suficiente para mudar os padrões atmosférico, inclusive com intensificação e interferência na célula zonal de Walker, influenciando também a célula meridional de Hadley.

A influência dos fenômenos de grande escala, será analisada na escala regional através da variável precipitação, buscando analisar as interações da escala regional no subsistema atmosférico local, uma vez que a precipitação é principal elemento que interagem de forma direta em outro subsistema, o hidrológico.

Desta forma, a análise interpretativa sistêmica auxiliou na compreensão dos diferentes impactos dos subsistemas atmosféricos e hidrológicos no subsistema social, a variável precipitação foi estudada em uma escala regional e na escala local.

O impacto social analisado na pesquisa será do ponto de vista dos eventos extremos de seca e cheia na região central do estado do Amazonas. Para análise do impacto social foi utilizados artigos e teses e dissertações que abordavam sobre o impacto dos eventos de El Niño e La Niña na Região Central do Amazonas, bem como os trabalhos que apresentavam os pontos de maior vulnerabilidade social na cidade de Tefé.

2.1.2 Dados Utilizados

Para a realização desta pesquisa foram utilizados dados do satélite TRMM dados do produto 3B42 v7 que são estimados a cada 3 horas. disponibilizados gratuitamente no site da NASA (www.nasa.gov), do período compreendido entre janeiro de 1998 a dezembro de 2016. Foram utilizados também os dados da estação Meteorológica de Superfície Convencional da Cidade de Tefé no estado do Amazonas pertencente a rede de coleta de dados meteorológicos de superfície do INMET. Essa estação está localizada na estrada do aeroporto áreas com pouco adensamento populacional.

2.1.3 Dados Estimados

Em 1997, por meio de uma parceria entre a NASA e a *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) foi construído e lançado o satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). É um grande avanço na área de Sensoriamento Remoto (SR) em nível orbital, (figura 15), capaz de obter dados pluviométricos nas regiões tropicais do planeta, por meio da utilização de micro-ondas e radar. O uso das imagens obtidas pelo satélite TRMM agrega valor aos dados obtidos pelas estações

pluviométricas, podendo melhorar a disponibilidade de dados pluviométricos para toda região tropical.

O *Tropical Rainfall Measuring Mission* foi lançada com sucesso no dia 27 de novembro, às 4:27 PM (EST) do Centro Espacial Tanegashima no Japão, dispõe de três sensores principais utilizados na avaliação da precipitação: imageador de micro-ondas TRMM (*TRMM Microwave Imager – TMI*); radar de precipitação (*Precipitation Radar – PR*) e sistema de radiômetro visível e infravermelho (*Visible and Infrared Radiometer System – VIRS*), portanto são instrumentos importantes na medição da precipitação.

O TRMM ainda dispõe do Lightning Imaging Sensor (LIS) e Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES). Estes instrumentos a bordo do TRMM podem funcionar individualmente ou em grupo.

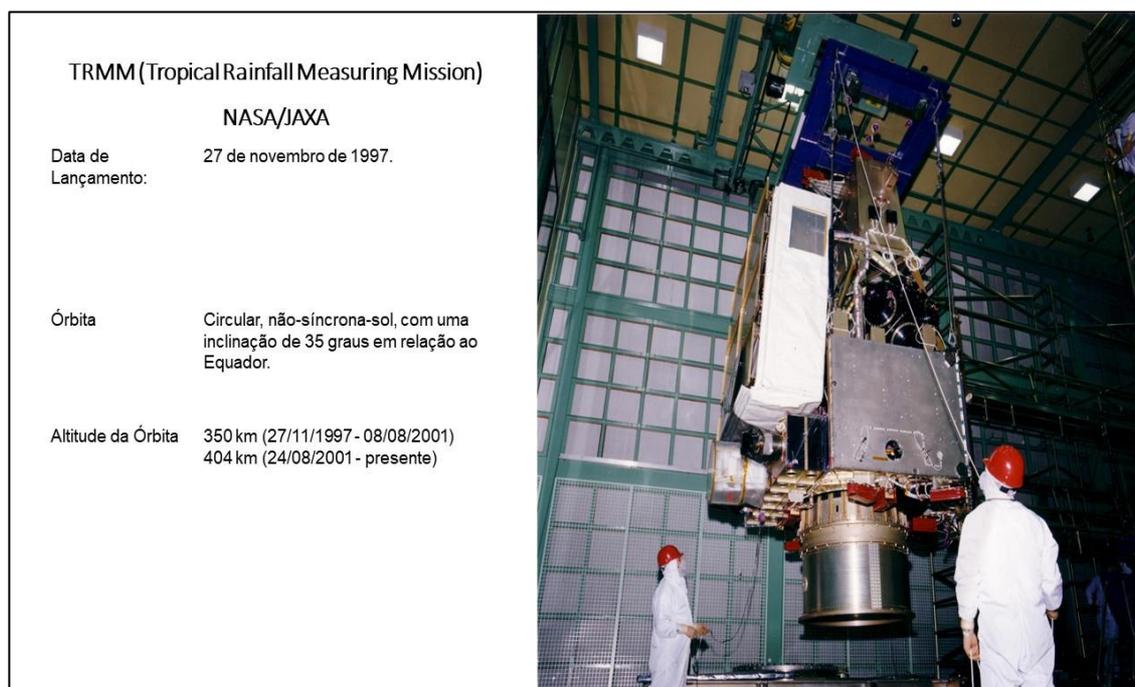


Figura 15: *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).*

Fonte: <https://pmm.nasa.gov/trmm>.

O CERES operou por pouco tempo, de janeiro a agosto de 1998 e março de 2000, e foi utilizado em estudos sobre a energia trocada entre o Sol, Atmosfera, superfície da Terra, nuvens e o espaço.

O LIS, é o sensor de imagens de raios que detecta e localiza relâmpagos na região tropical, fornecendo uma ferramenta imprescindível para alertas de tempestade. A figura 16 apresenta uma imagem que apresenta uma ilustração de todos os sensores

em operação no TRMM, esses dados coletados são disponibilizado em uma resolução temporal de 3 horas e uma resolução espacial de 27 km.

Destacando-se no fornecimento de dados da precipitação nas regiões intertropicais do planeta (Huffman et al., 2007). O satélite TRMM é um projeto de parceria entre a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e a Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), e foi lançado em 27 de novembro de 1997, com o objetivo de monitorar e estudar a precipitação nos trópicos e subtópicos (Kummerow et al., 1998), além de verificar a influência do clima global. É uma boa alternativa no monitoramento da precipitação em nível regional e em nível global, devido à carência de uma rede pluviométrica consistente temporal e espacialmente.

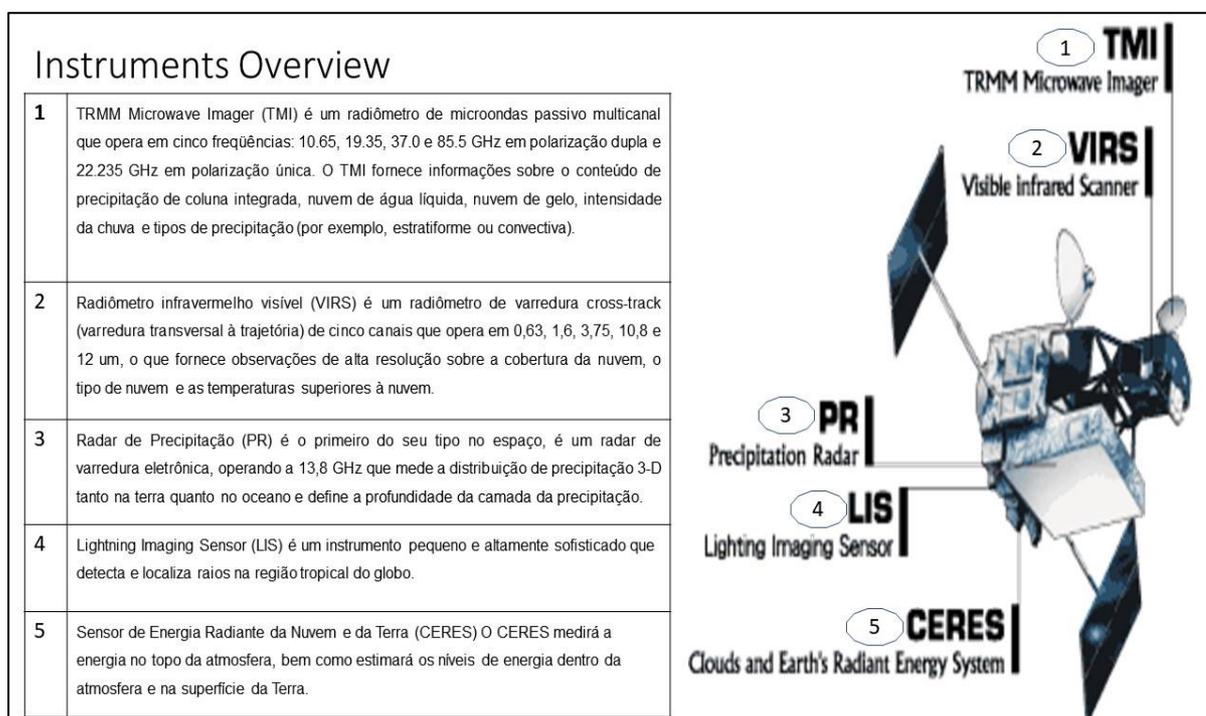


Figura 16: Sensores do Satélite TRMM.

Fonte: adaptada de <https://pmm.nasa.gov/TRMM>.

O TRMM gera diversos produtos, dependendo da combinação de instrumento utilizada nos algoritmos de cálculo. No presente trabalho foi utilizado o produto 3B42-v7, produto que utiliza estimativas de precipitação por micro-ondas do imageador de micro-ondas (TMI), promovendo correção através das informações das estruturas verticais das nuvens, obtidas pelo radar de precipitação (PR).

The screenshot shows the Giovanni web interface with the following details:

- URL:** <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=TrmAvMpb&starttime=2015-05-01T00:00:00Z&endtime=2015-05-31>
- Page Title:** GIOVANNI The Bridge Between Data and Science v 4.23
- Navigation:** EARTH DATA, Data Discovery, DAACs, Community, Science Disciplines.
- Alerts:** MODIS OP&NDAP server continuing problem ... [1 of 3 messages] Read More
- Select Plot:** Maps: Time Averaged Map, Comparisons: Select..., Vertical: Select..., Time Series: Select..., Miscellaneous: Select...
- Select Date Range (UTC):** YYYY-MM-DD HH:mm to YYYY-MM-DD HH:mm. Range: 2015-05-01 00:00 to 2015-05-31 23:59. Valid Range: 1997-12-31 to 2017-07-31.
- Select Region (Bounding Box or Shape):** Format: West, South, East, North. Range: -141.0469, -69.9141, -20.1094, 19.38.
- Select Variables:**
 - Disciplines:** Atmospheric Dynamics (16), Cryosphere (1), Hydrology (93), Water and Energy Cycle (78).
 - Measurements:** Aerosol Index (3), Aerosol Optical Depth (84), Air Pressure Anomaly (1), Air Pressure (51), Air Temperature Anomaly (2), Air Temperature (88), Albedo (21), Altitude (8), Angstrom Exponent (17), Atmospheric Moisture (114), Black Carbon (5), Buoyancy (2), CH4 (16), CO (2), CO2 (2), Canopy Water Storage (6).
- Number of matching Variables:** 107 of 1755. **Total Variable(s) included in Plot:** 1.
- Keyword Search:** Search, Clear.
- Variable List:**

Variable	Source	Temp Res.	Spat. Res.	Begin Date	End Date	Units	Vert. Slice
<input type="checkbox"/> Precipitation Total (NLDAS_FORA0125_H_v002)	NLDAS Model	Hourly	0.125°	1979-01-01	2017-10-12	kg/m ²	-
<input type="checkbox"/> Precipitation Monthly Total (NLDAS_FORA0125_M_v002)	NLDAS Model	Monthly	0.125°	1979-01-01	2017-08-31	kg/m ²	-
<input type="checkbox"/> Convective Precipitation Monthly Total (NLDAS_FORA0125_M_v002)	NLDAS Model	Monthly	0.125°	1979-01-01	2017-08-31	kg/m ²	-
<input type="checkbox"/> Rainfall (unfrozen precipitation) (NLDAS_NOAH0125_M_v002)	NLDAS Model	Monthly	0.125°	1979-01-02	2017-08-31	kg/m ²	-
<input type="checkbox"/> Snowfall (frozen precipitation) (NLDAS_NOAH0125_M_v002)	NLDAS Model	Monthly	0.125°	1979-01-02	2017-08-31	kg/m ²	-
<input type="checkbox"/> Snow depth (NLDAS_NOAH0125_M_v002)	NLDAS Model	Monthly	0.125°	1979-01-02	2017-08-31	m	-
<input type="checkbox"/> Snow melt (NLDAS_NOAH0125_M_v002)	NLDAS Model	Monthly	0.125°	1979-01-02	2017-08-31	kg/m ²	-
<input type="checkbox"/> Snow cover (NLDAS_NOAH0125_M_v002)	NLDAS Model	Monthly	0.125°	1979-01-02	2017-08-31	fraction	-
<input type="checkbox"/> Rainfall (unfrozen precipitation) (NLDAS_MOS0125_M_v002)	NLDAS Model	Monthly	0.125°	1979-01-02	2017-08-31	kg/m ²	-
- Buttons:** Help, Reset, Feedback, Plot Data.

Figura 17: Plataforma Giovanni.

Fonte: <http://giovanni.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/>.

Sendo assim, o produto 3B42 apresenta espaçamento horizontal de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ com abrangência de 35° N e 35° Sul com frequência de 3 horas.

Os dados precipitação estimados pelo satélite TRMM provenientes do produto 3B42, versão 7 (3B42-v7), foram apropriados como parte das atividades da Diretoria de Missões Científicas da NASA, usando a GES-DISC Visualização Interativa online e análise de Infraestrutura, plataforma Giovanni (figura 17).

2.1.4 Obtenção de dados observados

A precipitação é a variável meteorológica analisada, sendo os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados foram coletados uma estação meteorológica convencional de superfície no Município de Tefé. a estação meteorológica possui o número do INMET 82317, a latitude $3^\circ 50'$ S, longitude $64^\circ 42'$ W e a altitude 47 m. foram utilizados dados diários de precipitação, sendo observado na análise a metodologia adotada pelo INMET.

Para a obtenção dos dados observado foi realizado o cadastro no site do Instituto Nacional de Meteorologia, na base do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponível no endereço

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>, foi feito o download dos dados diários da estação Convencional de superfície da cidade de Tefé.

Os valores diários são computados como totais acumulados ao longo do dia, as medidas são realizadas às 12 UTC (9 horas de Brasília, no horário padrão ou, 10 horas, durante o horário de verão). Assim, por exemplo, o valor de chuva associado ao dia de hoje corresponderá ao total de chuva acumulada desde as 12 UTC de ontem, até as 12 UTC de hoje.

No cerne, sobre os dados obtidos, a priori da análise foram convertidos os totais diários em totais mensais e depois totais anuais, além disto, organizou-se uma série histórica de 1998 a 2016, com o propósito de uma comparação dos mesmo com os dados da série do TRMM e a normal climatológica de 1981-2010 disponibilizada pelo INMET, metodologia disponível em: www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/textos/metodologia.pdf.

2.1.5 Programas Utilizados

As manipulações e visualizações dos dados foram feitas utilizando diversas ferramentas, as quais serão descritas abaixo:

- A) CDO – disponibilizado pelo Max-Planck-Institut for Meteorologie, o CDO (Climate Data Operators) é um conjunto de comandos estatísticos e aritméticos para aplicações em dados meteorológicos, Santos, (2016). Ele foi utilizado para manipular os dados diários, calcular as médias mensais e anuais e a média da série histórica.
- B) KDE Advanced Text Editor (Kate), foi utilizado para criar um conjunto de instruções para cada função, denominado de script. O conjunto de instruções (script) foram salvos no editor, gerando um arquivo com a extensão “.gs” para ser executado no GrADS.
- C) GrADS – Grid Analysis and Display System, desenvolvido e fornecido pelo COLA (Center for Ocean-Land-Atmosphere-Interactions) é usado para manipulação, cálculos e visualização de dados meteorológicos. O GrADS foi utilizado para calcular as médias mensais e anuais, bem como, as anomalias de precipitação mensais e anuais realizando suas visualização e plotagem.

2.1.6 GrADS

O trabalho foi desenvolvido usando o analisador de Grade e Sistema de Exibição (GrADS), é uma ferramenta interativa que está atualmente em uso global para análise e exibição de dados de ciências da Terra. O GrADS está implementado em todas as plataformas Linux de estações de trabalho disponíveis, MS_DOS e Wind 95/98, é gratuitamente distribuído na internet.

Foi utilizado um sistema de Visualização e Análise de Dados em Pontos de Grade (GrADS). É um software interativo utilizado nas tarefas de acesso, manipulação e visualização de dados geofísicos em geral. O GrADS trabalha com matrizes de dados nos formatos binário, gr1b, netcdf ou hdf-sds, nas quais as variáveis podem possuir até 4 dimensões (longitude, latitude, níveis verticais e tempo) especificadas por um arquivo como descritor.

Atualmente, o GrADS é o software mais utilizado nos centros operacionais e de pesquisa meteorológica foi desenvolvido pelo pesquisador Brian Doty (doty@cola.iges.org) no COLA (grads.iges.org/cola.html) dentro da Universidade de Maryland no final da década de 80. Sua distribuição é totalmente livre e gratuita através de sua página oficial: <http://cola.gmu.edu/grads/grads.php>.

As variáveis podem ser plotadas e combinadas usando vários tipos de gráficos, os quais podem ser gravados em formato *PostScript* ou diversos formatos de imagem gráfica (PNG, GIF, JPEG, etc.). O GrADS possui uma interface programável (*scripting language*) com a qual é possível se desenvolver sofisticadas análises, cálculos de variáveis derivadas e aplicações de visualização automática.

Dentro dos scripts é possível se desenvolver a interatividade com funções, expressões ou rotinas externas escritas com outras linguagens de programação (*FORTRAN, C, UNIX Shell*) e com linhas de comando do sistema operacional (*MS-DOS, Windows, LINUX, UNIX*). As versões atuais trazem uma grande variedade de funções intrínsecas (funções do próprio GrADS), mas o usuário também pode adicionar sua própria função usando rotinas externas desenvolvidas em FORTRAN ou outra linguagem.

O GrADS pode ser executado em modo de coleção e, portanto, os scripts podem ser usados para realizar tarefas automáticas sem a necessidade da presença direta do usuário. Santos, (2016).

2.1.7 Planilha Excel

Utilizou-se a planilha do Excel para a tabulação dos dados obtidos da estação meteorológica de superfície convencional e a sistematização dos dados de Malária, desembarque do pescado. No campo meteorológico a construção da planilha seguiu os procedimentos para a obtenção dos totais diários, mensais e anuais e a obtenção da média mensal e anual para efeito de comparação com os dados do satélite TRMM.

2.1.8 Fórmulas dos cálculos da média e anomalia

Os dados diários foram compostos em séries de acumulado mensais, semestrais e anuais das quais foram extraídos os parâmetros estatísticos Média e Desvio Padrão, conforme equações 1 e 2, de posse destas informações foram calculadas as Anomalias conforme a equação 3 e 4, esse cálculo foi feito para todo estado do Amazonas, entretanto a análise se dará na região central do estado do Amazonas. O período de estudo será de 1998 a 2016, os resultados foram espacializados em forma de mapas.

$$1- \text{ Média: } \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$2- \text{ Desvio Padrão: } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$3- \text{ Anomalia: } \mathcal{AN} = x_i - \bar{x}$$

$$4- \text{ Anomalia Normalizada: } \mathcal{AN} = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

Onde: x_i = é o valor acumulado no mês, semestre ou anual;

\bar{x} = Média do Semestre;

σ = desvio padrão;

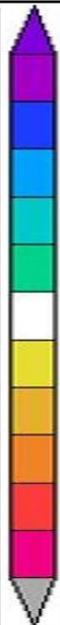
n = número de observações.

Após o cálculo da anomalia normalizada de precipitação foi feito a classificação, Quadro 02, que tem como base o intervalo do desvio em relação à média, ou seja, quanto em um determinado ano e local, a observação se distanciou para mais ou para menos do habitual.

O quadro 02, apresentam as classificações das normalizações com base nos resultados da fórmula 04, na fase positiva temos como resultado: “tendência a chuvoso” para os resultados 0,5 a 1,0, “Chuvoso” para os resultados 1,0 a 1,5, “Tendência a muito chuvoso” para os resultados 1,5 a 2,0, “Muito chuvoso” para os resultados 2,0 a 2,5, “ Tendência a extremamente chuvoso” para os resultados 2,5 a 3,0 e “Extremamente chuvoso” para os resultados >3.

Na fase negativa temos como resultado: “Tendência a seco” para os resultados -0,5 a -1,0, “Seco” para os resultados -1,0 a -1,5, “Tendência a muito Seco” para os resultados -1,5 a -2,0, “muito Seco” para os resultados -2,0 a -2,5, “Tendência a extremamente seco” para os resultados -2,5 a -3,0, “Extremamente Seco” para os resultados <-3. Essa classificação será apresentada em forma de mapas.

Quadro 2: Classificação da Anomalia Normalizada

Extremamente chuvoso	> 3,0	
Tendência a extremamente chuvoso	2,5 a 3,0	
Muito chuvoso	2,0 a 2,5	
Tendência a muito chuvoso	1,5 a 2,0	
Chuvoso	1,0 a 1,5	
Tendência a chuvoso	0,5 a 1,0	
Normal	- 0,5 a 0,5	
Tendência a seco	-0,5 a -1,0	
Seco	-1,0 a -1,5	
Tendência a muito seco	-1,5 a -2,0	
Muito seco	-2,0 a -2,5	
Tendência a extremamente seco	-2,5 a -3,0	
Extremamente seco	< - 3,0	

Fonte: Boletim climático CPRM 2018, adaptado Reumally Oliveira.

Utilizou a correlação de Pearson na análise dos dados estimados com os dados observados diretamente no Excel. O coeficiente de correlação de Pearson (r) ou coeficiente de correlação produto-momento ou o r de Pearson mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice adimensional com valores situados ente -1,0 e 1.0 inclusive, que reflete a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados.

Este coeficiente, normalmente representado pela letra "r" assume apenas valores entre -1 e 1.

* $r = 1$ significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis.

* $r = -1$ Significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis - Isto é, se uma aumenta, a outra sempre diminui.

* $r = 0$ Significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

No entanto, pode existir uma outra dependência que seja "não linear". Assim, o resultado $r=0$ deve ser investigado por outros meios. Observe a fórmula:

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

Além do diagrama de dispersão será calculado o coeficiente de determinação (r^2). O coeficiente de determinação é uma medida descritiva da proporção da variação de Y que pode ser explicada por variações em X, segundo o modelo de regressão especificado. Ele é dado pela seguinte razão:

$$r^2 = \frac{\left(\sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \sum \frac{y_i}{n} \right)^2}{\left(\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \right) \left(\sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n} \right)}$$

Também será computada a diferença entre a precipitação total acumulada observada e estimada para todo o período de 19 anos, baseado no trabalho realizado por Nóbrega et al. (2008).

Os dados dos impactos sociais foram coletados e adquiridos por meio de Teses, Dissertações e artigos e através sites oficiais da Defesa Civil municipal, estadual e nacional, bem como dados da Fundação e Vigilância sanitária, coletado nas unidades da cidade de Tefé, Alvarães e Uarini e do Instituto Brasileiro Geografia e Estatística (IBGE), obtidos na Agência do IBGE da cidade de Tefé e no site www.cidades.ibge.gov.br.

CAPÍTULO 3 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Localização Geográfica

A pesquisa delimita-se na Mesorregião Centro Amazonense, mais precisamente na microrregião de Tefé, que é composta pelos municípios de Alvarães, Tefé e Uarini.

A regionalização apresentada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística que visa atender os critérios fisiográficos, econômicos e demográficos, bem como critério de articulação e influência dos centros e das cidades ao seu entorno.

Desta forma, enfatizando as regiões de influências de cada centro, viabilizando a produção e distribuição, através das Regiões de Influência das Cidades, (IBGE, 2008).

Entretanto usaremos para análise dos resultados a tipologia proposta pelos pesquisadores do Núcleo de Estudos e Pesquisas das Cidades na Amazônia Brasileira (NEPECAB). Localização dos Municípios em estudo, figura 18.

As pesquisas estão focadas na rede urbana na Amazônia Brasileira estabelecida ao longo dos rios Solimões e Amazonas no Estado do Amazonas. Em análise encontram-se as cidades Médias de responsabilidade territorial, (SCHOR et al, 2006, SCHOR e OLIVEIRA, 2011). Os autores construíram uma proposta de tipologia à rede urbana do estado do Amazonas, delimitando alguns arranjos institucionais que poderiam ser analisados em conjuntos estabelecendo uma hierarquia urbana para essas cidades.

Segundo os autores para construir uma tipologia para as cidades do estado do Amazonas deverão determinar um conjunto de arranjos vão desde as variáveis históricas, relações intra e interurbana, serviços e comércio arrecadação de impostos, insumos para a cesta básica regionalizada, índice da construção civil, produtos extrativistas, infraestrutura urbana e fluxos de transporte. (SCHOR e COSTA, 2011; SCHOR e OLIVEIRA, 2011; OLIVEIRA e SCHOR, 2010).

No cerne da tipologia das cidades na Amazônia, os resultados dos arranjos permitiram a construção de uma tipologia própria que buscou contemplar e compreender as dinâmicas internas e externas de cada cidade estudada, esse trabalho foi apresentado por Schor e Oliveira (2011). Da tipificação apresentada a pesquisa foi desenvolvida buscando a análise de uma cidade classificada como Cidades Médias de Responsabilidade territorial que fazem parte as cidades de Tabatinga, Parintins e Tefé, sendo a cidade de Tefé objeto de estudo nesta pesquisa.

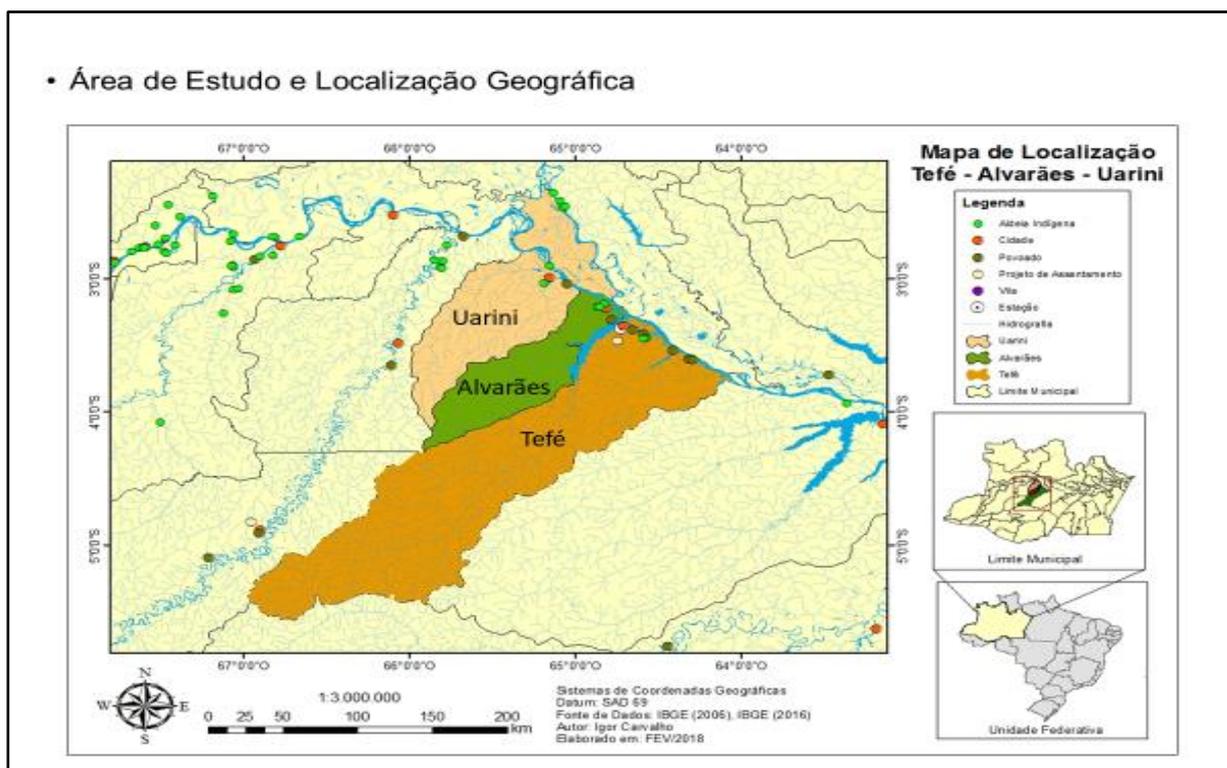


Figura 18: Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Dados do IBGE, elaborado por Igor Carvalho.

3.1.2 Contextos das cidades na Amazônia

As cidades médias brasileiras tiveram um aumento significativo em sua população nos 70 e 90. As cidades médias dobraram sua participação na população total em contrapartida ocorreu uma diminuição das maiores cidades (SANTOS et al, 2001). Coadunado com as pesquisas sobre as cidades médias, o Ipea, classifica as cidades médias aquelas com população entre cem mil e 500 mil habitantes. No cerne da interpretação do sistema urbano regional na Região Norte municípios com população de 50 mil a cem mil habitantes podem desempenhar a função de cidades médias, sendo identificadas pela função urbana de três modos (IPEA 2014):

- I – Por estar em um espaço regional mais amplo;
- II – Por integrar os municípios periférico de uma aglomeração urbana;
- III – Podem constituir um núcleo central;

Conseqüentemente a análise das cidades por classe de tamanho deixou de ter os significados que já tiveram sob antigas dinâmicas econômico- sociais. Desta forma a importância das cidades médias reside no fato que as mesmas possuem uma dinâmica econômica e demográfica próprias, essas cidades apresentam prestação de

serviços públicos e não necessariamente ao seu porte populacional, as cidades desempenham função de núcleo estratégico na rede urbana do Brasil.

Nessa perspectiva, a pesquisa traz em uma análise climática regional a importância do entendimento das cidades situadas na calha de um importante rio, ou no centro de uma mesorregião ou microrregião compreendendo as diferentes funcionalidades e dinâmica das cidades do Amazonas revelando o impacto do sistema climático na sociedade.

Portanto, esses fenômenos nas cidades do médio-amazonas têm seus impactos maximizados dependendo da escala de análise, uma vez que as cidades médias possuem um grau de conectividade e dependência com as cidades menores, como afirma Schor et al., (2006).

3.1.3 A região do Médio Solimões

A região do Médio Solimões tem com maior e mais importante cidade o Município de Tefé. Mesmo com uma população inferior a 100 mil habitantes desempenha um papel político, econômico e cultural relevante para esta fração do território. Oliveira discorre sobre as cidades amazônicas:

[...] as cidades amazônicas embora pequenas e com pouca ou nenhuma importância para as outras regiões do país, tem organização e estrutura que extrapolam sua dimensão específica, configurando forma e estilos que estão além da circunscrição espacial. Nelas encontram-se instituições regionais, nacionais e até internacionais, influenciando de forma direta ou indireta o cotidiano. Em outras palavras, as cidades amazônicas são produzidas a partir do específico, tendo dimensões gerais. (OLIVEIRA, 1995, p. 39).

Propomos explicar que Tefé utiliza seu território como eixo da circulação na região; isto é, na limitação de meios de produção (entendidos como fixos associados), os fluxos providenciam o uso do território e agem como tais produzindo outras atividades consorciadas que provocam o consumo e capital de giro na cidade. Queiroz (2015).

As cidades possuem um conjunto de arranjos institucionais que passam a ser afetados, evidenciando as espacialidades por meio de diferentes perspectivas de impactos socioambientais: da pesca, da agricultura, do extrativismo, uso do solo, da utilização da água, falta de saneamento básico, da ineficiência das redes de saúde, bem

como da suscetibilidade às condições atmosféricas fruto de um planejamento ineficiente ou inexistente.

3.1.4 A Centralidade da Cidade de Tefé

Na organização da pesquisa a escolha da cidade de Tefé como objeto das análises dar-se por ser a cidade entre as citadas que dispõe uma estação meteorológica do INMET, e por se tratar de uma cidade de média responsabilidade territorial. Schor e Costa, (2007), para as pesquisadoras essa classificação se dá pelo fato da cidade exercer uma função na rede que vai além de suas características em si. Diferente da metodologia do Ipea, que as “cidades médias” seriam cidades com população com cem mil a quinhentos mil habitantes, definindo em uma análise puramente populacional.

Segundo SCHOR e OLIVEIRA (2011), afirmam:

A importância territorial dessas cidades tem origem no desenvolvimento histórico-geográfico que constituiu a rede urbana nessa região. O desenvolvimento econômico destas cidades tende a agregar valor na região. Ainda nesta tipologia deve-se incluir a variável “de fronteira”, pois a dinâmica das cidades localizadas na fronteira as difere das demais tanto em termos de perfil urbano quanto à rede da qual participam, principalmente por conta do papel exercido pelas forças armadas e populações indígenas quanto com relação às redes que se estabelecem internacionalmente. (SCHOR E OLIVEIRA, 2011)

Desta forma, a cidade de Tefé é analisada dentro de uma dinâmica da inter-relações de seus fixos e fluxos na rede urbana. Rede urbana compreendida como espaço hierarquizado através da influência econômica, social, política e cultural. As cidades não se distinguem apenas pela concentração de população, mas sobretudo, pela quantidade e pela qualidade dos serviços que oferecem, como escolas, hospitais, bancos, centros culturais, centros de abastecimento, universidades.

Deste modo, a cidade de Tefé exerce diversas funções urbanas e contém diferentes arranjos institucionais que são importantes não só para o município, mas principalmente para as cidades adjacentes como Maraã, Fonte Boa, Uarini, Alvarães e Japurá e Carauari. Atualmente, Tefé apresenta uma diversidade cultural e econômica devido à implantação do polo universitário da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Instituto Federal do Amazonas - IFAM, O Instituto de Desenvolvimento

Sustentável Mimirauá (IDSM), a 16ª Brigada Infantaria de Selva, representando Exército Brasileiro, porém está na agricultura grande parte de sua produção econômica.

Instituições sediadas em Tefé que compreendem em suas atividades administrativas uma área de ação regional que coincide com os 9 municípios constituintes da região de influência de Tefé são: a Secretaria da Fazenda do Estado do Amazonas (SEFAZ); Correios; DETRAN; IBGE e a Polícia Militar, Instituições como a Polícia Civil, Capitania dos Portos (Marinha), Cartório Eleitoral e a FUNAI exercem suas respectivas responsabilidades territoriais pertinentes à centralidade institucional tefeense.

Além disso, a cidade de Tefé já possuía uma estação meteorológica já instalada desde ano 1980. Tefé no ano de 2002, passou a contar com os serviços pertinentes ao Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM) e Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). Tefé passa a constar no conjunto de cidades que possuem instituições que operacionalizam gestões utilizando alta tecnologia militar, influenciando no contexto geopolítico das nações amazônicas como Colômbia, Venezuela e Peru.

Para mais, outro órgão que faz parte dos arranjos existente em Tefé, O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio) fiscaliza as questões ambientais representando grande parte das ações federativas no Solimões, buscando implementar o plano de manejo dentro da Floresta Nacional (FLONA) de Tefé, outras instituições como o SENAC, SESC, CETAM, SEBRAE, buscam promovem ações e iniciativas valorosas quanto ao direcionamento de conhecimentos técnicos e organizacionais que envolvem a iniciativa privada junto à Associação dos Comerciantes e Empresários de Tefé (ACET), todos os serviços são disponibilizado na cidade de Tefé e nas cidades vizinhas, exemplificando a centralidade da cidade de Tefé em relação ao serviços.

A cidade de Tefé, exerce uma função estratégica às instituições das mais diversas hierarquias estaduais, federais e internacionais. Há este conjunto de infraestruturas institucionais que lhe condiciona um papel relevante no desenvolvimento da região em que está inserida longe dos centros econômicos brasileiros, e em um núcleo de disposição de serviços, serviços que muitas vezes só são disponibilizado na capital do estado do Amazonas a cidade de Manaus.

3.1.5 Tefé

O município de Tefé localiza-se entre as coordenadas geográficas - 03°21'14" Sul e -64°42'39" a Oeste de Greenwich. A área urbana do município localiza-se à margem direita da foz represada do rio Tefé, acidente geográfico conhecido como lago Tefé, que a limita em sua porção oeste, noroeste e norte. Limita-se com os municípios de Coari, Tapauá, Carauari, Alvarães e Marã. O acesso à cidade é possível somente via transporte fluvial e aéreo. Com base nos dados do IBGE (2017), o município possui uma área territorial de 23.692,223 km² e uma densidade demográfica de 2,59 hab./km².

Segundo o Censo Demográfico de 2010, a população do município de Tefé foi contabilizada em 61.453 habitantes. É um município urbanizado, onde 81,48% de sua população total (60.069 habitantes) habitam na sede municipal, em contrapartida à parcela da população que vive no campo, sendo essa de 18,52% (1.384 habitantes). Em 2018, a estimativa populacional foi de 62.021 habitantes, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal em 2010 era de 0,639 considerado como classificação médio (0,600 e 0,699).

3.1.6 Alvarães

O município de Alvarães localiza-se entre as coordenadas geográficas 03°13'15" Sul e 64°48'14" a Oeste de Greenwich. O município está localizado à margem esquerda do Rio Solimões. Limita-se com os municípios de Tefé, Marã, Juruá e Uarini. O acesso à cidade é possível somente via fluvial, para chegar de Manaus até Alvarães é preciso ir de barco até Tefé, de lá pega-se uma "catraia" para atravessar o Lago de Tefé.

Pelo lago, os "catraieiros", profissionais que utilizam a canoa e o motor de polpa para realizar a atividade de travessia de pessoas, com intuito de integrá-los a bairros ou cidades. Eles direcionam para Nogueira "(Vila situada na margem direita do lago na 37 direção foz/nascente), que após a pavimentação da estrada Alvarães/Nogueira, a circulação foi facilitada proporcionando o emprego e renda" (RODRIGUES, 2011 p.106). Da vila, pega-se um táxi/lotação ou moto táxi, que faz o transporte de Nogueira para Alvarães. Por esse percurso, o usuário pagará R\$ 20,00 (vinte) reais (ida e volta), sendo R \$5,00 (cinco) para atravessar de lancha e mais R\$ 5,00 (cinco) de carro ou moto. Com base nos dados do IBGE (2017), o município possui uma área territorial de 5.911,768km² e uma densidade demográfica de 2,38hab/km². Segundo o Censo

Demográfico de 2010, a população do Município de Alvarães foi contabilizada em 14.088hab.

Pelos dados populacionais, não é possível ser considerado um município urbanizado – 55,98% de sua população total (7.887 habitantes) habitam na sede municipal, e a parcela que vive no campo é de 44,02% (6.201 habitantes). Em 2018, a estimativa populacional era de 15.166 habitantes. Veremos a seguir alguns dados sobre o Índice de Desenvolvimento Humano de Alvarães.

Além disso, o IDHM do município de Alvarães em 1991 foi de 0,306. Alvarães teve um incremento no seu IDHM de 72,22% nas últimas duas décadas, ou seja, passou de 0,306 em 1991 para 0,527 em 2010. Esse aumento foi acima do crescimento nacional (47%) e acima da média do crescimento estadual (56%). Mas, ainda assim, o município está situado na faixa de Desenvolvimento Humano Baixo, e ocupava a 5416ª posição do ranking em 2010, em relação aos 5.565 municípios do Brasil.

3.1.7 Uarini

O município de Uarini localiza-se entre as coordenadas geográficas 02°59'24" Sul e 65°6'28" a Oeste de Greenwich. O município está localizado à margem esquerda do Rio Solimões. Limita-se com os municípios de Alvarães, Juruá, Fonte Boa e Maraã. O acesso à cidade pode ser feito somente via fluvial. Com base nos dados do IBGE (2017), o município possui uma área territorial de 10.289,35km² e uma densidade demográfica de 1,16 hab/km². Segundo o Censo Demográfico de 2010, a população do Município de Uarini foi contabilizada em 11.891hab.

Pelos dados populacionais, não é possível ser considerado um município urbanizado – 57,14% de sua população total (6.795 habitantes) habitam na sede municipal, e a parcela que vive no campo é de 42,86% (5.096 habitantes). Em 2017, a estimativa populacional foi de 13.428 hab.

CAPÍTULO 4 _ RESULTADOS

4.1.1 Validação dos dados de precipitação

Na análise do gráfico 1, que mostra a média mensal dos dados estimados (EMS) e a média dos dados observados (TRMM), obtivemos uma boa semelhança na

variabilidade mensal, em média ocorre um aumento da precipitação nos meses de novembro até abril, seguindo de uma diminuição nos meses seguintes maio, junho, agosto. Ressalta-se que essa variabilidade mensal é modulada pela marcha da ZCIT, que durante o verão austral está posicionada mais ao sul, outro sistema que neste período atua com maior frequência e a Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS), no mês de novembro caracterizando o início da estação chuvosa.

4.1.2 Comparação da Média do TRMM com EMS de Tefé

No cerne da análise dos dados do TRMM, observamos na maioria dos meses os dados do satélite superestimaram os dados da estação meteorológica de superfície da cidade de Tefé, essa diferença entre os dados estimados e o observado é maior nos meses de junho, julho, agosto meses que apresentam uma menor média de precipitação na EMS.

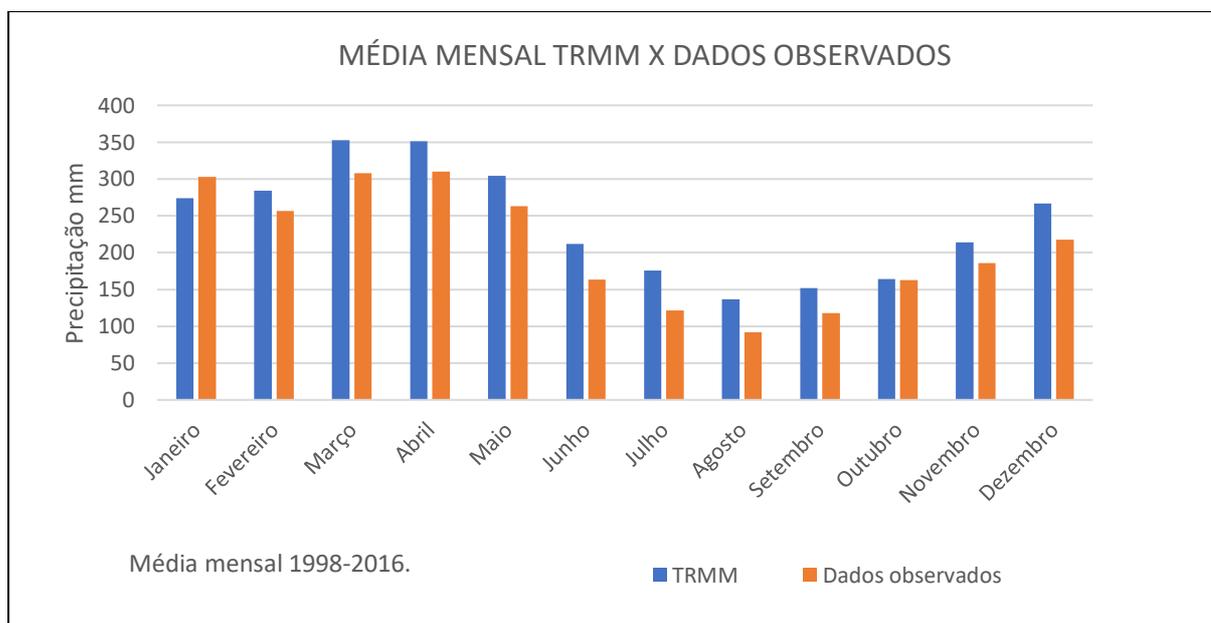


Gráfico 1: Média dos meses da Série histórica 1998-2016.

Fonte: Dados do Satélite TRMM e EMS do INMET, produzido Reumally 2018.

Ademais ao gráfico, uma interpretação importante sobre os dados observado é o “salto de ferreiro” apresentado por (UVO 1989).

“Durante observação das posições da ZCIT médias mensais para anos considerados secos ou chuvosos, notou-se que no mês de fevereiro, principalmente durante anos secos, a ZCIT presente uma interrupção no seu deslocamento para o sul, voltando aproximadamente 1,5° para o norte e

retornando em direção ao sul para então atingir sua posição mais ao Sul. Esse comportamento será, a partir de agora, denominado “salto.” (UVO, 1989).

Portanto, esse comportamento é evidenciado na interpretação dos dados da média mensal da série histórica da EMS 1998-2016, quando o resultado apresentou uma redução média da precipitação no mês de fevereiro. Outro aspecto relevante do gráfico 01, é a variabilidade média nos meses de novembro a maio que são meses que apresentam uma estação maior média de precipitação.

4.1.3 Análise do coeficiente de determinação (r^2) e correlação (r).

Na busca de avaliar o ajustamento e correlação dos dados do Satélite TRMM e a EMS, foram realizados uma análise estatística de coeficiente de determinação (R^2) através de uma regressão linear sobre os valores observados e estimados, esse cálculo buscou saber o quanto a variável precipitação estimada do sensor TRMM é explicada ou assimilada pela variável independente da precipitação observada na estação. O calculado do coeficiente de determinação (R^2) é apresentado no gráfico 2, o resultado do coeficiente de determinação (R^2) é um fator considerável, explicando 90 % da variação da variável dependente (precipitação média mensal) observada pelo sensor do TRMM durante os meses da série estudada 1998-2016.

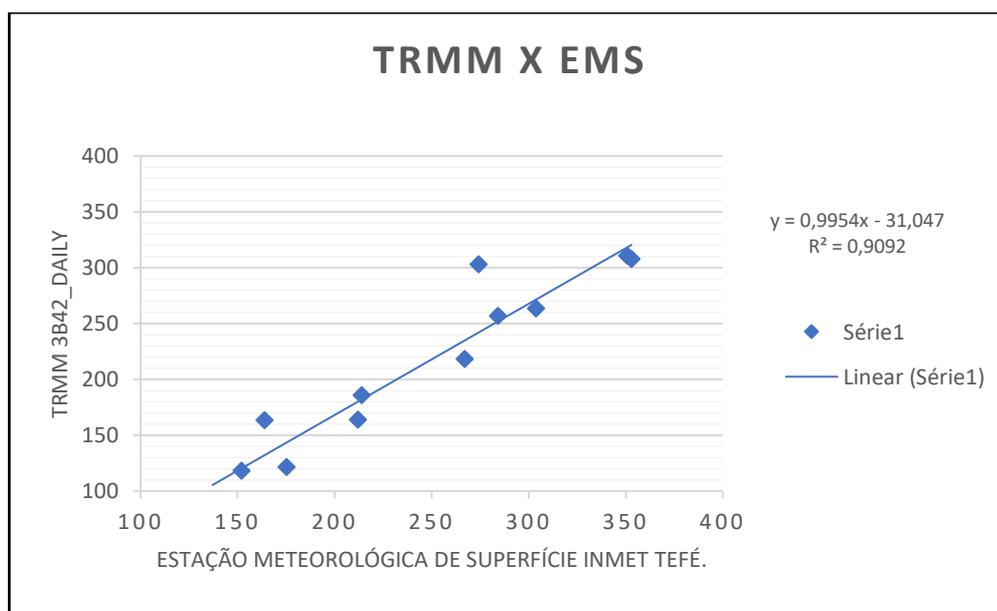


Gráfico 2: Coeficiente de determinação (r^2) e correlação de Pearson (r).

Fonte: Dados do Satélite TRMM e EMS do INMET, produzido Reumally 2018.

Outro cálculo estatístico realizado foi da Correlação de Pearson para saber se ocorreu uma boa correlação positiva ou negativa entre os dados observado e estimado. Após o cálculo obtivemos um valor do coeficiente de correlação de (0,95), ou seja, uma correlação positiva linear forte, entre os dois dados com o intercepto partindo de 100 mm, isso quer dizer que a variável y é explicada pela variável independente x. (precipitação observada na estação de superfície do Município de Tefé e precipitação estimada do satélite Trmm).

4.1.4 Espacialização da Precipitação no período de 1998-2016

Os resultados obtidos nesta pesquisa sobre a precipitação da região Amazônica contemplam os trabalhos apresentados por outros autores como Nobre et al., Marengo, (2009); Marengo, (1992). Os autores caracterizam a região amazônica como sendo de um regime de precipitação tipo monção bem definido. Outra pesquisadora que trabalha o tema é Lima, (2015), que apresentam uma abordagem mais focalizada sobre o sistema de monções da América do Sul e variabilidade anual deste sistema. A autora define a palavra como “Monção” que tem origem Árabe como sendo do mesmo significado de “sazonal” ou “estação”, o termo está ligado diretamente sobre a reversão na direção dos ventos entre as estações de verão e inverno.

Neste sentido, os resultados apresentados na figura 19, proporciona uma análise da assinatura da precipitação influída dos sistemas de grande e mesoescala escala nos meses de janeiro a junho no território brasileiro, revelando que ocorre de forma atuante ação desses sistemas na precipitação na região Central do Amazonas.

Para mais, a análise da figura 19, os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio apresentam em média uma precipitação de 250 a 300 mm na região estudada, além disso, em especial o mês de março apresentam uma máxima precipitação nas porção oriental, central e ocidental da Amazônia com áreas que apresentam média de precipitação acima de 350 mm chegando a acima de 500 mm, um prognóstico dessa máxima precipitação seria a atuação da ZCIT que segundo UVO (1989) seria um preditor da atuação desse sistema no hemisfério sul e no caso específico da porção ocidental ocorre um acoplamento com sistemas de mesoescala que intensifica a precipitação na costa norte-nordeste da América do Sul sobre a influência da brisa marítima.

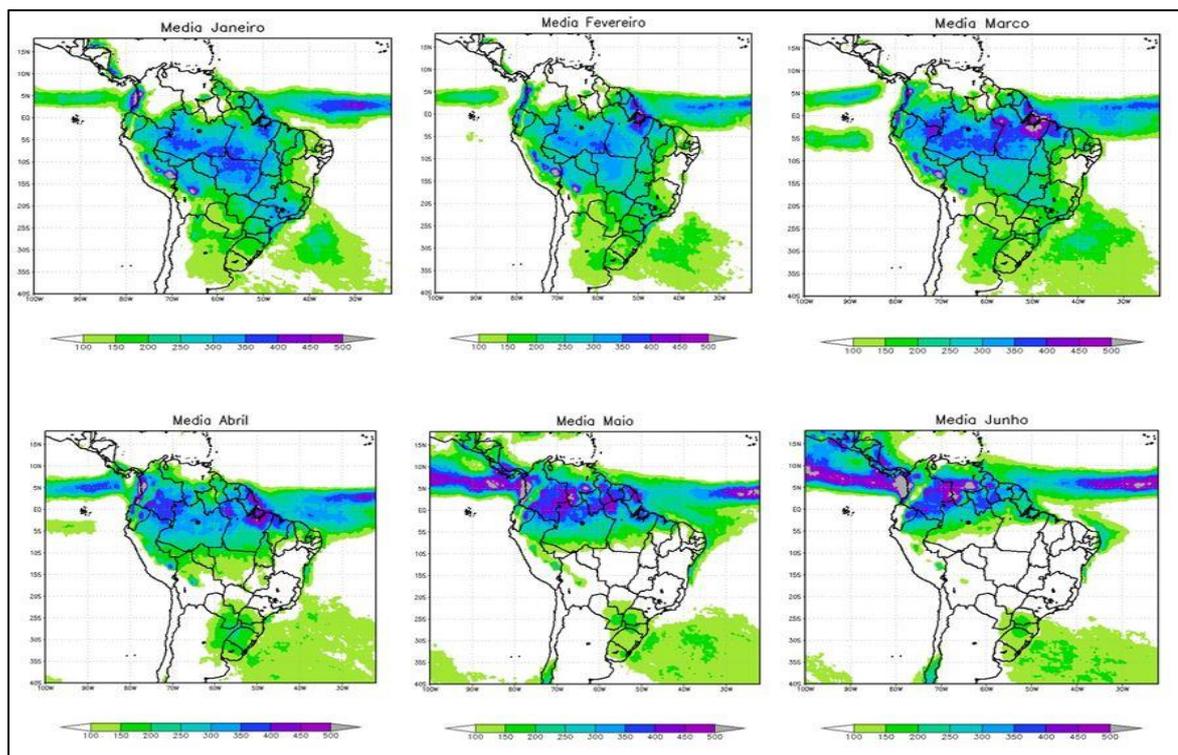


Figura 19: Média Mensais.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, produzido Reumally 2018.

Essa dinâmica e interação com a ZCIT foi apresentado no trabalho de Cohen, (1989), a autora observou as bandas convectivas que se formavam na costa norte-nordeste da América do Sul, deslocando em formato de linhas de instabilidades (LIs) a autora classificou, e observou que a atuação das LIs é mais frequente nos meses de abril e agosto.

Na análise da figura 19, observamos em média uma máxima de precipitação na porção nordeste do estado do Pará, nos meses de março e abril, acompanhado uma atuação da ZCIT.

Na interpretação, considera-se a Zona de Convergência Intertropical, por ser um sistema semipermanente e de grande extensão, tem facilidade na visualização de sua posição as análises das imagens de satélite TRMM, apresenta-se como uma banda de maior nebulosidade sobre as regiões equatoriais e subtropicais nos Oceanos Pacífico e Atlântico.

Deste modo, as mudanças de direção dos ventos ocorrem com a mudança do gradiente térmico diferencial apresentado entre o continente e o oceano, uma vez que essas áreas da superfície são capazes de armazenar calor. Esse comportamento é bem definido quando analisamos a região tropical onde ocorre um transporte de calor de

baixas latitudes para as regiões de maiores latitudes, esse sistema é caracterizado pela célula de Hadley. Christopherson, (2012).

Ademais, sobre a precipitação na Amazônia, deve ser considerado a interação dos diferentes sistemas atmosféricos, contudo a ZCIT é o mais importante sistema que atua nos trópicos. Hastenrath e Heller, (1977).

A ZCIT que se encontra em suas posições mais ao sul é influenciada pela intensificação dos alísios em baixos níveis e provocam movimento ascendente, esse movimento transfere calor das camadas mais baixas para altas, ajudando na liberação de calor latente.

Durante o verão, uma banda de nebulosidade caracterizada por convergência de ar na baixa troposfera estende-se da Amazônia para o sudeste do Brasil, na direção noroeste-sudeste, atingindo o Atlântico Sul Tropical, e formando a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), essa configuração é apresentada a partir dos meses de novembro e dezembro, figura 20.

No Brasil, a ZCIT tem sua principal influência da região Norte nos meses de março e abril podendo chegar no início de maio, UVO (1989) essa variação pode ser um bom preditor das estações chuvosas, uma vez que seu deslocamento da região mais ao sul para a região mais ao norte apresenta a diminuição das máximas precipitações diárias destes locais.

Nos meses de verão e outono austral (dezembro a maio) a ZCIT aparece como principal sistema de grande escala gerador de precipitação, interagindo com sistemas como a Alta da Bolívia, a Zona de Convergência do Atlântico Sul, e desse modo intensificando também alguns sistemas sinóticos, a citar, vórtices e cavados em altos níveis e distúrbios ondulatórios de leste, ou ainda sistemas de mesoescala como as linhas de instabilidade que se formam na costa norte do Brasil (COHEN, 1989).

Em verificação, apresenta-se a média da precipitação dos meses de julho a dezembro, sendo evidência a variabilidade da precipitação durante os meses no território brasileiro, apresentado na figura 20.

Essa variabilidade da ZCIT apresentada por Hastenrath, (2002), sendo o sistema responsável pela transferência de energia de regiões de altas latitudes em direção ao equador sendo caracterizado por uma zona de alta nebulosidade com movimento convergente em baixos níveis e divergentes em alto níveis.

Em análise, na figura 20 sobre a região de estudo os resultados apontam uma diminuição da precipitação nos meses de julho e agosto 100 a 150 mm, período que a ZCIT está em sua posição deslocada para hemisfério norte, além disso observamos um aumento da precipitação no mês de outubro na estação da primavera no hemisfério sul, caracterizada pelo aumento da temperatura.

Encontrados a partir de novembro a organização do sistema de ZCAS, este sistema tende a acoplar com outros sistemas que interage com intensa convecção tropical nos meses de verão sobre as grandes fontes de liberação de calor latente tropicais, no caso específico a Bacia Amazônica (América do Sul).

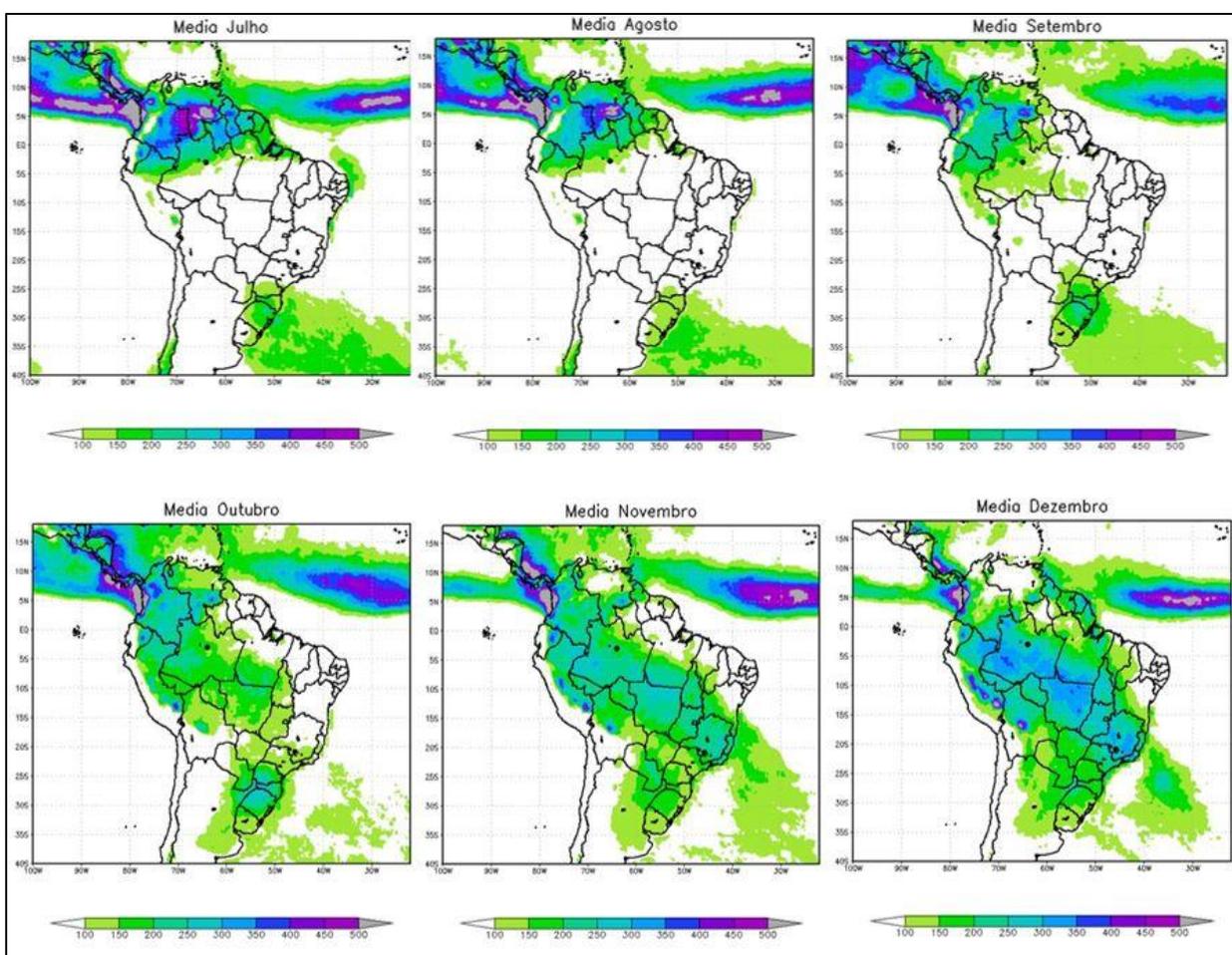


Figura 20: Média Mensal.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

A organização desse sistema ajuda no transporte de umidade da região Amazônica para região central e nordeste do Brasil, quando organizado a partir do quarto dia tem um aumento significativo na precipitação, como podemos comprovar com

a pesquisa de Oliveira (1986), sobre as interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia.

Diante do exposto podemos observar que o sinal da assinatura da precipitação sobre a região central do estado do Amazonas é característico e similar a atuação dos sistemas atmosféricos que atuam nessa região como: Zona de Convergência Intertropical, Zona de Convergência do Atlântico Sul, Linhas de Instabilidade.

4.2.1 Análise das anomalias El Niño e La Niña

Os resultados obtidos das pesquisas serão apresentados com base no Índice de Niño Oceânico (ONI), figura 03, esse índice é o padrão de fato que a NOAA utiliza para identificar os eventos El Niño (quente) e La Niña (frio) no Pacífico tropical.

É a anomalia de SST média de 3 meses em curso para a região de Niño 3.4 que corresponde as coordenadas, latitudes 5°N -5°S, e longitudes -120°W -170°W). Eventos são definidos como 5 períodos de três meses sobrepostos consecutivos em ou acima da anomalia de + 0,5 ° para eventos quentes (El Niño) e ou abaixo da anomalia de -0,5 para eventos frios (La Niña). O limiar é subdividido em eventos Fraco (com uma anomalia de 0,5 a 0,9 TSM), Moderado (1,0 a 1,4), Forte (1,5 a 1,9) e Muito Forte ($\geq 2,0$).

No cerne das análises dos resultados foi elaborado um quadro com base nos índices oceânico dos Niño (figura 03), fornecidos pela *National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA*, que ajudou na interpretação das anomalias anuais da precipitação no estado do Amazonas e mais especificamente na Região Central do Amazonas. As análises das anomalias ajudam a entender os padrões da precipitação além das médias, que muitas das vezes acabam mascarando o impacto do fenômeno.

Os dados apresentados serão provenientes do satélite TRMM (estimados) em comparação aos dados observado na estação meteorológica convencional do município de Tefé. Essa organização serviu para facilitar as interpretações da espacialização da precipitação na região Amazônica possibilitando a análise secundária sobre a região do Médio Solimões.

O quadro 3, apresenta uma classificação de anomalia de temperatura da superfície do mar que será usado para analisar as conexões com as eventuais anomalias de precipitação sobre a região central do estado do Amazonas.

Quadro 3: Classificação e intensidade com base Índice Oceânico Niño.

Classificação e intensidade dos ENOS 1998-2016										
	Anomalia Negativa El Niño				Neutro	Anomalia Positiva La Niña			Duração dos Eventos	Classificaç
	Fraco	Moderado	Forte	Muito Forte		Fraca	Moderada	Forte		
1998									Jan/Jun (Jun/Dez)	EN/LN
1999									Jan/Dez	LN
2000									Jan/Dez	LN
2001									Jan/março	LN
2002									Mai/Dez	EN
2003									Jan/Mar	EN
2004									Jun/ Dez	EN
2005									Jan/Mai (Out_Jan)	EN/LN
2006									Jan/Abr (Ago_Dez)	LN/EN
2007									Jan/Mai (Out_Jan)	EN/LN
2008									Jan/jul. (Out_Dez)	LN
2009									Jan/abr (Jun_Dez)	LN/EN
2010									Jan/Abr (Mai_Dez)	EN/LN
2011									Jan/Jun (Jul_Dez)	LN
2012									Jan/Abr	LN
2013										
2014									Out_Dez	EN
2015									Jan/Dez	EN
2016									Jan/Jun (Jul_Dez)	EN/LN

LEGENDA: EN - El Niño LN - La Niña.

Fonte: NOAA (2018), adaptado Reumally Oliveira.

4.2.2 Anomalia negativa El Niño Muito Forte

No ano de 1998, figura 21, foram obtidos Anomalias negativas de precipitação em grande parte do Estado do Amazonas, por ser considerado um ano de El Niño Forte, observamos que ocorreu uma redução da precipitação anual, porém com a análise da figura 03, podemos observar que o fenômeno afetou na redução da precipitação na estação chuvosa que se inicia a partir de novembro chegando a Maio, figuras 19 e 20.

O estado do Amazonas apresentou resultado de anomalias negativas, na região central do estado do Amazonas apresentou variação de -250 mm a -500 mm. No noroeste do estado do Amazonas a anomalia está acima de -500 mm, ademais da análise do ano de 1998 podemos observar que o fenômeno de El Niño está configurado desde ano 1997, alcançando nos últimos trimestres de OND, índice de 2,4, classificando o fenômeno como El Niño Muito forte.

Esse comportamento do fenômeno El Niño, vai influenciar de forma direta a precipitação na região central do estado do Amazonas no ano de 1998, com base na

figura 03, observamos que o fenômeno El Niño persisti os primeiros trimestres do ano, com resultado do índice 1,9 no trimestre de JFM, classificado como El Niño forte.

Observamos que o ocaso do fenômeno El Niño aconteceu no trimestre AMJ, ocorrendo a inversão de sinal do fenômeno do ENOS, a inversão do sinal aconteceu no trimestre de AMJ, com índice de 0,8, classificando o fenômeno como La Niña fraca, a La Niña passa a apresentar classificação de Forte no trimestre de OND.

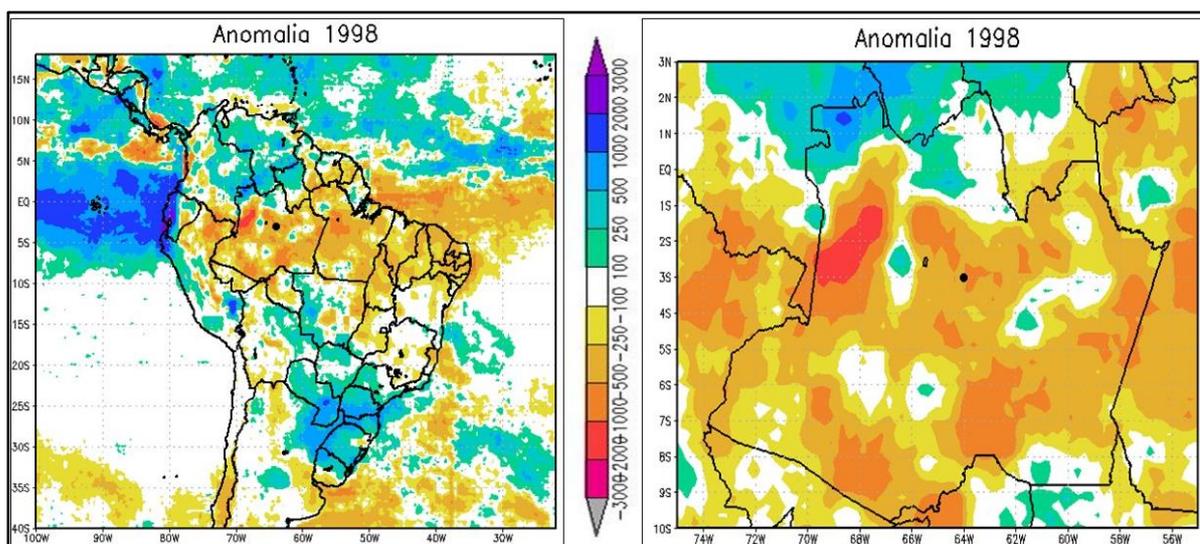


Figura 21: Anomalia de Precipitação ano de 1998.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Uma das consequências sobre a Amazônia central, em anos de El Niño, é a estiagem na Amazônia, isto se deve ao ramo descende da célula de Walker inibindo a formação de nuvens na região, esse fato comprovado por estudo realizados por Molion (1987), o autor observou que ocorreu a redução dos totais da precipitação durante os eventos de ENOS essa possível correlação provocaria secas na Amazônia, os trabalhos deste autor corroboram com trabalhos de outros autores como Kayano e Moura (1986), que analisaram a distribuição da precipitação da região amazônica nos eventos de ENOS de 1982 e 1983, um dos mais fortes eventos do século.

Portanto, nesse ano a região central do Estado do Amazonas apresentou anomalia negativa, sendo confirmado com os dados observados da estação de superfície do município de Tefé com precipitação anual de 2012 mm, déficit de precipitação de 435 mm.

Ao analisar todo o estado do estado do Amazonas, verificamos que aparecem áreas no noroeste do estado que apresentaram anomalias positivas de 250 mm a 500

mm, e áreas ao oeste com anomalias negativas abaixo de -500 mm a -1000 mm, figura 21.

No cerne da interpretação da influência dos ENOS na precipitação do Estado do Amazonas o resultado de 2015, podemos averiguar que ocorre uma variação no sinal e valor das anomalias, ou seja, áreas com anomalias positivas e anomalias negativas.

Na análise do resultado obtido no ano de 2015, figura 22 obtivemos anomalia negativa na porção central do estado do Amazonas que variam de -250 mm a -500 mm, corroborando com os dados observado de 2216 mm anual com anomalia negativa de -281 mm, ademais no diagnóstico da figura 22, nos resultados encontramos na porção sudoeste do estado, áreas com anomalia positivas que variam de 100 mm a 500 mm, apesar de ser ano de El Niño, com classificação de forte, essa precipitação anômala positiva acima da média contribui para a elevação do nível do rio, causando elevação dos rios localizado na bacia do Solimões e com isso provocou a maior cheia nas cidades estudadas.

Esses estudos sobre os padrões de anomalias sobre a região, ajuda a compreender as características das anomalias nos diferentes eventos de ENOS, esse conhecimento auxilia os agentes do Estado a propor medidas mitigatórias de enfrentamento aos eventos extremos.

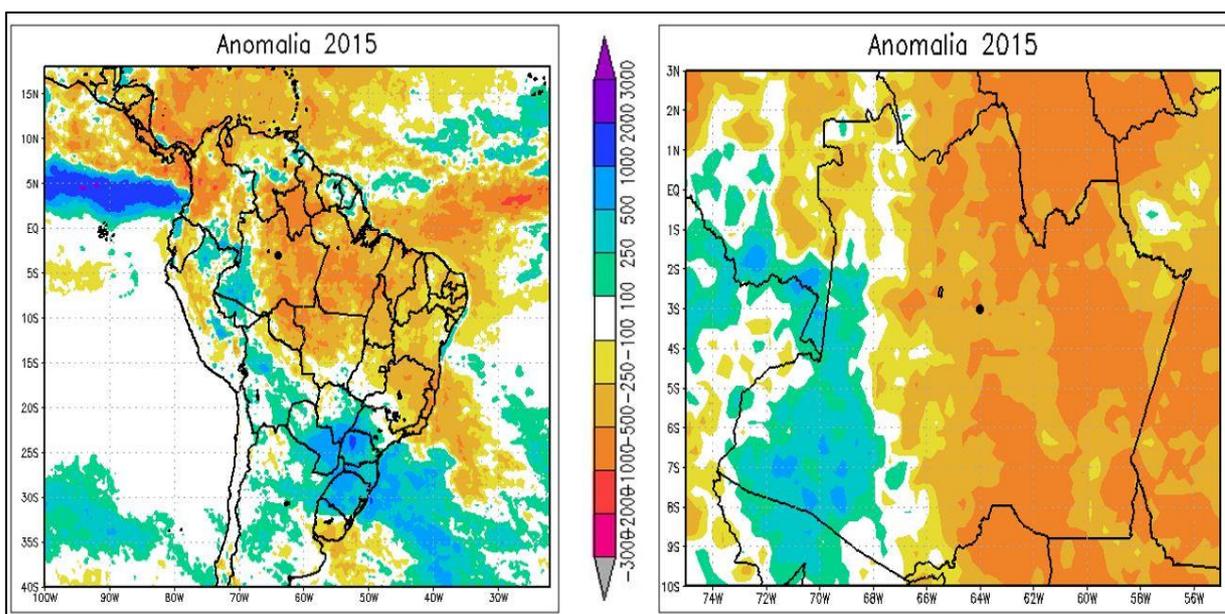


Figura 22: Anomalia de Precipitação ano de 2015.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Na análise da anomalia do ano 2016, figura 23, encontramos anomalia negativa na região central do Amazonas com variação -100 a -250 mm, na EMS obteve anomalia positiva de 19 mm, vale ressaltar que o ano de 2016 é considerado de El Niño muito forte apenas nos dois trimestres, configurando a partir de junho como evento de La Niña até o final do ano.

Sobre a espacialização da precipitação no estado ocorreu na porção oriental do estado do Amazonas áreas com anomalia negativa com variação de -250 mm -500 mm. E na porção ocidental há ocorrência de anomalia positiva com variação de 100 mm a 250 mm, esse comportamento evidencia os impactos da precipitação no Estado do Amazonas sobre a influência do ENOS, que não ocorre de forma homogênea para todas as regiões.

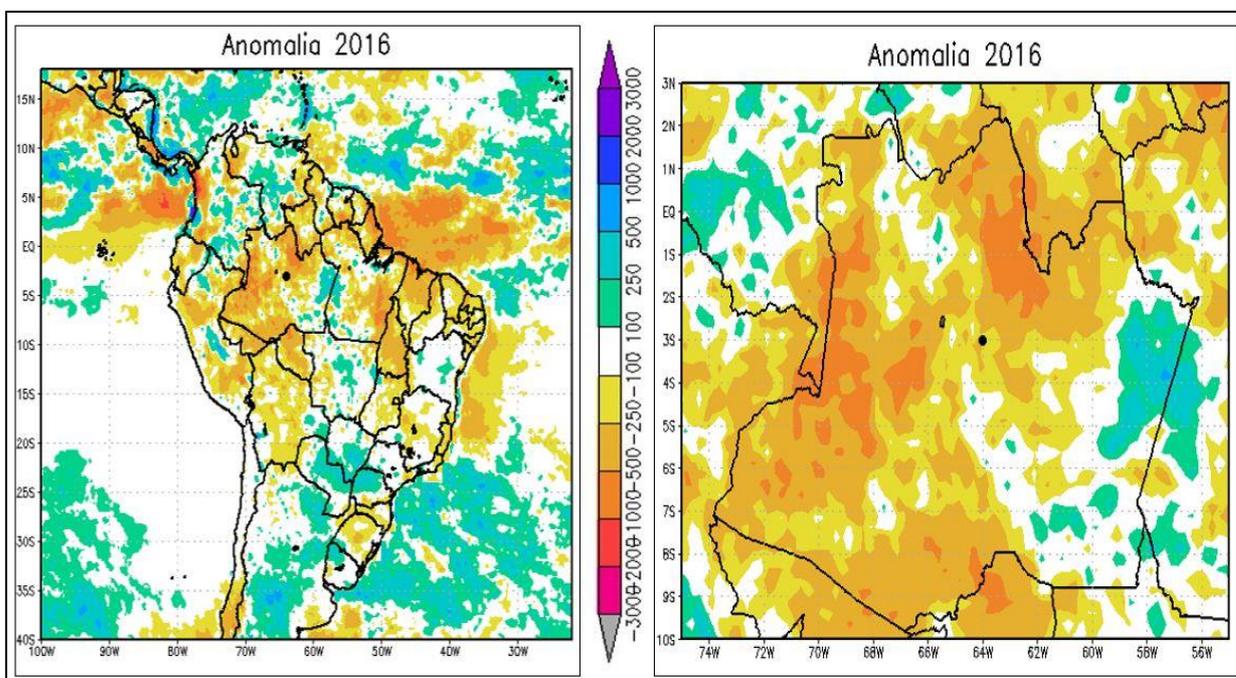


Figura 23: Anomalia de Precipitação ano de 2016.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

4.2.3 Anomalia Negativa El Niño moderado

Na figura 24, temos a análise do ano de 2002, que segundo o quadro 3, está classificado El Niño moderado, o evento de El Niño começa a ocorrer a partir do trimestre MJJ de 2002 com índice de 0,7, o fenômeno persisti nos trimestres seguintes com aumento do índice do nino oceânico, figura 03.

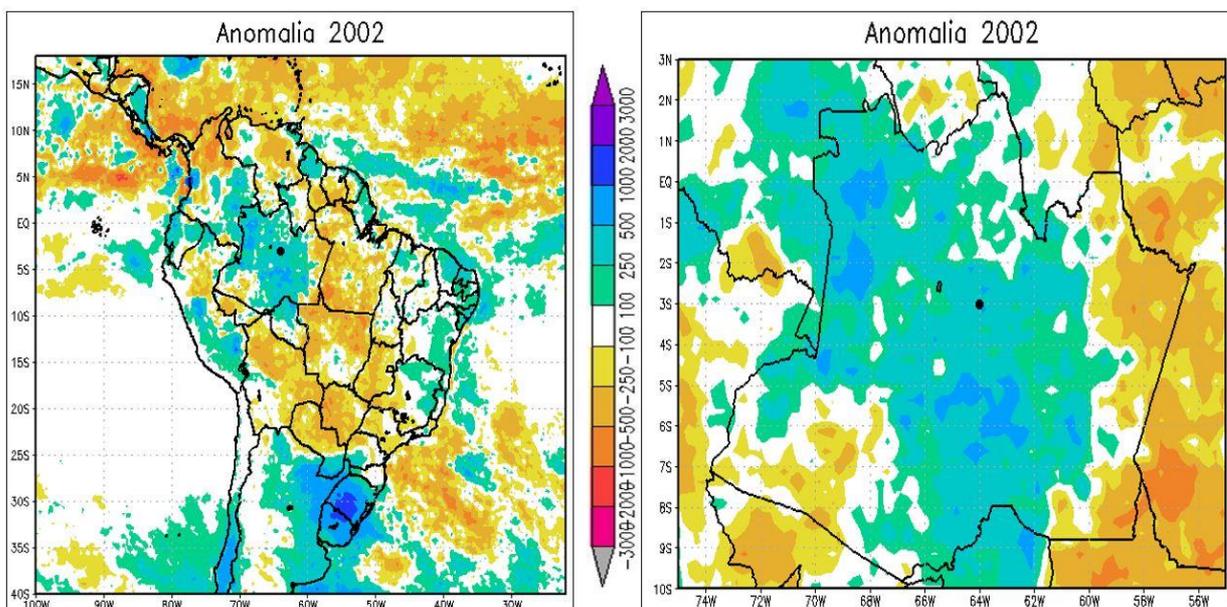


Figura 24: Anomalia de Precipitação ano de 2002.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

No ano de 2002 a região central do Estado do Amazonas apresentou anomalia positiva de precipitação, com variação de 250 mm a 500 mm. Essa variabilidade da anomalia de 250 mm a 500, esteve mantida com exceção na porção leste do estado que apresentou anomalias negativas com variação de 100 mm a 250 mm.

No cerne da compreensão do ano de 2002, apesar de ser ano considerado de El Niño moderado, podendo observar que não ocorreu déficit significativo de precipitação no estado do Amazonas como seria esperado, do contrário observamos um excesso na precipitação.

No resultado encontrado na figura 25, ano de 2009, apesar de ser considerado pelas anomalias de temperatura do mar ano de El Niño, a região central do Estado do Amazonas apresentou anomalia positiva de precipitação, com variação de 250 mm a 500 mm, os dados observados obtiveram uma anomalia positiva de 279 mm na EMS de Tefé, em análise da precipitação para todo o Estado do Amazonas apresentou configurada em anomalia positiva, com exceção na porção noroeste e extremo norte do estado do Amazonas que apresentou sinal oposto.

Essa variabilidade da anomalia de 250 mm a 500, esteve mantida com exceção na porção noroeste do estado que apresentou anomalias negativas com variação de 100 mm a 250 mm. No cerne da compreensão do ano de 2009, apesar de ser ano considerado de El Niño moderado, podendo acarretar estiagem na região de estudo, do

contrário observamos um aumento na precipitação indicando a influência do Oceano Atlântico e não do Pacífico equatorial.

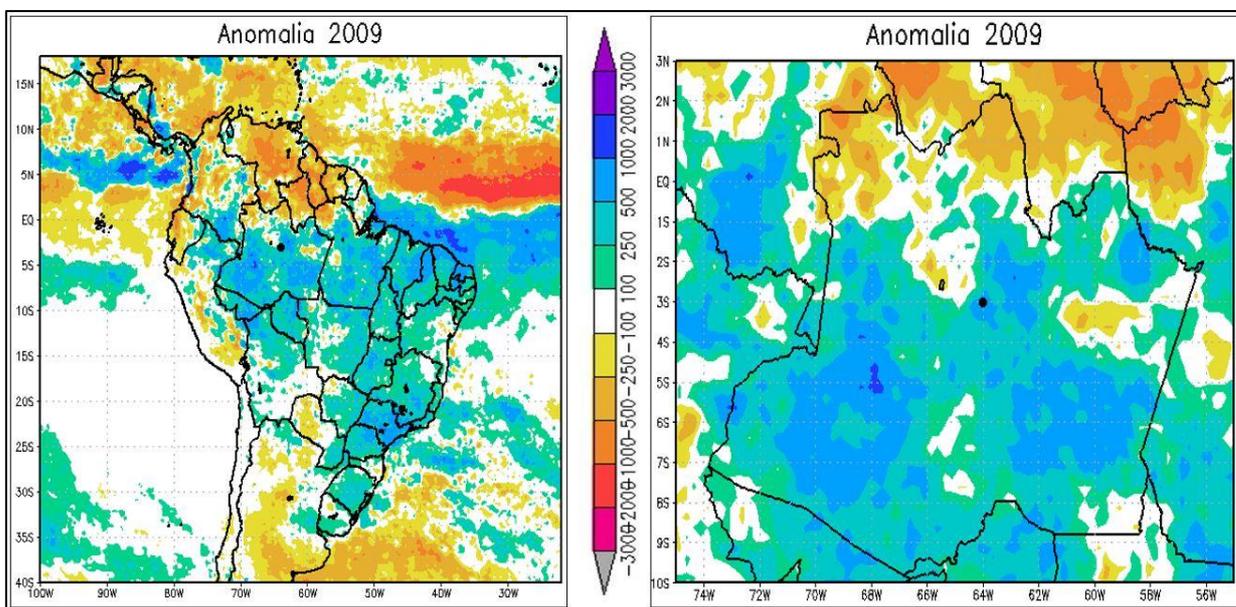


Figura 25: Anomalia de Precipitação ano de 2009.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Portanto, para o ano de 2009 fica evidente a influência do Oceano Atlântico no aumento da precipitação, isto é, devido ao aumento da temperatura do Atlântico que manteve a ZCIT por mais tempo no hemisfério Sul. Na imagem podemos observar em azul a anomalia positiva de precipitação no oceano próximo ao equador e uma anomalia negativa na região em torno de 5 graus norte, posição média da Zona de Convergência Intertropical.

Na figura 26, apresentamos as anomalias no ano de 2010, observamos que grande parte da região central do Estado do Amazonas apresenta uma condição considerada neutra variando entre -100 mm e + 100 mm, para os dados da estação de superfície a anomalia de precipitação foi negativa de - 244 mm.

As anomalias são, de um modo geral, maiores nos dados observados do que nos dados estimados pelo satélite TRMM. Na porção oriental do estado do Amazonas, as anomalias negativas variam de 500 mm a 1000 mm, esse déficit nessa região poderá trazer prejuízos diretos na sociedade.

No ano em análise observamos uma das mais drásticas secas já registrada na região superando a de 2005 que até então era considerada a maior dos séculos, pesquisas divulgadas pela *Geophysical Research Letters* dos autores Marengo, et al,

(2011), que corroboram essa influência da ausência de precipitação nas regiões a jusante do Rio Amazonas. Em hipótese a anomalia apresentada na porção oeste do estado provocou um déficit de chuva na região e conseqüentemente períodos de grande estiagem.

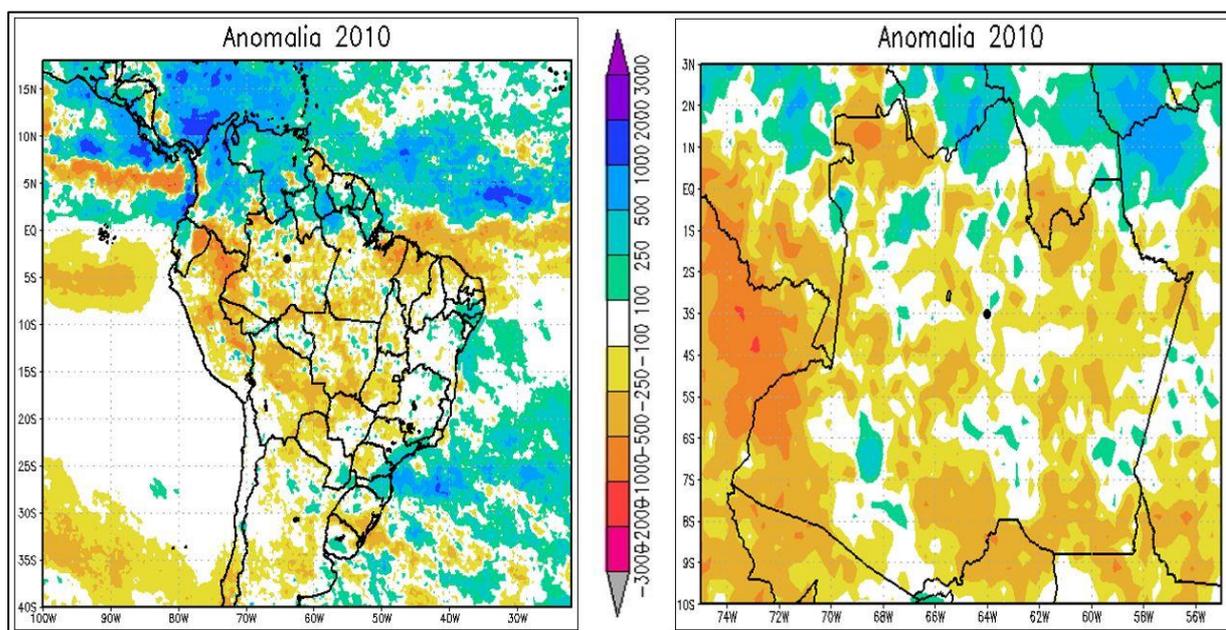


Figura 26: Anomalia de Precipitação ano de 2010.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Ressalta que 2010 é considerado ano de El Niño Forte com base no quadro 3, apenas no primeiro trimestre em análise DJF com índice de 1,5, passando para moderado no trimestre seguinte JFM com índice 1,3 e tendo seu ocaso no trimestre seguinte FMA com índice de 0,9. Esse evento de El Niño foi iniciado em 2009 no trimestre JJA com índice de 0,5, finalizando o ano de 2009 no trimestre de OND atingindo já o índice de 1,3, esse fenômeno teve seu ocaso em abril de 2010 onde o índice apresentou resultado de 0,9, configurando em maio até dezembro um período de fase La Niña, acredita-se que o fenômeno El Niño foi o grande responsável por essa estiagem uma vez que o mesmo afetou os meses com os maiores totais de chuva na região central do estado do Amazonas nos meses de novembro a abril, portanto afetou praticamente toda a estação chuvosa da região central do Estado do Amazonas.

4.2.4 Anomalia negativa El Niño Fraco.

No exame das anomalias de precipitação fraca, apresentamos o resultado para o ano de 2003, figura 27. Relembramos que essa classificação está baseada no Índice Oceânico do Niño, disponibilizado pela NOAA, figura 3, quadro 1.

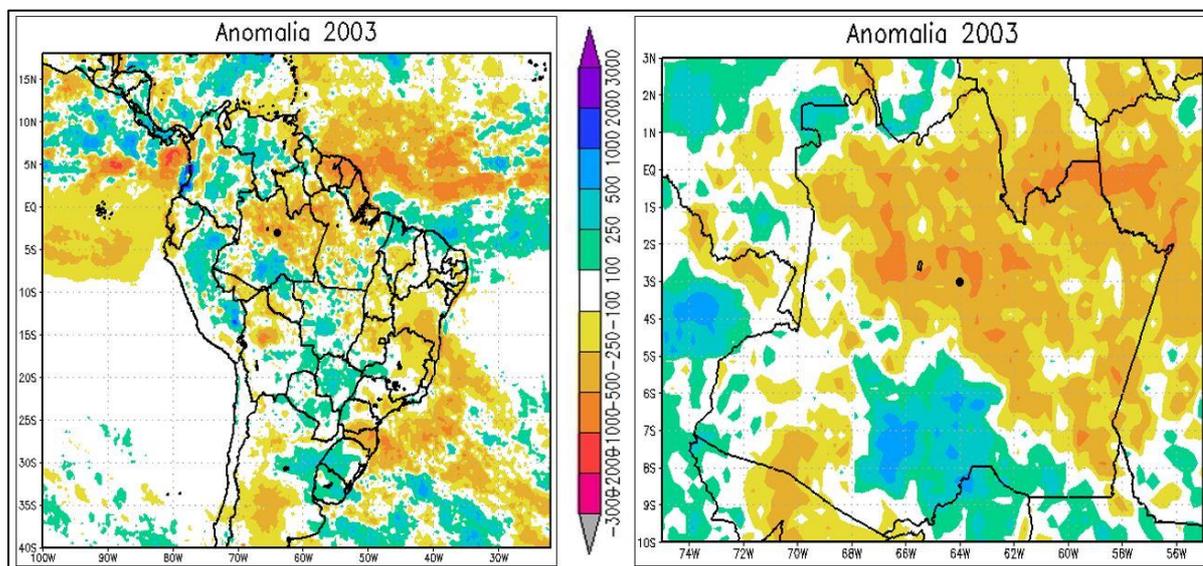


Figura 27: Anomalia de Precipitação ano de 2003.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Observamos na região central do Amazonas anomalia negativa com variação de -250 mm a -500 mm nos dados estimados, em análise aos dados observado obtivemos anomalia negativa de -159 mm na EMS, outro fator relevante é a espacialização das anomalias de precipitação sobre o Estado do Amazonas que apresentou na porção ocidental do Estado comportamento semelhante a porção central do Amazonas, o que chama atenção é que também ocorre áreas com anomalia positiva na porção sul do estado com variação 250 mm a 500 mm.

No cerne da verificação das anomalias o ano de 2004, figura 28, também apresentou uma anomalia negativa na região central do Amazonas com variação que vai de -250 mm a -500 mm nos dados estimados, para os dados observado observamos anomalia negativa de 403 mm, nesse ano de El Niño fraco o Estado do Amazonas apresentou em grandes extensões de seu território áreas com anomalia negativa, na parte oriental áreas variam de 500 mm a 1000 mm, essa anomalia nessa região poderá acarretar em estiagem, devido ao déficit de precipitação ocorrida na região.

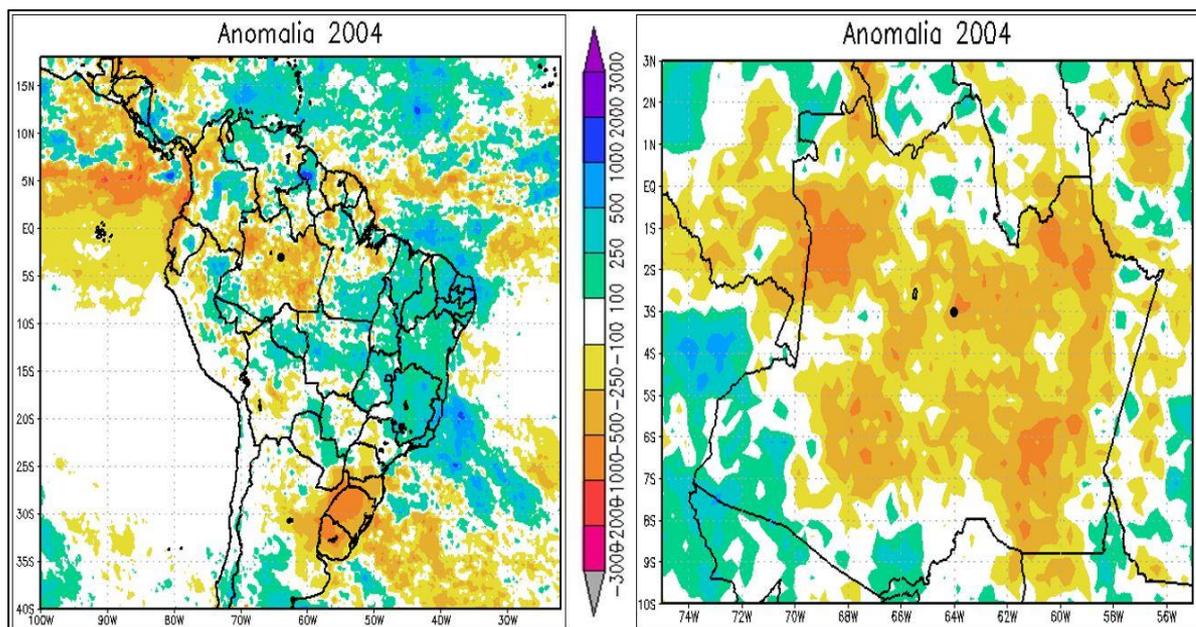


Figura 28: Anomalia de Precipitação ano de 2004.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Para tanto, outro ano considerado de anomalia fraca para o eventos de El Niño foi o ano de 2005 que teve esse fenômeno configurado no ano anterior prosseguindo até março de 2005, figura 29, apresentou anomalia positiva no centro do Estado Amazonas com variação de 100 mm a 250 mm nos dados estimados, nos dados observados foi considerado neutro um fator de interesse foi o fato que o total anual precipitado apresentou o mesmo valor da média da série de 2486 mm.

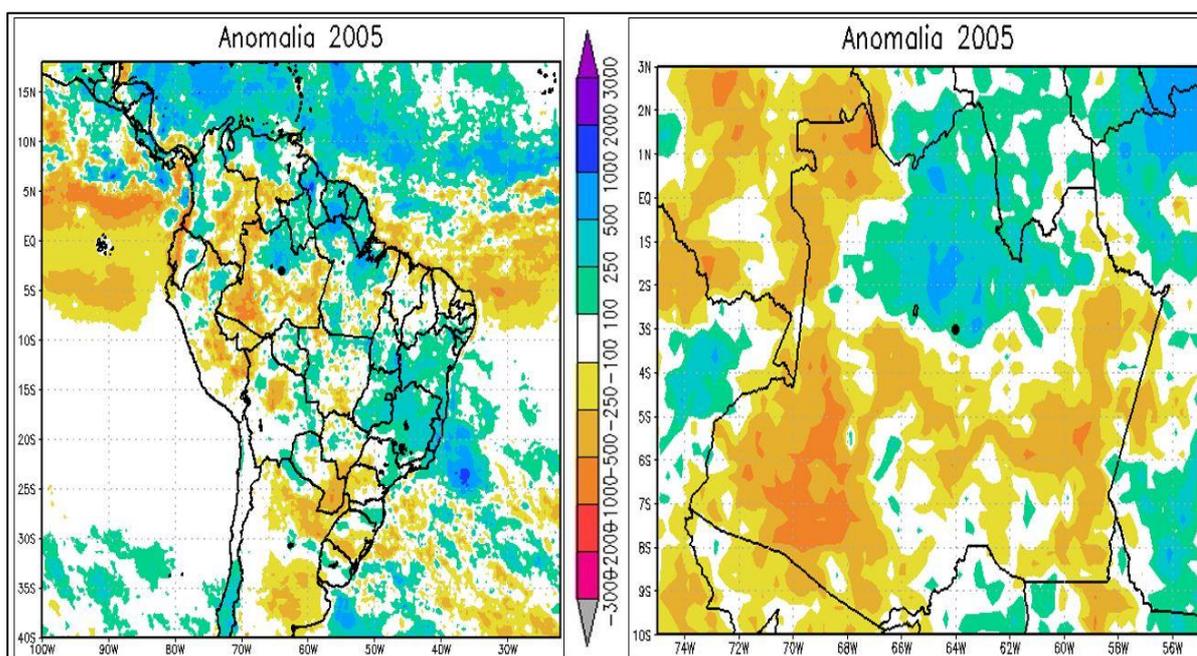


Figura 29: Anomalia de Precipitação ano de 2005.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

No foco da interpretação dos resultados obtidos sobre o Estado do Amazonas encontramos regiões no sudoeste do Amazonas com anomalia negativa com variação de -500 mm a -1000 mm e região no noroeste do Estado do Amazonas com anomalia negativa de -250 mm a -500 mm.

Na interpretação de anomalia de El Niño fraco encontramos o ano de 2006, figura 30, cujo a análise será descrita a seguir.

. Na observação dos resultados no ano de 2006, encontramos para a região central do Estado do Amazonas anomalia positiva com variação de 100 mm a 250 mm nos dados estimados, encontramos para os dados observado anomalia positiva de 200 mm para EMS de Tefé.

Os resultados apresentam áreas no sudoeste do Estado com anomalia negativa que variam em sua maioria de -250 mm a -500 mm, outra análise, é que nesse ano ocorre evento de La Niña até o mês de abril, passando a configurar um outro fenômeno de El Niño a partir de agosto finalizando o ano nessa configuração.

Encontramos áreas fora do território brasileiro com anomalia positiva de precipitação de 500 mm a 1000 mm, variando a áreas com anomalia de precipitação positiva de 1000 mm a 2000, isso mostra um impacto de excesso de precipitação na região das nascentes do Rio Amazonas.

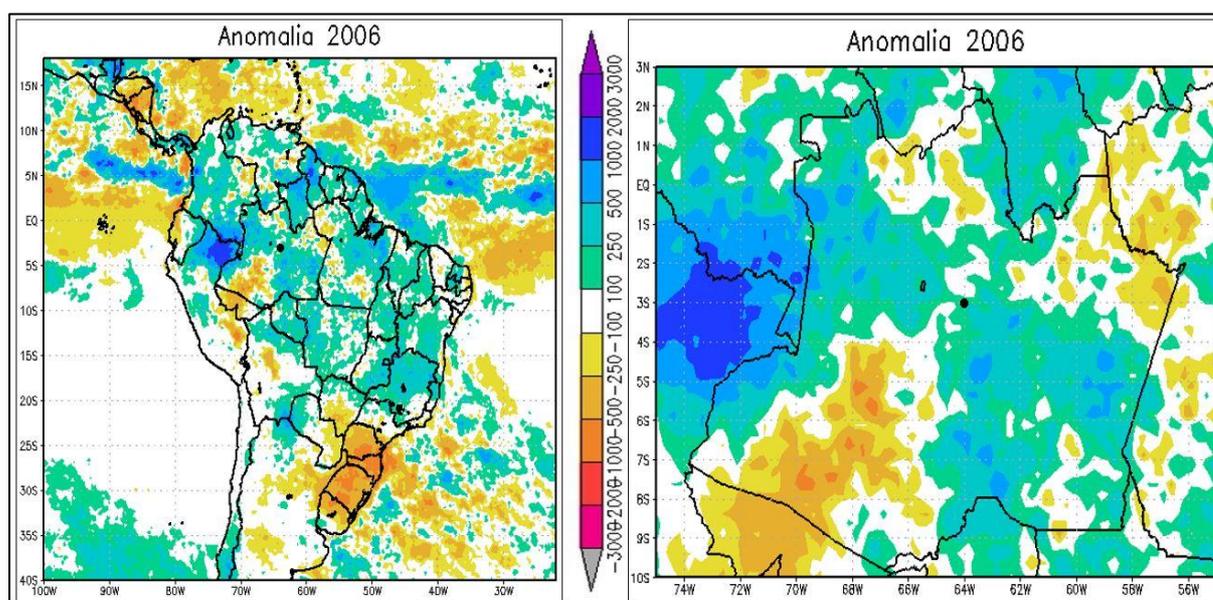


Figura 30: Anomalia de Precipitação ano de 2006.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Na interpretação da anomalia fraca o ano de 2007, figura 31, apresentou uma variação de -100 mm a -250 mm nos dados estimados na região central do Amazonas, sobre os dados observados encontramos anomalias negativas de -159 mm na EMS de Tefé, observou-se áreas com anomalia positiva na porção ocidental do estado que variam de 250 mm a 500 mm, ocorreram nesse anos na porção sudeste e sudoeste do Estado anomalia negativa que variam -250 mm a -500 mm.

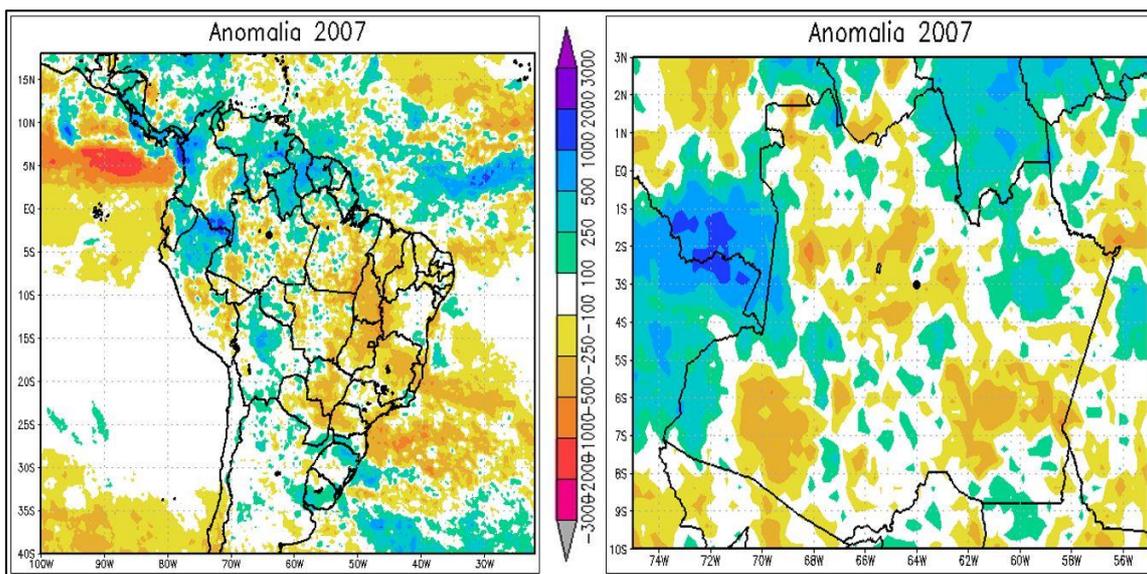


Figura 31: Anomalia de Precipitação ano de 2007.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Portanto, cessando a interpretação dos anos com influência dos fenômenos El Niño apresento o resultado obtido no ano de 2014, figura 32, esse ano é caracterizado como sendo de El Niño fraco pelos dados da NOAA, sendo que a configuração aparece clara a partir de outubro seguindo até dezembro, consistir em que no ano seguinte 2015 essa configuração permanece em todo decorrer do ano.

Essa análise preliminar, a interpretação da figura 32, mostra que os anos que apresentam maiores déficit de precipitação são aqueles cujo o evento acontece na estação chuvosa, inibindo a formação de nuvens e com isso a diminuição dos totais precipitados, o resultado para a região central do Amazonas no ano de 2014 é de anomalia positiva com variação de 100 mm a 250 mm nos dados estimados, sendo que os dados observado também apresentam anomalia positiva de 350 mm na EMS de Tefé, vale ressaltar que durante esse ano a porção oriental do Estado do Amazonas apresentou anomalia positiva com variação 250 mm a 500 mm, ocorreram áreas de anomalias negativas na porção sul e norte do Estado.

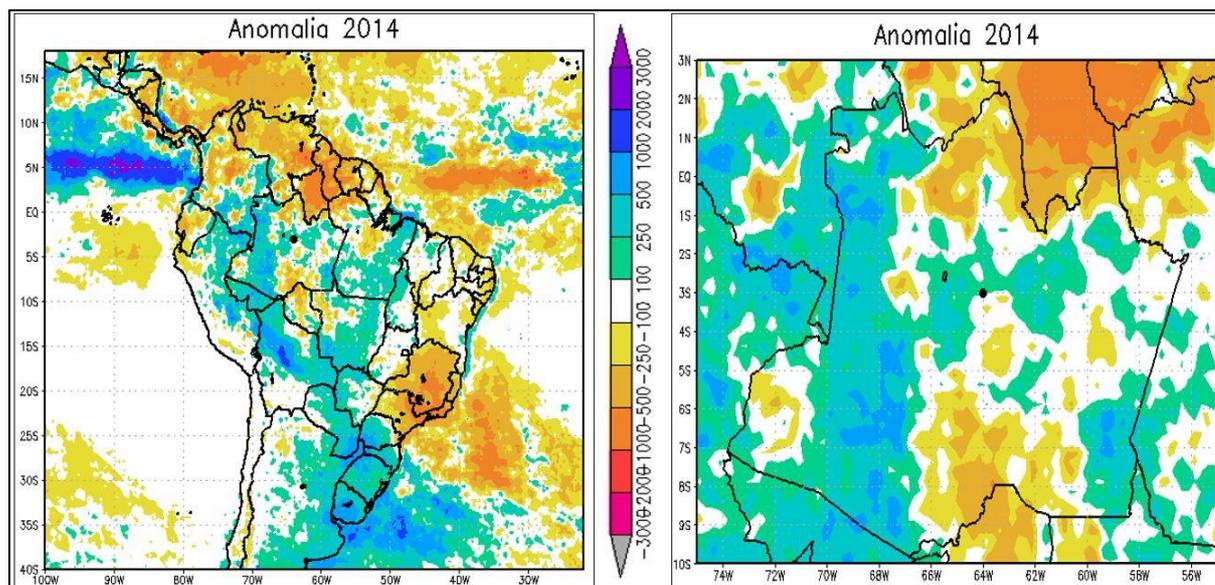


Figura 32: Anomalia de Precipitação ano de 2014.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

4.3.1 Anomalia Positiva La Niña Forte

Nesta seção, apresenta-se os resultados de anomalia positiva (La Niña), com base no quadro 3. No ano de 2010, figura 33, observamos que ocorre a predominância de anomalia negativa em grandes porções do território brasileiro, apesar do índice Niño oceânico apresentar-se configurado como evento de El Niño até o trimestre de FMA, ocorreu neste ano o evento de fase inversa, o fenômeno de La Niña passou a se configurar no trimestre de MJJ com índice de 0,6 sendo classificado como fraco com base no quadro 01, atingindo configuração 1,4 de índice no trimestre JAS, figura 03, este índice aponta classificação do fenômeno de intensidade forte. Essa intensidade perdurou até o final do ano de 2010.

Entretanto, apesar do Índice do Niño Oceânico, figura 03, apresentar resultado para a fase fria do ENOS (La Niña), os resultados mais significativos para o ano de 2010, foram os que apresentaram as Anomalias negativas de precipitação em grande parte do Estado do Amazonas, esse resultado mostra que o evento de El Niño nesse na causou maior impacto na precipitação na região central do Amazonas e em grande parte da América do Sul.

Deste modo, no geral o fenômeno do El Niño apresentou maior impacto, pois sua ocorrência afetou os meses de maior valor pluviométrico, ocorre a redução da precipitação na estação chuvosa que se inicia de novembro a abril, figuras 18 e 19., em

grande parte do Estado do Amazonas com anomalias negativas para todo o Estado do Amazonas, apresentado uma variação na região central de -250 mm a -500 mm anomalia, figura 33.

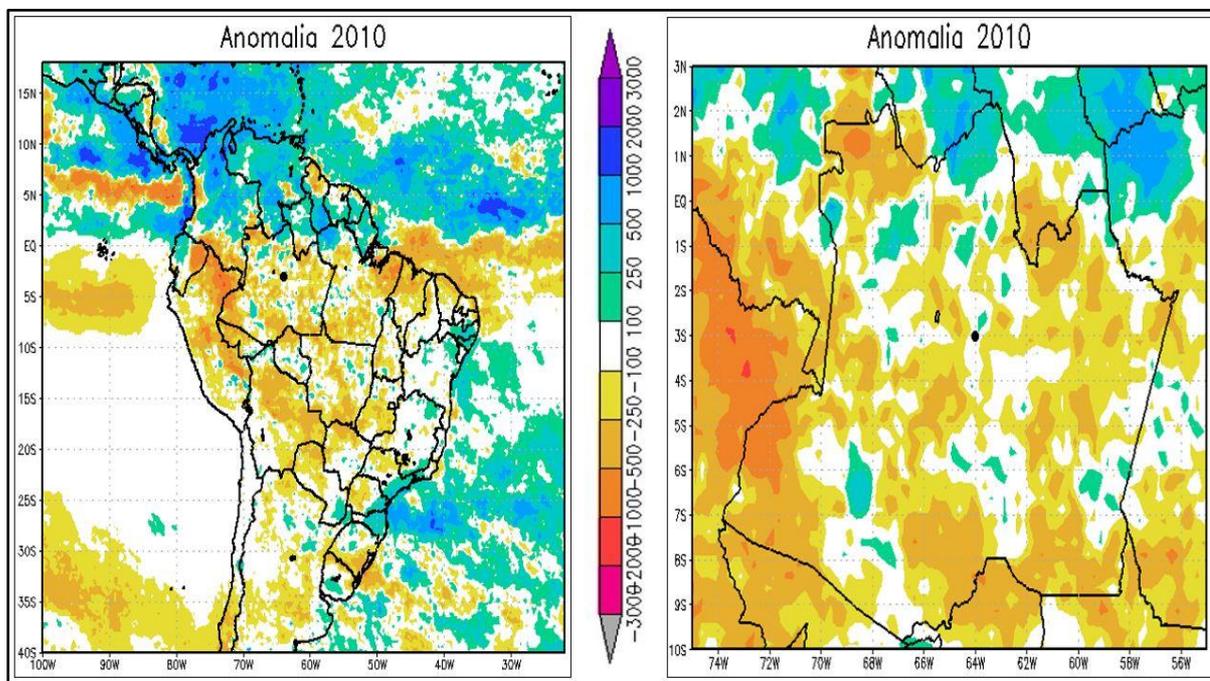


Figura 33: Anomalia de Precipitação ano de 2010.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

4.3.2 Anomalia Positiva La Niña Moderada

Na figura 34, apresentamos os resultados do ano de 1998, com base no Quadro 3, apresentou anomalia positiva (La Niña), observamos que ocorre a predominância de anomalia negativa em grandes porções do território brasileiro.

Com base no índice Niño oceânico, o ano de 1998 inicia-se configurado como evento de El Niño de intensidade muito forte com variação a intensidade fraca no trimestre de AMJ quando finaliza a ocorrência do fenômeno. Contudo a ocorrência do evento iniciou-se no trimestre AMJ do ano de 1997.

Durante o ano de 1998, ocorreu também um evento de fase inversa, o fenômeno de La Niña que passou a se configurar no trimestre de JJA com índice de 0,8 sendo classificado como fraco com base no quadro 01, atingindo no mesmo ano no trimestre OND, 1,6 de ION, este índice apontou a classificação do fenômeno de intensidade forte.

Contudo, apesar do Índice do Niño Oceânico, figura 03, apresentar resultado para a fase fria do ENOS (La Niña), os resultados mais significativos para o ano de 1998, foram os que apresentaram as Anomalias negativas de precipitação em grande parte do Estado do Amazonas, esse resultado mostra que o evento de El Niño nesse ano causou maior impacto na redução da precipitação na região central do Amazonas e em grande parte do Nordeste brasileiro.

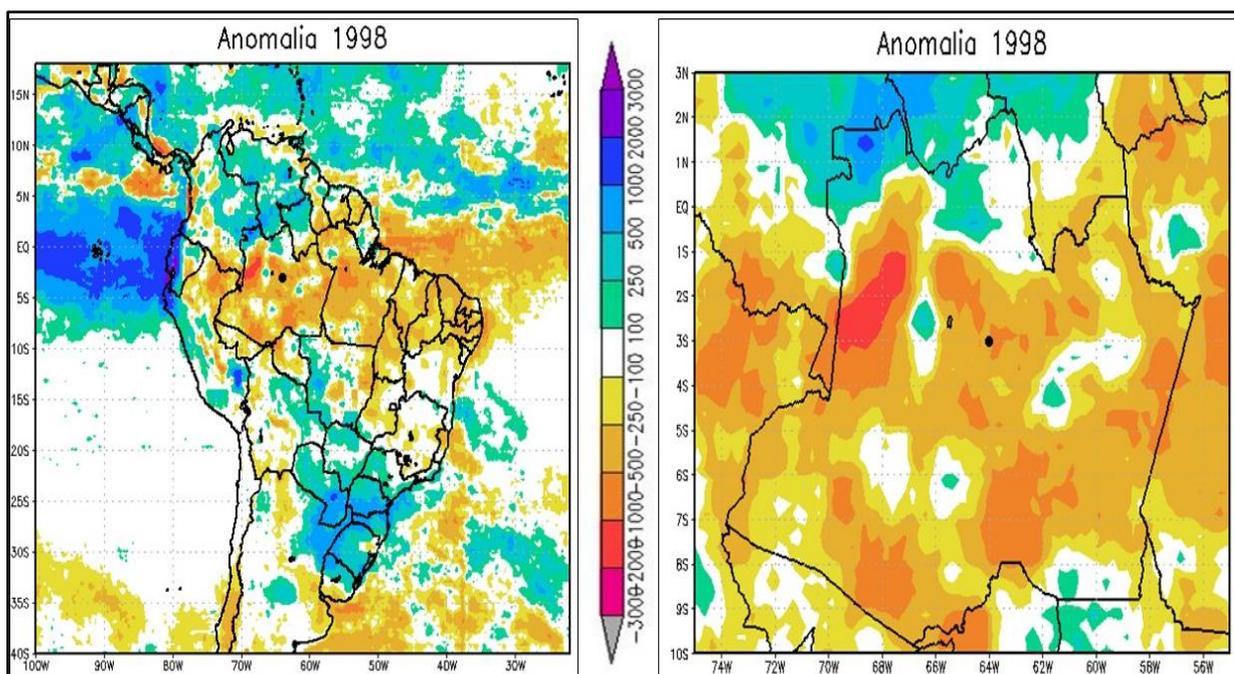


Figura 34: Anomalia de Precipitação ano de 1998.
Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado 2018.

Essa configuração de déficit na precipitação Anual resulta da interferência do movimento de subsidência na região e pelo deslocamento da célula zonal de Walker, os resultados de anomalia negativa encontradas na região central do Estado do Amazonas foram de -250 mm a -500 mm com variação -1000 mm a -2000 mm na região noroeste do estado do Amazonas.

Outro fator é que, a ocorrência do fenômeno de ENOS, afetou os meses de maior valor pluviométrico, ocasionando a redução da precipitação na estação chuvosa que se inicia de novembro a abril, figuras 19 e 20. Os resultados no ano de 1998, apontam que em grande parte do Estado do Amazonas ocorreu anomalias negativas de precipitação, apresentado uma variação na região central de -250 mm a -500 mm anomalia, figura 34.

Ademais, podemos observar áreas de sinal positivo de precipitação no ano de 1998, localizado na região Sul do Brasil e nos países vizinhos como Paraguai, Uruguai e Argentina com áreas variando de 250 mm a 500 mm de anomalia positiva de precipitação, e com áreas configuradas de 500 mm a 1000 mm de anomalia de precipitação positiva.

No resultado encontrado ano de 1999 na figura 35, observamos na região central do Amazonas anomalia de precipitação positiva com variação de 100 mm a 250 mm, ocorrem também anomalia de sinal negativo em algumas áreas do estado do Amazonas na porção sul, sudeste e noroeste do estado do Amazonas as anomalias encontradas apresentam variação de -100 mm a -250 mm e com áreas de -250 mm a -500 mm, essa variação de anomalia de precipitação também é encontrada nos países vizinhos da América do Sul, Peru e Colômbia.

O resultado encontrado no ano de 1999, podemos observar que ocorrem sinais diferentes de escala espacial sobre todo o território brasileiro, em especial ao fenômeno a análise da figura 03, podemos perceber a ocorrência da fase fria dos ENOS, o fenômeno La Niña ocorreu por todo ano de 1999 com intensidade moderada, o fenômeno apresentou diferentes sinais na precipitação na região central do estado do Amazonas.

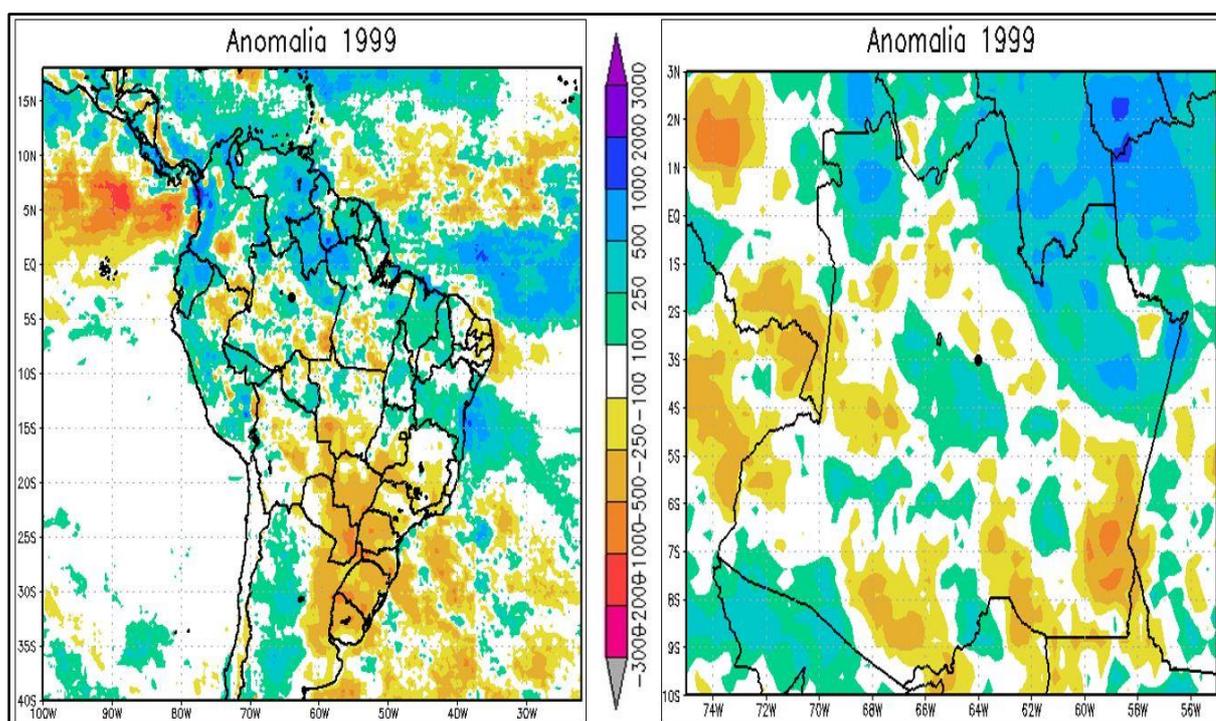


Figura 35: Anomalia de Precipitação ano de 1999.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

A figura 35, apresenta resultados sobre a América do Sul, observamos que o fenômeno La Niña intensificou a precipitação sobre o Estado de Roraima com anomalia positiva de precipitação de 250 mm a 500 mm, há ocorrência de sinal de anomalia positiva de precipitação sobre as áreas do estado do Amazonas e do estado do Pará.

Em oposição a essa configuração positiva, encontramos resultados de anomalia negativa de precipitação na porção Sul do território brasileiro e nos países vizinhos, essa configuração de anomalia negativa variou de -100 mm -250 mm a áreas com resultados de -250 mm a -500 mm.

Na análise do resultado encontrado ano de 2007 na figura 36, observamos na região central do Amazonas anomalia de precipitação negativa com variação de -100 mm a -250 mm, ocorreram áreas com anomalia de precipitação de sinal positivo em algumas áreas na porção oeste e leste do estado do Amazonas.

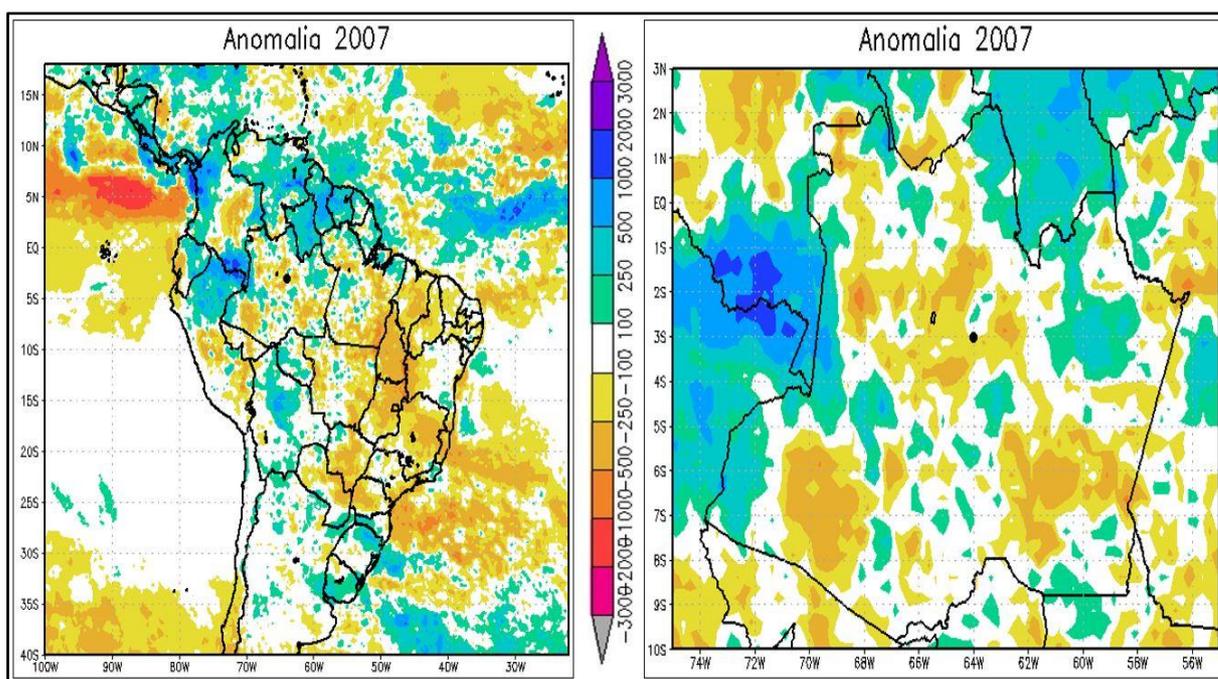


Figura 36: Anomalia de Precipitação ano de 2007.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Essas configurações de anomalia positiva variaram de 100 mm a 250 mm, ocorrendo áreas com variação de 250 mm a 500 mm, esses resultados de precipitação também foram encontrados em Roraima, e em áreas fora do território brasileiro nos países vizinhos de Peru e Colômbia.

Encontramos anomalias de precipitação positiva com variação de 250 mm a 500 mm, com ocorrência de áreas de 500 mm a 1000 mm de anomalia positiva, esse

resultado na região das nascentes do Rio Amazonas pode afetar o regime anual dos rios, podendo haver um aumento do nível do rio em algumas bacias locais.

O resultado encontrado ano de 2008 na figura 37, observamos na região central do Amazonas anomalia de precipitação negativa variando de -100 mm a -250 mm, entretanto, observamos que grande parte do estado do Amazonas, apresentou áreas com anomalia de precipitação de sinal positivo, essas configurações de anomalia positiva variam de 100 mm a 250 mm, ocorrendo áreas com variação de 250 mm a 500 mm.

Os resultados de precipitação também foram encontrados em Roraima, e em áreas fora do território brasileiro nos países vizinhos de Peru e Colômbia encontramos anomalias de precipitação positiva com variação de 250 mm a 500 mm, nos resultados observamos que há ocorrência de áreas de 500 mm a 1000 mm de anomalia positiva, esse excesso de precipitação vai influenciar de forma direta o ciclo hidrológico nas bacias.

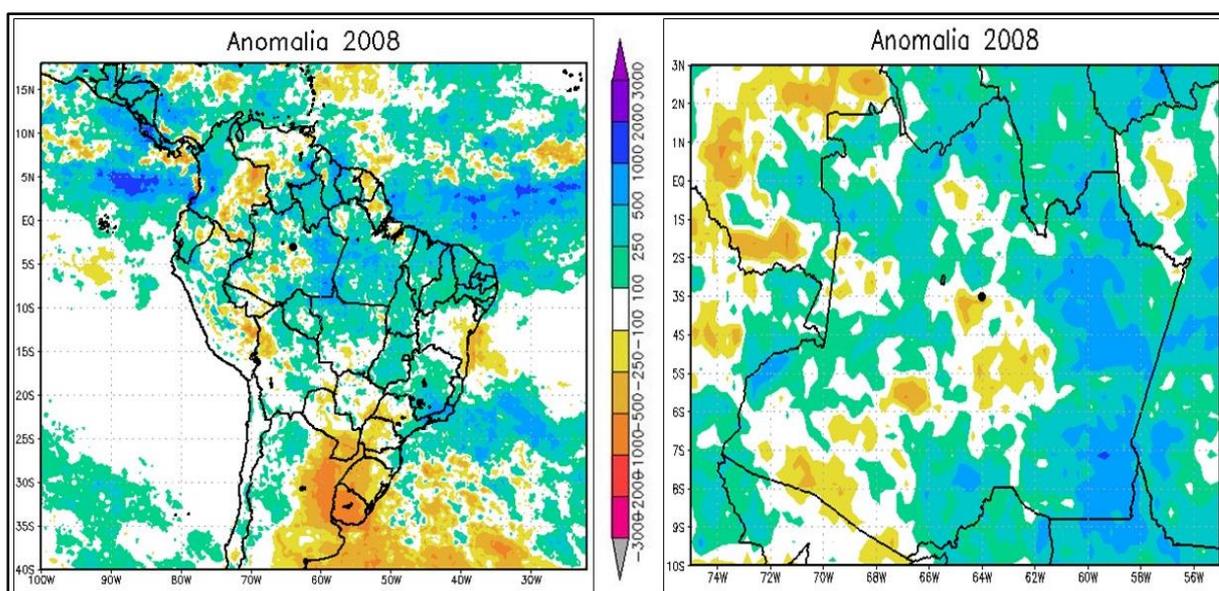


Figura 37: Anomalia de Precipitação ano de 2008.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Em relação a figura 03, podemos observar que o ION está configurado como fenômeno La Niña moderada já no trimestre de JFM com índice de 1,4, variando para o seu ocaso no trimestre MJJ, voltando novamente a ocorrência do fenômeno a partir do trimestre OND de 2008. Podemos observar que durante a atuação desse fenômeno ocorreu um aumento da precipitação na região Norte e Nordeste do Brasil, contudo podemos encontrar áreas com resultado de anomalia positiva.

O resultado encontrado ano de 2011 na figura 38, observamos que a região central do Amazonas apresentou configuração dentro da normalidade, ocorre sobre o estado do Amazonas na porção oeste anomalia de precipitação negativa variando de -100 mm a -250 mm com áreas apresentando resultado -250 mm a -500 mm, ademais, observamos que na porção leste do estado do Amazonas.

Encontramos áreas com anomalia de precipitação de sinal positivo, essas configurações de anomalia positiva variam de 100 mm a 250 mm, ocorrendo áreas com variação de 250 mm a 500 mm, esses resultados de precipitação também forma encontrados em Roraima, na porção sudoeste do estado do Pará.

Fora do território brasileiro essa configuração de fenômeno La Niña apresentou um sinal negativo na precipitação dos países vizinhos Peru e Colômbia encontramos anomalias de precipitação negativa com variação de -100 mm a -250 mm, observamos áreas com resultado de -500 mm a -1000 mm de anomalia negativa, esse déficit na precipitação vai influenciar de forma direta o ciclo hidrológico nas bacias.

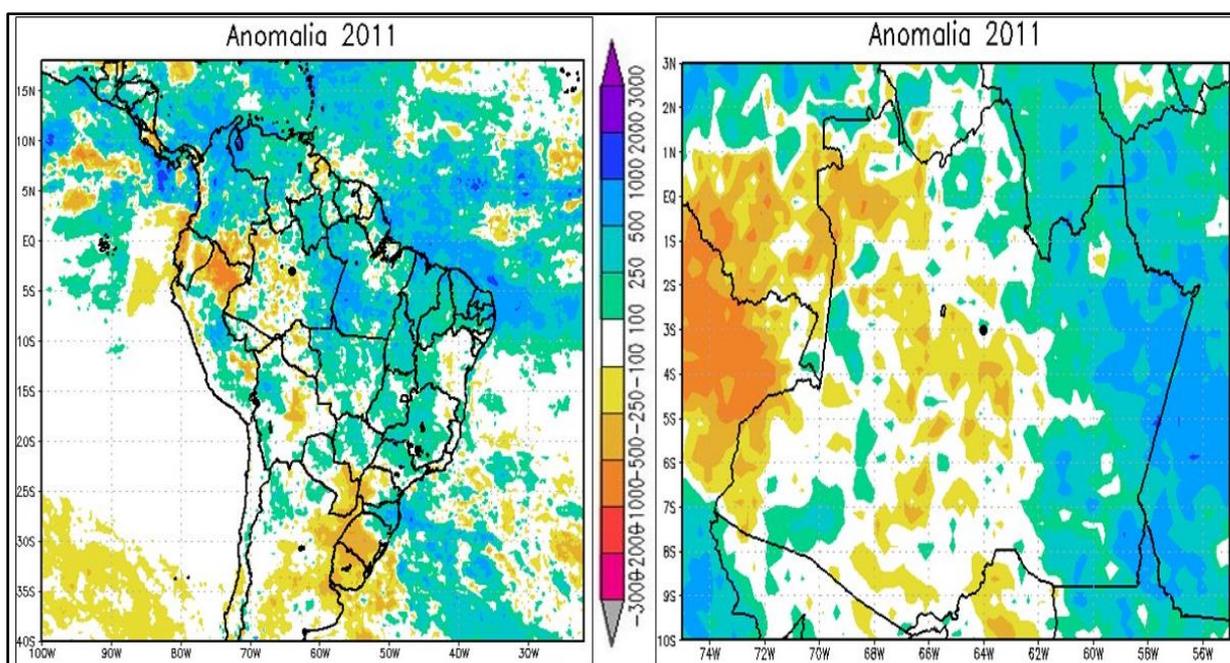


Figura 38: Anomalia de Precipitação ano de 2011.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Em relação a figura 03, podemos observar que o ION está configurado como fenômeno La Niña forte alguns trimestre do ano de 2010, iniciando o ano com intensidade moderada já no trimestre de JFM com índice de 1,4, variando para o seu ocaso no trimestre AMJ, voltando novamente a ocorrência do fenômeno a partir do trimestre JJA com índice de 0,5 finalizando o ano de 2011 com índice 1,1 no trimestre

de OND. Essa configuração de anomalia de temperatura do mar produz um sinal específico sobre a precipitação de toda América do Sul.

Em relação ao fenômeno La Niña, de uma forma geral o sinal de anomalia observado sobre a precipitação na Amazônia e divergente os que muitas vezes são apresentados de excesso de precipitação na região. Por essa razão estudos sobre as conexões dos sistemas e os fenômenos são de grande relevância.

4.3.3 Anomalia Positiva La Niña Fraca

O resultado encontrado ano de 2000 na figura 39, observamos que a região central do Amazonas apresentou anomalia positiva de precipitação variando de 100 mm a 250 mm, ocorre sobre o estado do Amazonas grandes áreas porção leste com sinal de anomalia de precipitação semelhante ao sinal da região central do estado do Amazonas.

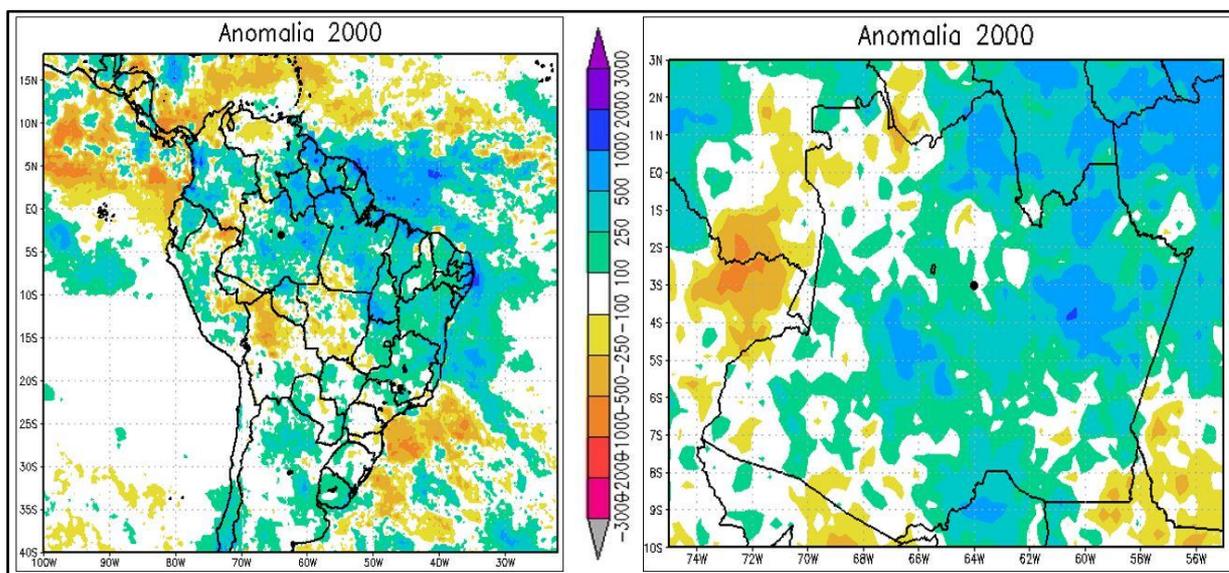


Figura 39: Anomalia de Precipitação ano de 2000.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Encontramos na porção noroeste do estado do Amazonas pequenas áreas com sinal de anomalia negativa de precipitação de -100 mm a -250 mm. Fora do território brasileiro sobre essa configuração de fenômeno La Niña apresentou um sinal negativo na precipitação dos países vizinhos Peru e Colômbia, encontramos anomalias de precipitação negativa com variação de -100 mm a -250 mm, observamos áreas com

resultado de -500 mm a -1000 mm de anomalia negativa, esse déficit na precipitação vai influenciar de forma direta o ciclo hidrológico.

Em análise da figura 03, podemos observar que o ION está configurado como fenômeno La Niña por todo ano de 1999, iniciando o ano de 2000 já com índice 1,7 no primeiro trimestre DJF, esse índice classifica o evento como forte, a partir do trimestre MAM passa a ter o resultado do índice de 0,8 e finaliza o ano 2000 com índice de 0,7 no trimestre de OND, classificado como de intensidade fraca.

A configuração de anomalia de temperatura de superfície do mar produz um sinal específico sobre a precipitação de toda América do Sul. Podemos observar que o fenômeno La Niña, de uma forma geral provocou um sinal de anomalia positiva nas regiões norte e nordeste do Brasil.

O resultado encontrado ano de 2001 na figura 40, observamos que a região central do Amazonas apresentou anomalia negativa de precipitação variando de -100 mm a -250 mm, encontramos na porção norte do estado do Amazonas áreas com sinal de anomalia negativa de precipitação de -100 a -250 mm com áreas com variação de -250 mm -500 mm.

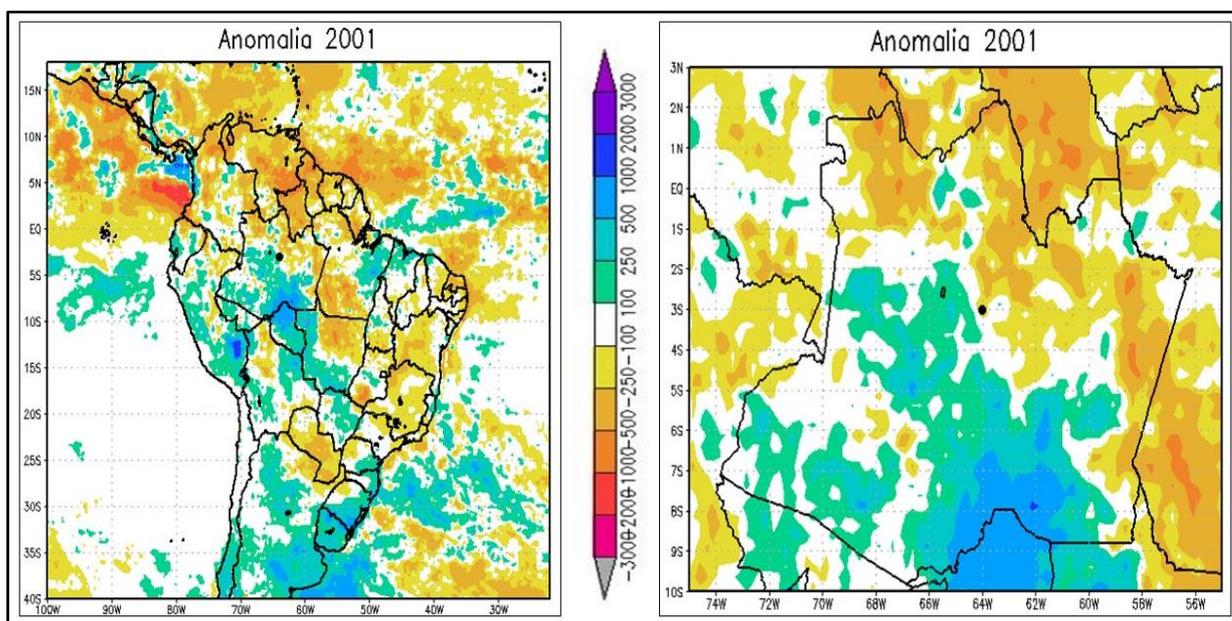


Figura 40: Anomalia de Precipitação ano de 2001.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Podemos perceber que sobre o estado do Amazonas ocorreram áreas de sinal positivo de anomalia na porção sul, com variação 250 mm a 500 mm podendo atingir 500 mm a 1000 mm.

Fora do território brasileiro sobre a configuração de fenômeno La Niña apresentou-se sinais divergentes de anomalia de precipitação, sinal negativo na porção norte da Colômbia com variação de -100 mm a -250 mm, e sinal positivo na porção sul do Peru, encontramos anomalias de precipitação positiva com variação de 250 mm a 500 mm.

Podemos observar que o ION está configurado como fenômeno La Niña por todo ano de 2000, e inicia o ano de 2001 já com índice 0,7 no primeiro trimestre DJF, esse índice classifica o evento como fraco.

A configuração de anomalia de temperatura de superfície do mar produz um sinal específico sobre a precipitação de toda América do Sul. Podemos observar que o fenômeno La Niña, de uma forma geral provocou um sinal de anomalia positiva nas regiões norte e nordeste do Brasil, figura 39.

O resultado do ano de 2005 na figura 41, observamos que a região central do Amazonas apresentou anomalia positiva de precipitação variando de 100 mm a 250 mm, encontramos na porção oeste, sudoeste e leste do estado do Amazonas áreas com sinal de anomalia negativa de precipitação de -100 a -250 mm com áreas com variação de -250 mm -500 mm.

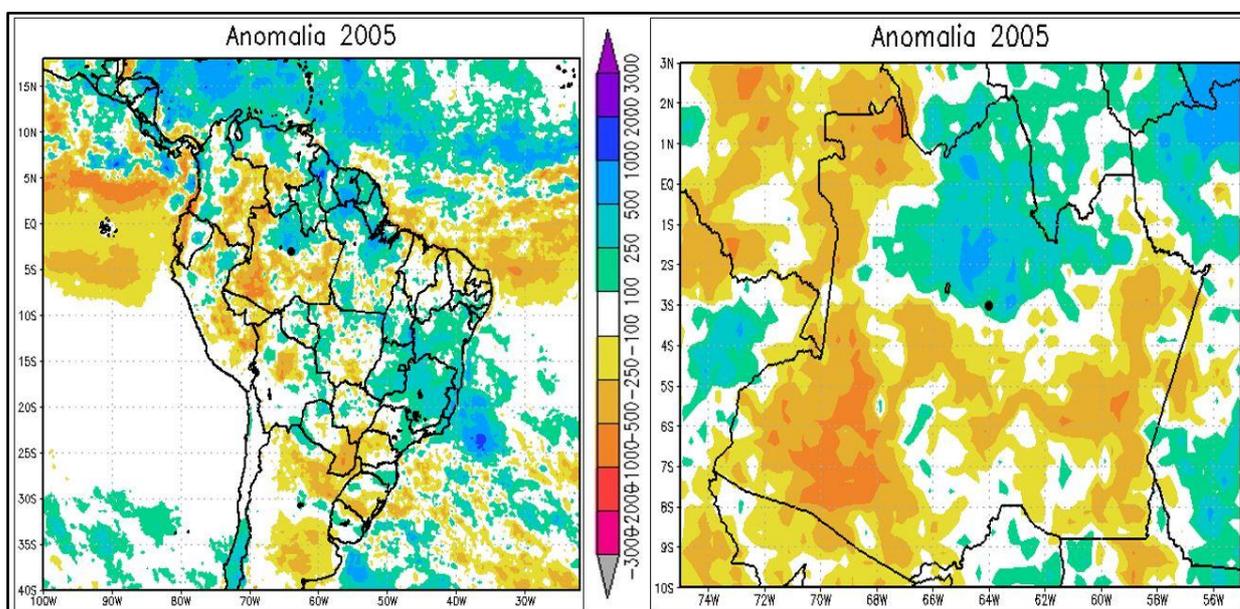


Figura 41: Anomalia de Precipitação ano de 2005.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Podemos observar que o ION está configurado como fenômeno El Niño no início do ano de 2005, com índice de 0,6 JFM e nos trimestres seguintes não apresentam

configuração de fenômeno El Niño. Ocorre uma mudança de sinal de configuração em OND, apresentando índice 0,6 e 0,8 nos últimos trimestres do ano de 2005, esse índice classifica o evento de La Niña como fraco.

A configuração de anomalia de temperatura de superfície do mar produz um sinal específico sobre a precipitação de toda América do Sul. Podemos observar que o fenômeno EL Niño e La Niña, de uma forma geral provocou um sinal de anomalia negativa e positiva em distintas regiões norte e do nordeste do Brasil.

O resultado do ano de 2006 na figura 42, observamos que a região central do Amazonas apresentou anomalia positiva de precipitação variando de 100 mm a 250 mm, encontramos na porção sudoeste do estado do Amazonas áreas com sinal de anomalia negativa de precipitação de -100 a -250 mm com áreas com variação de -250 mm -500 mm.

Áreas fora do território brasileiro apresentaram sinais positivo de anomalia de precipitação com variação de 500 mm a 1000 mm, esse sinal positivo na cabeceiras do Rio Amazonas vai influenciar na elevação do nível do rio.

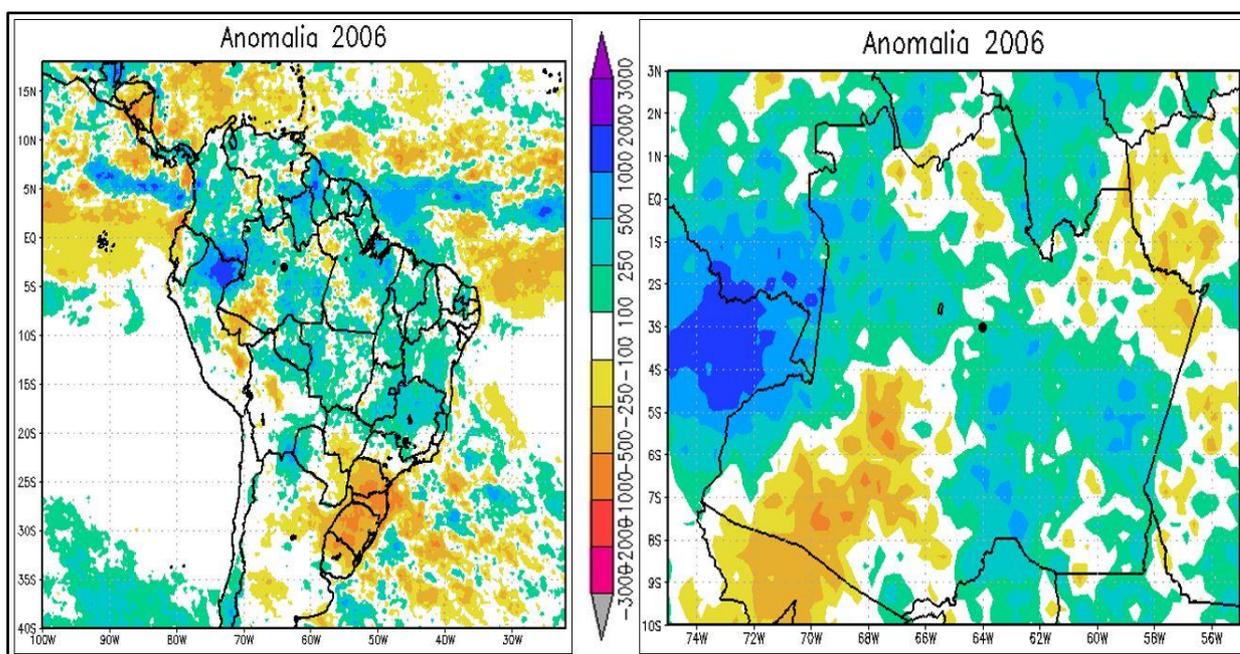


Figura 42: Anomalia de Precipitação ano de 2006.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Podemos observar que o ION está configurado como fenômeno La Niña no início do ano de 2006, com índice de 0,7 JFM e com seu ocaso no trimestre seguinte FMA, esse evento de La Niña e de intensidade fraca, no ano de 2006 ocorreu também a configuração de fenômeno El Niño.

A configuração do fenômeno, ou seja, a mudança de sinal de configuração passa a ocorrer no trimestre de ASO seguindo nos trimestres seguintes de 2006, apresentou índice 0,7 e 0,9 nos últimos trimestres do ano de 2005, esse índice classifica o evento como El Niño fraco.

A configuração de anomalia de temperatura de superfície do mar produz um sinal específico sobre a precipitação de toda América do Sul. Podemos observar que o fenômeno EL Niño e La Niña, de uma forma geral provocou um sinal de anomalia negativa e positiva em distintas regiões norte e do nordeste do Brasil, e seu impacto sobre a precipitação deve ser analisado nas diferentes escalas, temporal e espacial.

No resultado do ano de 2009, figura 43, encontramos anomalias de precipitação positiva na região central do Estado do Amazonas, as anomalias positivas encontradas foram de 250 mm a 500 mm, variando a áreas de 500 mm a 1000 mm. A configuração do fenômeno La Niña nos trimestres que em média possuem maior índice pluviométrico, figura 03, acarretou no ano de 2009 em grandes áreas da região Norte e Nordeste do Brasil anomalia positiva, observamos anomalia negativa significativa no estado de Roraima.

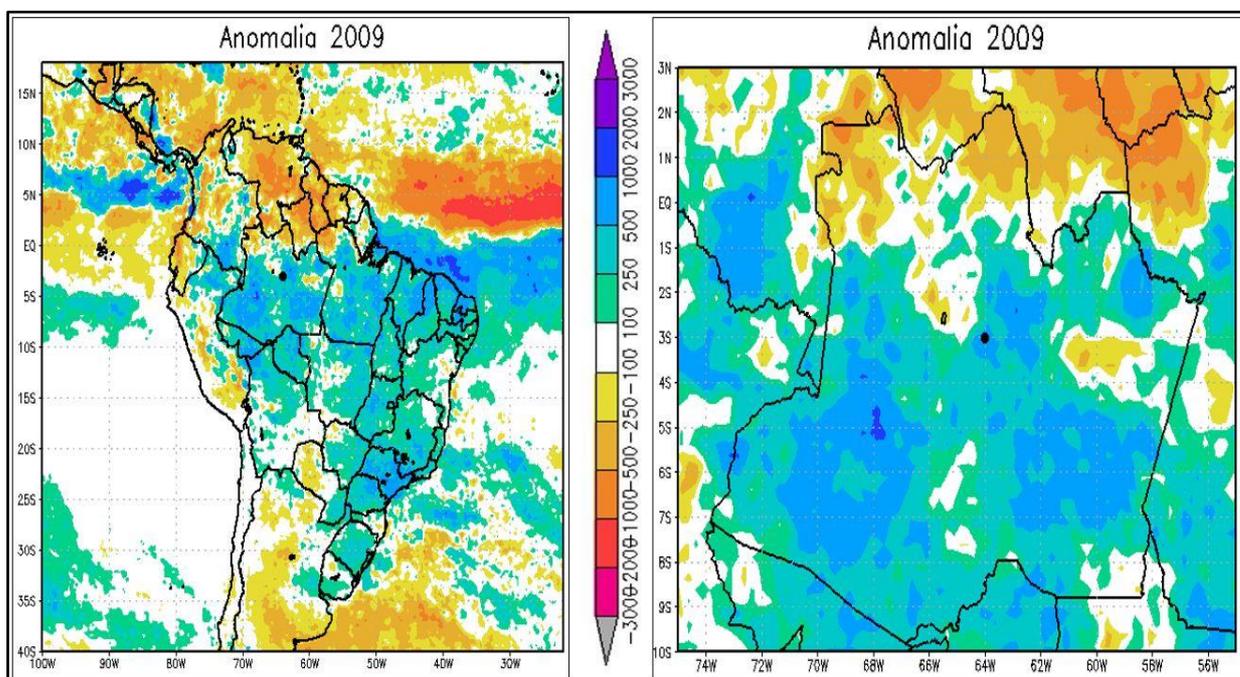


Figura 43: Anomalia de Precipitação ano de 2009.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

A esse resultado específico do ano de 2009, podemos observar que além da interação do fenômeno ENOS, ocorreu a interação do fenômeno do Dipolo Negativo do

Atlântico Sul, essa configuração de anomalia de TSM no Atlântico Sul favorece o aumento nos movimentos ascendentes sobre estas regiões, intensificando a formação de nuvens e aumentando os totais pluviométricos na região Norte e Nordeste do Brasil.

A respeito do resultado do ION, observamos que está configurado como fenômeno La Niña desde dos últimos trimestres do ano 2008, persistindo no ano de 2009 até o trimestre FMA, esse evento de La Niña e de intensidade fraca com índice de 0,5, seu ocaso acontece no trimestre seguinte MAM.

No ano de 2009 ocorreu também a configuração de fenômeno El Niño, a mudança de sinal de configuração passa a ocorrer no trimestre de JJA seguindo nos demais trimestres de 2009, finalizando o ano apresentando índice 1,3 no trimestre de OND de 2009, esse índice classificou o evento como El Niño Moderado.

O resultado do ano de 2012 na figura 44, observamos que a região central do Amazonas apresentou anomalia positiva de precipitação variando de 250 mm a 500 mm, encontramos na porção leste e sul do estado do Amazonas áreas com sinal de anomalia negativa de precipitação de -100 a -250 mm com variação de áreas de -250 mm -500 mm.

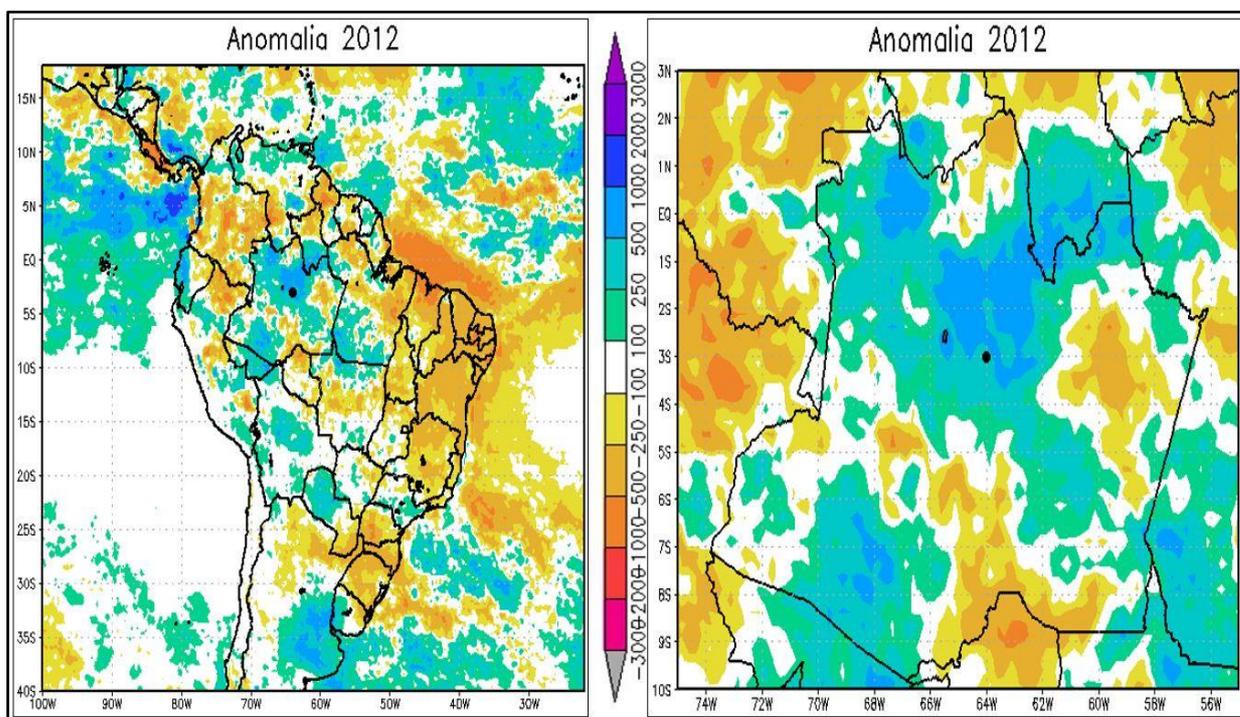


Figura 44: Anomalia de Precipitação ano de 2012.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Observamos que o ION está configurado como fenômeno La Niña por praticamente todo ano anterior ao ano de 2011, e persiste configurado no fenômeno

nos primeiros trimestres de 2012, quando atinge o índice de 0,5 no trimestre de FMA, essa intensidade é classificada como La Niña Fraca, a partir de então passa apresentar-se dentro da normalidade.

Em razão dessa configuração de fenômeno de La Niña nos meses de maior índice pluviométrico, esperava-se uma anomalia positiva na região Norte e Nordeste do Brasil, entretanto podemos observar que a anomalia positiva esteve localizada em algumas áreas da Região norte do Brasil, apresentando um sinal inverso de anomalia de precipitação na Região Nordeste, Sul e Sudeste do território brasileiro.

Os resultados das anomalias negativas variam de -100 a -250 mm com áreas com -500 mm a -1000 mm.

O resultado do ano de 2016 na figura 45, observamos que a região central do Amazonas apresentou anomalia negativa de precipitação variando de -250 mm a -500 mm, encontramos na porção leste do estado do Amazonas áreas com sinal de anomalia positiva de precipitação de 100 mm a 250 mm com variação de áreas de 250 mm 500 mm.

Observamos que o ION está configurado nos primeiros trimestres do ano de 2016 como fenômeno El Niño, apresentando índice de 2,2 no trimestre de JFM, esse fenômeno é de intensidade muito forte, o ocaso fenômeno ocorre no trimestre de AMJ, onde o índice obtido é de 0,5.

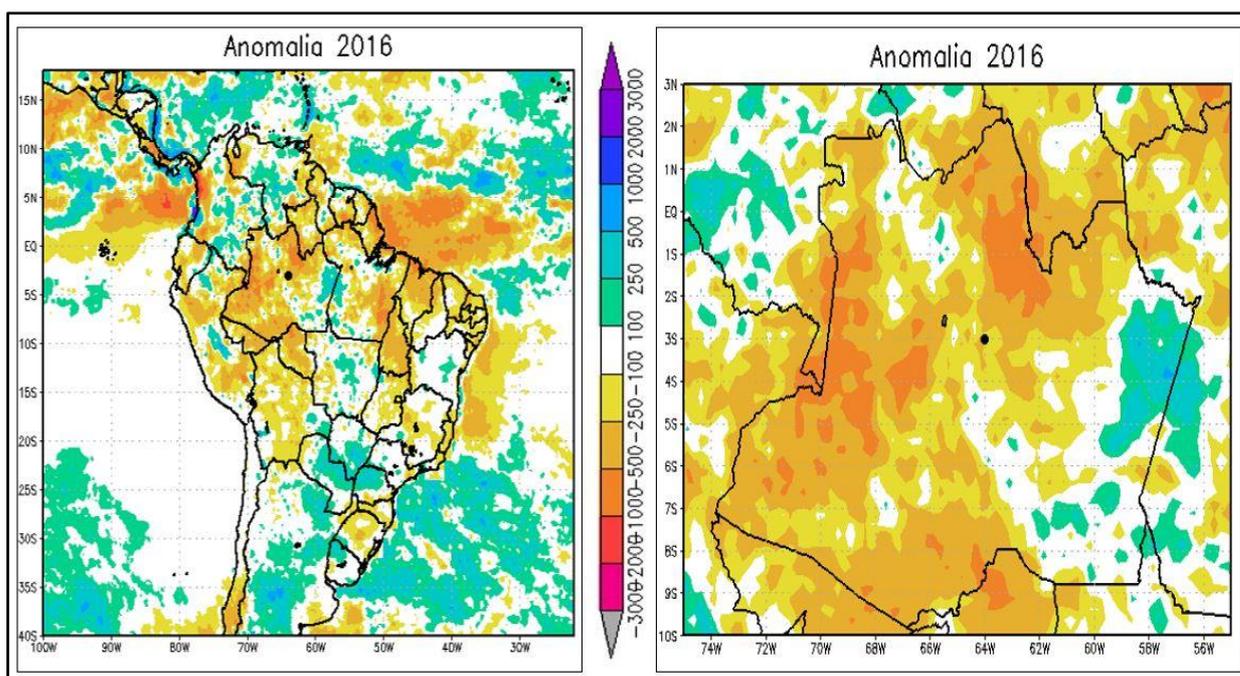


Figura 45: Anomalia de Precipitação ano de 2016.

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Ocorreu no ano de 2016 segundo figura 03, registro de fenômeno La Niña, configurada a partir do trimestre JAS com índice de 0,6, persistindo o fenômeno praticamente por todo os trimestres seguintes ano de 2016, essa intensidade é classificada como La Niña Fraca.

Em razão dessas configurações de fenômenos de El Niño e de La Niña em distintos trimestres acaba acarretando anomalias distintas por todo o território brasileiro. nos meses de maior índice pluviométrico na região em estudo podemos perceber que a influência do fenômeno El Niño foi preponderante, acarretando grandes áreas com resultados de anomalia negativa de precipitação.

4.4.1 Anomalias Normalizada de Precipitação

Nesta seção apresentaremos os mapas com os resultados das anomalias normalizadas para a região central do estado do Amazonas. Essa análise ajuda a classificar as anomalias de precipitação dos anos em estudo de 1998 a 2016.

Na interpretação dos resultados buscou-se analisar qual foi a característica encontrada na região central do Amazonas sobre a influência dos fenômenos ENOS na fase positiva e fase negativa, classificando as áreas homogêneas e caracterizando através do excesso ou déficit da precipitação.

Com base na interpretação sistêmica, a entrada de energia provocado pela anomalia de TSM, influência diretamente o subsistema regional e local através do déficit ou excesso de precipitação, saber aonde acontece essa precipitação é de fundamental importância. Essa análise ajuda a saber se a precipitação que causou impacto na Região central do estado do Amazonas foi provocada na escala local ou na escala regional, sobre as regiões das nascentes do Rio Solimões.

Os resultados estão sendo espacializados através de mapas, sendo representado pelo triângulo a área de estudo, foi delimitando a área da bacia do Solimões para melhor compreender se o impacto da precipitação ocorreu na escala local ou na escala regional.

Na figura 46, apresentamos os resultados das anomalias normalizadas nos anos de 1998 (figura 46a), ano de 1999 (figura 46b), ano 2000 (figura 46c) e ano 2000 (figura 46d) essa classificação determina as regiões com excesso e déficit de precipitação permitindo comparações entre regiões com diferentes características climáticas.

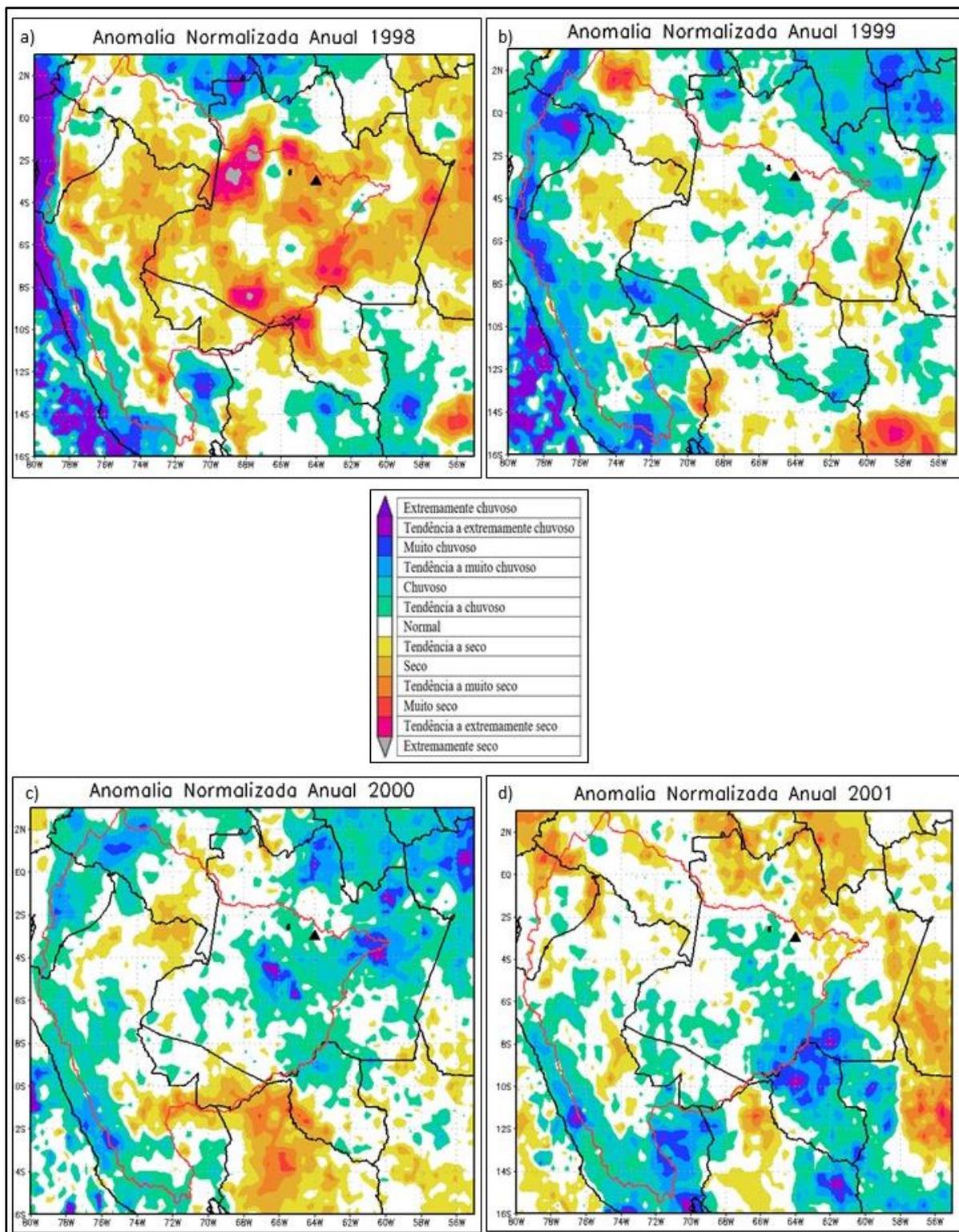


Figura 46: Anomalia Normalizada Anual de Precipitação, 1998 (figura 46a), 1999 (figura 46b), 2000 (figura 46c), 2001 (figura 46d).

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Na figura 46a ano 1998, apresentamos o resultado sobre a região central do estado do Amazonas com classificação de “Tendência a muito seco”, com áreas vizinhas classificadas em “Tendência a seco” e “seco”, no ano de 1998 o resultado

encontrado em geral e de déficit de precipitação em grandes áreas do estado do Amazonas. Encontramos áreas classificadas em “Tendência a extremamente seco” e áreas com classificação a “Extremamente seco” na porção oeste do estado do Amazonas.

Ocorreu no ano de 1998 na porção noroeste uma anomalia de sinal positivo de precipitação classificada como “Muito chuvoso” e áreas com “Tendência a extremamente chuvoso”. Portanto neste ano o fenômeno de maior impacto na região foi o fenômeno El Niño que provocou uma redução na precipitação regional e local.

Na figura 46b ano 1999, podemos observar que a região central do estado do Amazonas apresentou-se dentro da Normalidade, com áreas vizinhas classificadas em “Tendência a chuvoso” e “chuvoso” do ponto de vista da precipitação regional ocorreu áreas na região das cordilheiras do Andes classificadas de “Tendência a chuvoso” a áreas classificadas como “Extremamente chuvoso”.

No ano de 1999, o sinal característico do fenômeno La Niña, aparece mais fora do território brasileiro na região dos Andes. Observamos áreas menores classificadas com “Tendências a muito seco” e “Muito seco” na porção sul e sudeste do estado do Amazonas. Essa classificação de “Muito seco” também foi encontrado fora do território brasileiro na Colômbia área.

No resultado encontrado na figura 46c ano 2000, a região central do estado do Amazonas ficou classificada dentro da normalidade, com áreas vizinhas classificadas em “Tendência a chuvoso” e “chuvoso”, ocorrem também áreas classificadas em “Tendência a extremamente chuvoso”.

Durante o ano 2000, ocorreu algumas áreas classificadas em “Tendência a seco” e “Seco” na área do estado do Acre e fora do Território brasileiro nos países da Colômbia e do Peru.

Com base no ION, figura 03, o ano de 2000 está configurado como fenômeno La Niña e apresenta maior impacto de excesso de precipitação na porção leste do estado do Amazonas e na porção sul do estado do Amazonas, grandes áreas na porção oeste e sudoeste do estado estão classificadas dentro da normalidade.

No resultado encontrado na figura 46d ano 2001, a região central do estado do Amazonas ficou classificada dentro da normalidade, com áreas na porção sul do estado do Amazonas classificadas em “Tendência a muito chuvoso” e “muito chuvoso”,

ocorrem também áreas classificadas em “Tendência a extremamente chuvoso” fora do território brasileiro.

Na figura 47, apresentamos os resultados das anomalias normalizadas nos anos de 2002 (figura 47a), ano de 2003 (figura 47b), ano 2004 (figura 47c) e ano 2005 (figura 47d).

O resultado encontrado na figura 47a ano 2002, a região central do estado do Amazonas está classificada como “Chuvoso” nas vizinhanças encontramos áreas classificadas como “Muito chuvoso” e “Tendência a extremamente chuvoso” ocorreram áreas classificadas em “Tendência a seco” e “Tendência a muito seco” na porção leste do estado do Amazonas, no estado do Acre e áreas fora do território brasileiro.

Esse sinal de configuração ocorreu sobre a influência do fenômeno El Niño, figura 03, podemos observar apesar de esperar déficit existe sinal de configuração diferente provocado pelo fenômeno ENOS.

Na figura 47b ano 2003, encontramos a região central do estado do Amazonas classificada como “seco”, encontramos também áreas vizinhas com configuração classificadas como “Tendência a muito seco” e áreas “muito seco”. Ocorreu sinal inverso na porção sul do estado do Amazonas classificadas em “Tendência a chuvoso” com áreas classificadas em “Tendência a extremamente chuvoso”.

Um sinal de anomalia positiva é encontrado fora do Território brasileiro no Peru classificado como “Tendência a chuvoso” e áreas “muito chuvoso”.

O fenômeno que pode ter influenciado esses sinais de anomalia foi o El Niño, figura 03, podemos observar sua configuração desde o ano 2002 prosseguindo até o trimestre JFM do ano de 2003, esse evento vai favorecer o déficit de precipitação observado na região central, leste e norte do estado do Amazonas.

O resultado na figura 47c ano 2004 a região central do estado do Amazonas apresentou classificada em “Tendência a muito seco” com áreas próximas classificadas em “Tendência a seco” e “Seco”. Encontramos sinal de anomalia positiva na porção sudoeste do estado do Amazonas classificada em “Chuvoso” e pequenas áreas classificadas em “Muito chuvoso”.

Encontramos também sinais de anomalia positiva e negativa fora do território brasileiro. Com base no ION figura 03, o fenômeno El Niño passa a se configurar a partir do trimestre JJA e persiste nos demais trimestres do ano de 2004.

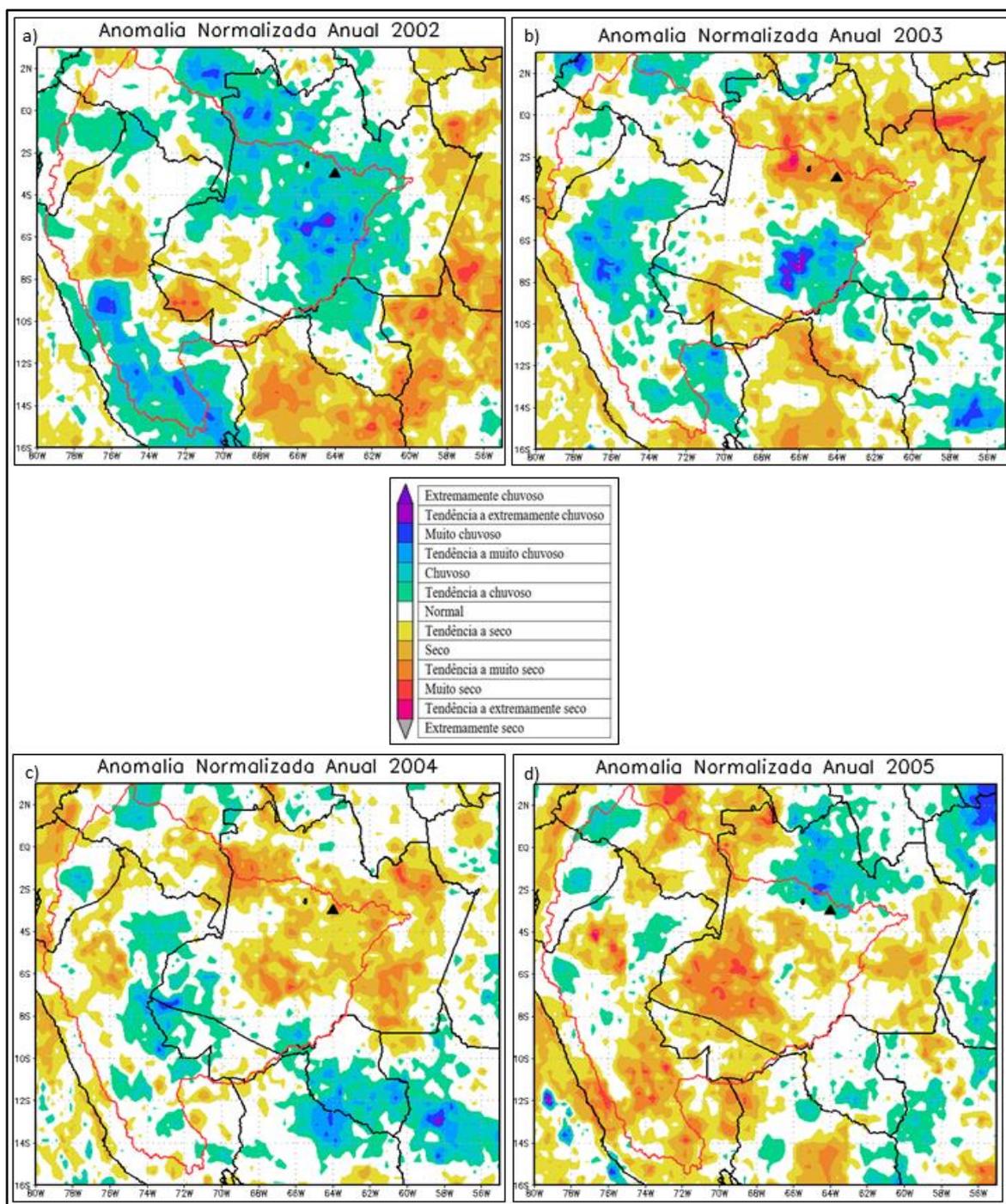


Figura 47: Anomalia Normalizada Anual de Precipitação, 2002(figura 47a), 2003 (figura 47b), 2004 (figura 47c), 2005 (figura 47d).

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

No resultado encontrado na figura 47d ano de 2005, a região central do estado do Amazonas está classificada como “Tendência a Chuvoso” com áreas nas vizinhanças dentro da normalidade. Um sinal oposto de anomalia é encontrado na porção sudoeste do estado do Amazonas, e no estado do Acre e fora do território

brasileiro sobre o Peru. Ocorreram áreas classificadas em “Tendência a seco” e áreas classificadas em “Muito seco”.

Com base no ION, o fenômeno El Niño se configura no ano de 2004 e persisti no início do trimestre de 2005 JFM. Essa configuração de El Niño provoca um padrão distinto de anomalia, áreas com excesso e áreas com déficit de precipitação.

Na figura 48, apresentamos os resultados das anomalias normalizadas nos anos de 2006 (figura 48a), ano de 2007 (figura 48b), ano 2008 (figura 48c) e ano 2009 (figura 48d).

O resultado encontrado na figura 48a ano 2006, a região central do estado do Amazonas está classificada dentro da normalidade com áreas nas vizinhanças classificadas como “Tendência a chuvoso” e áreas com “Tendência a muito chuvoso” ocorreram áreas classificadas em “Tendência a seco” e “Tendência a muito seco” na porção sudoeste do estado do Amazonas e em extensas áreas do estado do Acre.

O resultado do ano de 2006 apresentou um sinal de precipitação positiva a oeste do estado do Amazonas e fora do território brasileiro classificado em “Tendência a chuvoso” e áreas classificadas como “Extremamente chuvoso”.

Na figura 48b ano 2007, encontramos a região central do estado do Amazonas classificada como “Tendência a seco”, encontramos também áreas no sudoeste do estado do Amazonas classificadas como “Tendência a seco” e áreas classificadas “Tendência a muito seco” e áreas “muito seco”. Ocorreu sinal inverso na porção oeste do estado do Amazonas classificadas em “Tendência a chuvoso”, áreas fora do território brasileiro apresentam anomalias classificadas em “Tendência a chuvoso” e áreas classificadas com “Tendência a extremamente chuvoso”.

O resultado na figura 48c ano 2008 a região central do estado do Amazonas apresentou classificada dentro da normalidade com áreas próximas classificadas em “Tendência a seco” e áreas classificadas como “Tendência a chuvoso” nas vizinhanças, encontramos na porção leste e sudeste sinal de anomalia positiva classificadas em “Tendência a chuvoso” e áreas classificadas com “Tendência a extremamente chuvoso”.

Com base a figura 03, o ano de 2008 sofre influência do fenômeno El Niño, que está configurado desde ano 2007 e persiste até o trimestre MJJ do ano de 2008, essa configuração produz sinais distinto de anomalia sobre o estado do Amazonas.

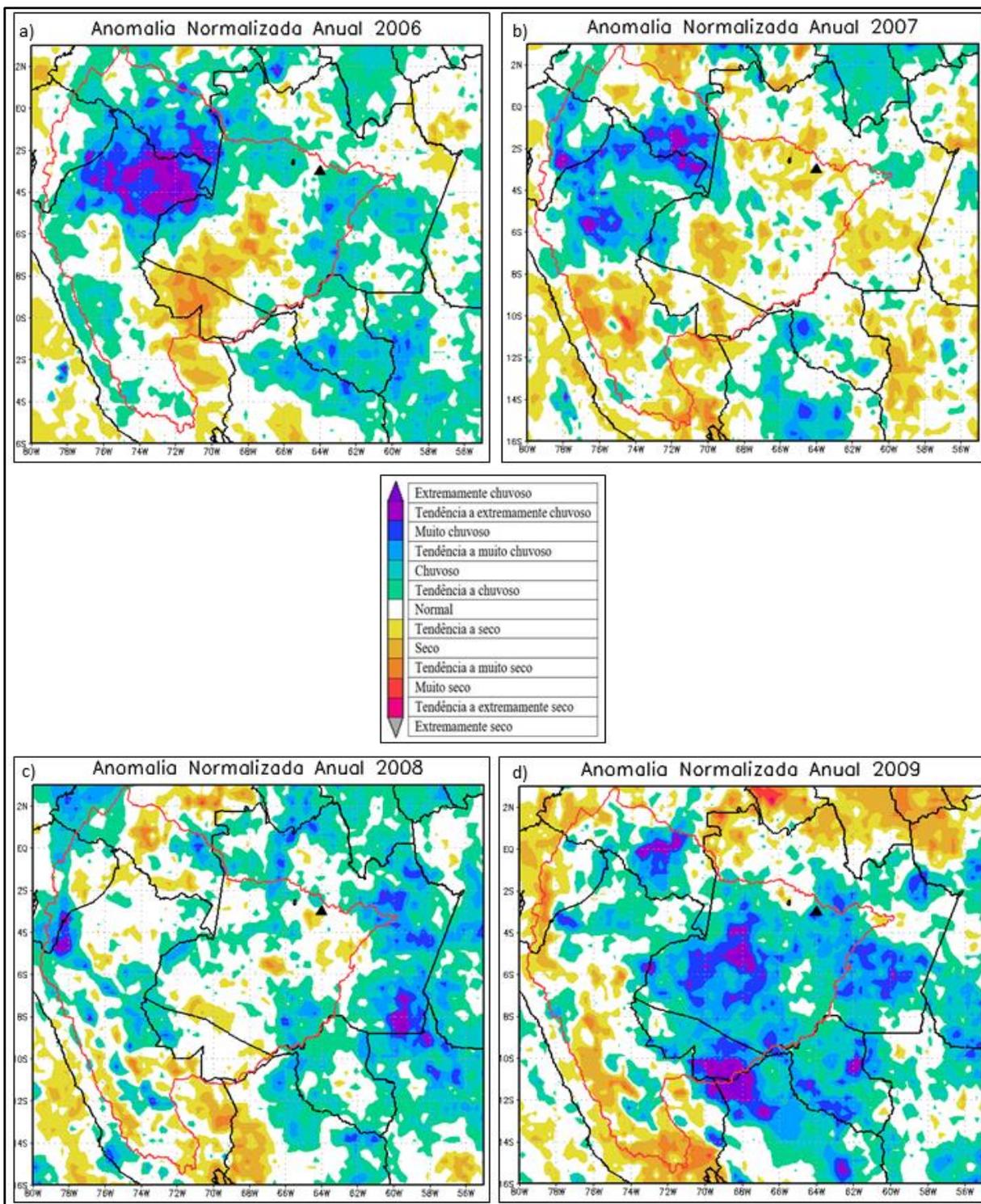


Figura 48: Anomalia Normalizada Anual de Precipitação, 2006(figura 48a), 2007 (figura 48b), 2008 (figura 48c), 2009 (figura 48d).

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

No resultado encontrado na figura 48d ano de 2009, a região central do estado do Amazonas está classificada como “Tendência a muito Chuvoso” com áreas nas vizinhanças dentro da normalidade e áreas “Tendência a chuvoso”. Na porção sudoeste

do estado do Amazonas, e no estado do Acre e fora do território brasileiro sobre a Colômbia encontramos áreas classificadas como “Tendência a chuvoso” e áreas com “Tendência a muito chuvoso” e áreas classificadas em “Tendência a extremamente chuvoso”. Ocorreram áreas classificadas em “Tendência a seco” e áreas classificadas em “Muito seco” na porção norte e noroeste do estado do Amazonas.

Com base no ION, o fenômeno El Niño está configurado desde o final do ano de 2008 e persistiu até o trimestre de FMA do ano de 2005. Essa configuração de La Niña provoca um excesso de precipitação apresentando um padrão distinto de anomalia no ano.

Na figura 49, apresentamos os resultados das anomalias normalizadas nos anos de 2010 (figura 49a), ano de 2011 (figura 49b), ano 2012 (figura 49c) e ano 2013 (figura 49d).

O resultado encontrado na figura 49a ano 2010, a região central do estado do Amazonas está classificada dentro da normalidade com áreas nas vizinhanças classificadas como “Tendência a seco” e “Tendência a muito seco” na porção sudoeste do estado do Amazonas e em extensas áreas do estado do Acre.

O resultado do ano de 2010 apresentou um sinal de precipitação negativa de precipitação a oeste do estado do Amazonas e fora do território brasileiro classificado em “Tendência a seco”, e áreas classificadas como “Extremamente seco”.

Com base no ION, o fenômeno El Niño está configurado desde a metade do ano de 2009 e persistiu até o trimestre de FMA do ano de 2010. Essa configuração de El Niño provocou uma das maiores secas da década, o resultado das anomalias mostra o impacto do fenômeno na precipitação regional.

Na figura 49b ano 2011, encontramos a região central do estado do Amazonas dentro da normalidade com áreas nas vizinhanças classificadas como “Tendência a seco”, encontramos também áreas na porção leste do estado do Amazonas classificadas como “Tendência a chuvoso” e áreas classificadas em “chuvoso”.

Ocorreu sinal inverso fora do território brasileiro no Peru e Colômbia, as anomalias encontradas foram classificadas em “Tendência a chuvoso” e “Tendência a extremamente chuvoso” na porção sul do Peru e Sudoeste da Colômbia.

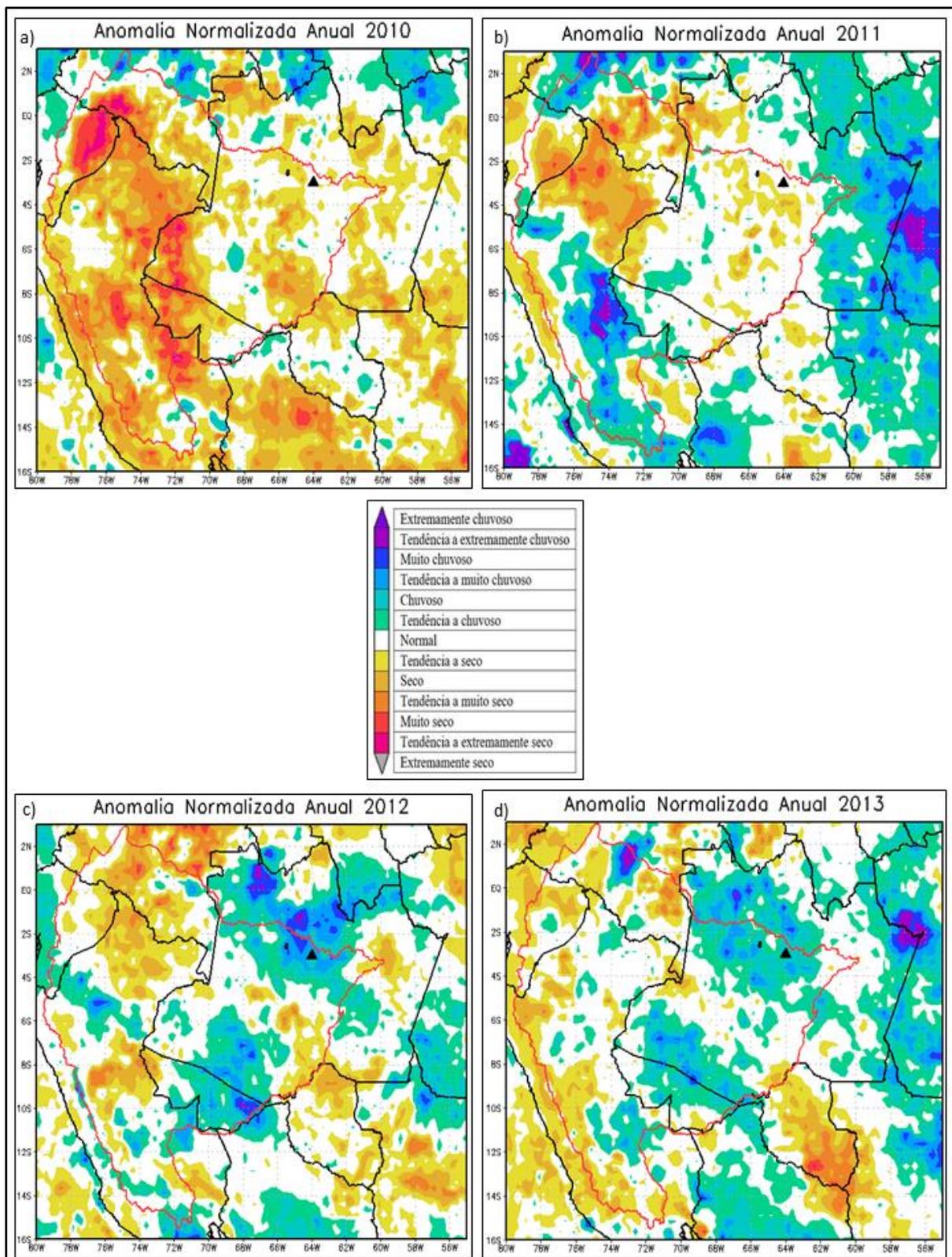


Figura 49: Anomalia Normalizada Anual de Precipitação, 2010 (figura 49a), 2011 (figura 49b), 2012 (figura 49c), 2013 (figura 49d).

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Na porção norte do Peru e sul da colômbia e Noroeste do estado do Amazonas encontramos anomalias classificadas como “Tendência a seco” e “Tendência a muito

seco”. Com base no ION, figura 03, o fenômeno La Niña está configurado a partir do trimestre MJJ do ano de 2010 e persistiu por quase todos os trimestres de 2011, com exceção do trimestre MJJ do ano em análise. Essa configuração de La Niña provoca um excesso de precipitação em algumas áreas da região norte.

O resultado na figura 49c ano 2012 a região central do estado do Amazonas apresentou classificação em “Tendência a muito chuvoso” com áreas próximas classificadas em “chuvoso” e áreas classificadas como “Tendência a chuvoso” nas vizinhanças, encontramos na porção norte e noroeste sinal de anomalia positiva classificadas em “Tendência a chuvoso” e áreas classificadas com “Tendência a extremamente chuvoso”.

Na porção norte do Peru e sul da Colômbia, encontramos anomalias classificadas como “Tendência a seco” e “Tendência a muito seco”. Com base no ION, figura 03, o fenômeno La Niña está configurado por quase todos os trimestres de 2011 persistindo o fenômeno até o trimestre FMA do ano de 2012. Essa configuração de La Niña provoca um excesso de precipitação em algumas áreas da região norte do estado do Amazonas sobre os afluentes do Rio Negro e Solimões na região central do Amazonas acarretando na maior cheia da década medida na estação de Manaus.

No resultado encontrado na figura 49d ano de 2013, a região central do estado do Amazonas está classificada como “Chuvoso” com áreas nas vizinhanças classificadas em “Tendência a chuvoso”. Na porção sudoeste do estado do Amazonas, e no estado do Acre e fora do território brasileiro sobre o Peru encontramos áreas classificadas como “Tendência a chuvoso” e áreas com “Tendência a muito chuvoso” e áreas classificadas em “Tendência a extremamente chuvoso” são encontradas na porção norte do estado do Amazonas. Ocorreram áreas classificadas em “Tendência a seco” e áreas classificadas em “Muito seco” no estado de Rondônia e fora do território brasileiro.

Com base no ION, o ano de 2013 não apresenta configuração de ENOS. Entretanto podemos observar resultados de anomalias positivas no estado do Amazonas, estudos posteriores ajudariam a entender melhor esse resultado durante esse ano.

Na figura 50, apresentamos os resultados das anomalias normalizadas nos anos de 2014 (figura 50a), ano de 2015 (figura 50b), ano 2016 (figura 50c).

O resultado encontrado na figura 50a ano 2014, a região central do estado do Amazonas está classificada dentro da normalidade com áreas nas vizinhanças

classificadas como “Tendência a chuvoso”, na porção sudoeste e oeste do estado do Amazonas e no estado do Acre encontramos anomalias classificadas em “chuvoso” e áreas com classificação “Tendência a muito chuvoso” fora do território brasileiro encontramos áreas classificadas em “chuvoso” e áreas classificadas como “Tendência a muito chuvoso” e áreas classificadas com “Tendência a extremamente chuvoso”.

O resultado do ano de 2014 apresentou um sinal de precipitação positiva de precipitação a oeste do estado do Amazonas e fora do território brasileiro essa configuração vai influenciar diretamente o nível do rio solimoes, uma vez que grande parte do volume do rio é proveniente da precipitação.

Com base no ION, figura 03, o fenômeno El Niño começa a se configurar no último trimestre OND de 2014, essa configuração de El Niño não acarretou grandes déficit de precipitação na região central do estado do Amazonas.

Na figura 50b ano 2015, encontramos a região central do estado do Amazonas com anomalia classificadas como “Tendência a muito seco”, encontramos áreas vizinhas também classificadas como “Muito seco”. Extensas áreas na porção central e leste do estado do Amazonas classificadas como “Tendência a muito seco” e “Muito seco”, encontramos áreas classificadas como “Tendência a extremamente seco” Ocorreu sinal inverso de anomalia na porção sudoeste do estado do Amazonas e áreas fora do território brasileiro no Peru e Colômbia, as anomalias encontradas foram classificadas em “Tendência a chuvoso” e “Muito chuvoso”.

Com base no ION, figura 03, o fenômeno El Niño se configurar no último trimestre OND de 2014 e persisti pior todo ano de 2015, essa configuração de El Niño foi um dos fenômenos de maior intensidade da década, classificado como muito forte, essa configuração do fenômeno acarretou grandes déficit de precipitação na região central do estado do Amazonas e leste do estado e grandes áreas da região norte e nordeste do Brasil.

O ano de 2015 apresentou a maior cheia já medida na estação de Tefé, essa influência se dá pelo o excesso de precipitação que ocorreu nas regiões das nascentes do Rio Amazonas.

O resultado na figura 50c ano 2016 a região central do estado do Amazonas apresentou classificação em “Tendência a seco” com áreas próximas classificadas como “Tendência a muito seco”, encontramos áreas vizinhas também classificadas como “Muito seco”. Extensas áreas na porção central e leste do estado do Amazonas

classificadas como “Tendência a seco” e “Muito seco”, encontramos áreas classificadas como “Tendência a extremamente seco” fora do território brasileiro na porção sul e central do Peru.

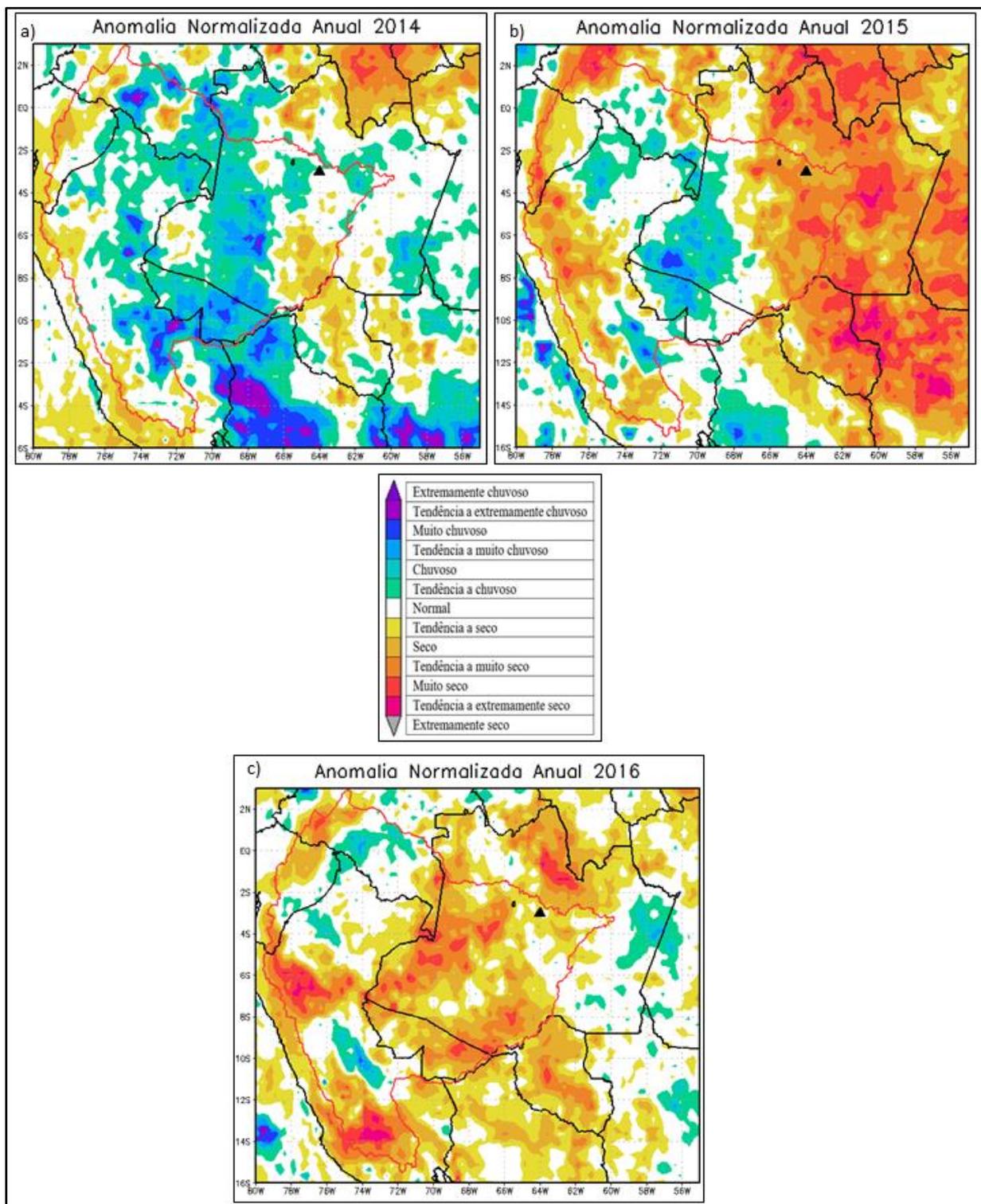


Figura 50: Anomalia Normalizada Anual de Precipitação, 2014 (figura 50a), 2015 (figura 50b), 2016 (figura 50c).

Fonte: Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

Encontramos áreas na porção leste do estado do Amazonas classificadas em “chuvoso” e áreas classificadas como “Tendência a chuvoso”, o ano de 2016 ainda permanece sobre efeito do El Niño e apresentou grandes áreas com déficit de precipitação.

Com base no ION, figura 03, o fenômeno El Niño está configurado por todo ano de 2015 persistindo o fenômeno até o trimestre AMJ do ano de 2016. Essa configuração de El Niño provocou uma diminuição da precipitação em grandes áreas do estado do Amazonas e em muitas áreas da região norte e nordeste do Brasil.

4.5.1 Impactos dos Eventos de El Niño na Região Central do Amazonas

Como resultado observamos que o fenômeno climático El Niño tem afetado diretamente a região central do Amazonas, a influência do evento sobre a precipitação na região produziu um déficit de chuva que ocasionou períodos de estiagem maior e mais severas como a que ocorreu nos anos de 1998, 2015, e o ano de 2010, no caso específico de 2010, figura 51, apesar de não ter tido o impacto maior da anomalia sobre a região do médio Solimões, o déficit de precipitação no alto Solimões ocasionou a maior seca na região.



Figura 51: Seca na Cidade de Tefé 2010.

Fonte: Radio Rural de Tefé.

Os impactos nas cidades são percebidos de diferentes formas como: o aumento das temperaturas nas cidades, o encarecimento dos produtos básicos nos Municípios,

devido a esses produtos serem transportados da capital do Estado do Amazonas Manaus para as cidades do médio Solimões através dos rios.

Os rios são as principais vias de acesso aos municípios vizinhos bem como para a capital do Amazonas, a cidade de Manaus. No período de grandes estiagens, figura 50, os trajetos para os Municípios acabam sendo modificados pois com a descida das águas as navegações terão de seguir os meandros do trajeto, isso acaba por onerar, dificultar e aumentar o tempo de viagem, outro impacto nessa época e a ocorrência de acidentes e encalhamentos com as embarcações, principalmente as que viajam a noite.

A imagem apresenta o porto de Tefé, e o Bairro do Abial, que durante o regime normal é separado pelo igarapé Xidarini, figura 52. No intuito de entender os impactos do sistema urbano e na vida das pessoas, podemos citar o catraieiro que é a pessoa que faz a travessia dos moradores do bairro do Abial, para a cidade de Tefé ou vice-versa. Durante a estiagem esse trabalhador acaba por ter seus rendimentos afetados, uma vez que a travessia passa a ser feito sem a utilização de canoas, e passa ser feito pelos motoqueiros. Os impactos da ausência da precipitação na região central do Amazonas, influenciam toda a dinâmica das cidades uma vez que todos os acessos acabam se tornando mais difíceis.



Figura 52: Igarapé Xidarini.
Fonte: Reumally Oliveira, 2018.

Em relação as três cidades que compõem a região, o município de Alvarães também é afetado principalmente, em razão de que a sede do município fica “de costa para o rio Solimões”, e sua ligação com a cidade de Tefé acaba sendo afetada pela estiagem que ocorre nas cidades durante os eventos de ENOS.

Contudo, a cidade mais afetada em sua logística é a cidade de Uarini, pois durante os períodos de estiagem o porto muda de lugar devido o regime das águas e acaba por afetar toda a dinâmica da cidade figura 53, já que todas as pessoas que chegam ao município ou terão de pegar um moto táxi para chegar até a cidade, levando cerca de 10 minutos, ou terá de ir caminhando até a cidade gastando cerca de 30 minutos.

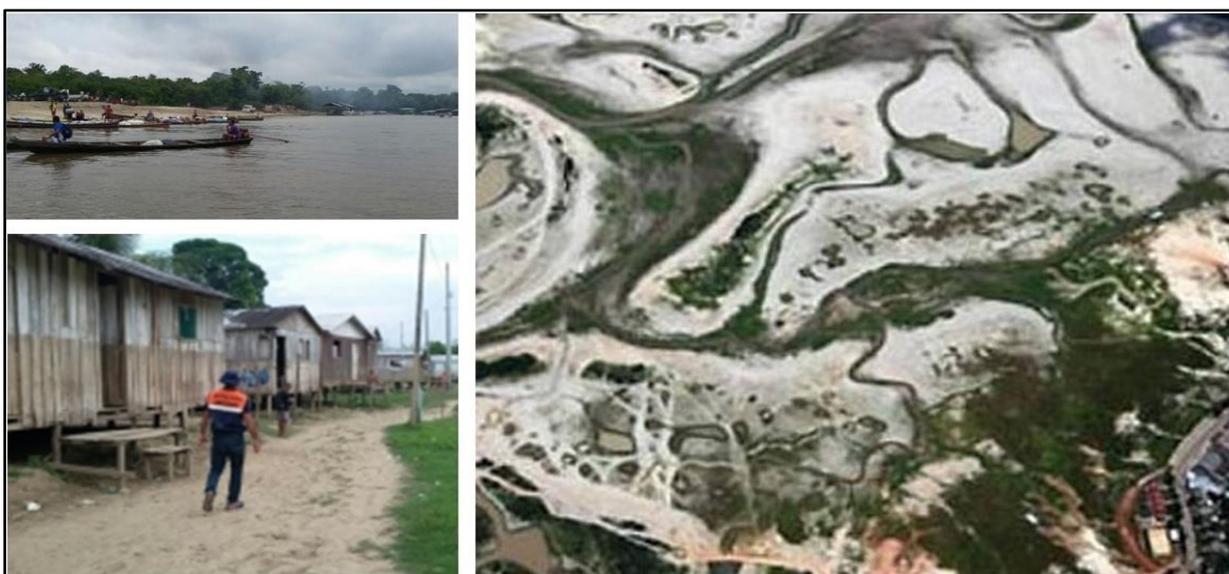


Figura 53: Seca em Uarini.

Fonte: Defesa Civil Estadual. Acesso em maio de 2018.

Sobre o resultado obtido das anomalias no ano de 2015, observamos que há anomalia positiva na porção oriental do Amazonas, sendo característico para esse período de El Niño estiagem (seca), em resumo encontramos áreas com anomalias positivas nessa região que vão influenciar a região central do Amazonas com um período de enchente figura 53.

A figura evidencia o impacto de um acumulado de precipitação nos tributários, desta forma entende-se que o impacto da chuva não foi diretamente provocado em cima da região central do Amazonas, mas resultado da anomalia positiva na porção oeste.

As cidades em caso de enchentes têm uma resiliência maior que em período de estiagem, e buscam uma adaptabilidade tentando um prosseguimento de suas rotinas, essas muitas vezes é custeada pelo estado, em casos de pontes, elevação de assoalhos, contudo ocorre uma demanda maior de famílias a procura do que material disponíveis.

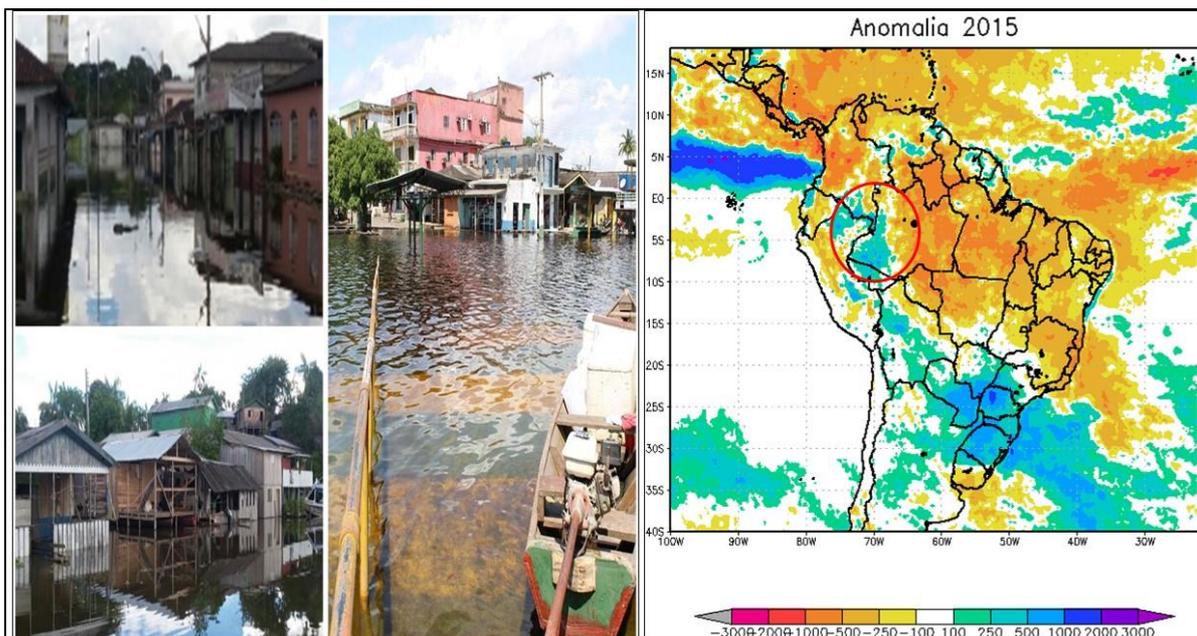


Figura 54: Anomalia positiva na porção Oriental impactos nas cidades.

Fonte: Defesa Cívil Estadual / Dados do Satélite TRMM, organizado Reumally 2018.

No cerne dos impactos nos eventos de El Niño no ano de 2015, a cidade de Uarini apresentou uma elevação do nível do rio, figura 54, e com isso acaba tendo suas rotinas alteradas, pois as ruas mais afetadas as primeiras ruas das cidades são ruas que estão alocados os comércios ou feiras, essa elevação do nível do rio além de trazer todo o transtorno com a rotinas da cidade ainda coloca a população em casos de vulnerabilidade a doenças infectocontagiosas.



Figura 55: Anomalia positiva na porção Oriental impactos na cidade de Uarini.

Fonte: Defesa Civil Estadual, 2018.

Na cidade de Tefé encontramos diferentes impactos nas vidas das pessoas, que vão desde as adaptações no intuito de permanecer em suas casas, como no simples

ato de ir e vir, de certo que durante esses períodos as cidades apresentam maior incidências de doenças causadas pela água, pois a falta de saneamento básico e tratamento da água proporciona a proliferação de vetores de doenças, além dos estabelecimentos comerciais as pessoas com renda mais baixa são as que são afetadas, figura 56.

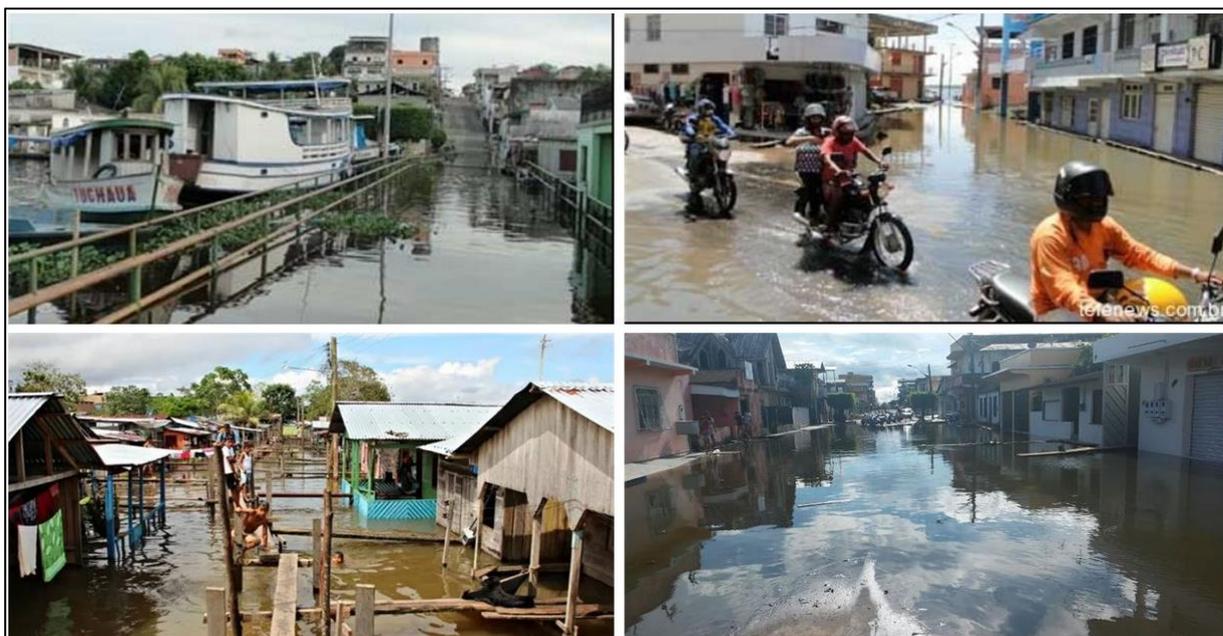


Figura 56: Anomalia positiva na porção Oriental impactos na cidade de Uarini.

Fonte: Tefé News.com.br, 2018.

Diante das análises, foi necessário o estudo sobre a variabilidade da precipitação na região central do estado do Amazonas para entender o sinal de anomalia produzido pelos fenômenos de grande escala La Niña e El Niño.

No cerne da continuidade das pesquisas na região, apontamos algumas sugestões para trabalhos futuros:

A relação da produção da Mandioca e os fenômenos El Niño e La Niña.

A saber se a uma correlação dos casos de malárias com os eventos.

Entender sobre a dinâmica fluvial (economia e os eventos de ENOS).

Saber se há alguma correlação com a produtividade do pescado na região e os eventos de ENOS.

Conclusões

A dinâmica do sistema climático na região Amazônica está ligada diretamente ligado ao subsistema hidrológico, e esse é influenciado tanto pela precipitação local como pela precipitação no sistema Atmosférico regional. Essa interação provoca em casos de excesso (cheias) e em caso de déficit (secas), esses fenômenos acarreta na população impactos que vão desde de ordem econômica a social.

Promover pesquisas para subsidiar a diminuição dos impactos no subsistema social é papel do pesquisador e das instituições públicas, que desempenharam o papel de tornar possível as ações de planejamento Urbano.

Devido ao processo histórico de ocupação, muitas famílias na região central do estado do Amazonas sofrem impactos devido aos eventos El Niño e La Niña. Os impactos desses eventos são perceptíveis quando ruas das cidades são tomadas pela elevação das águas, inundando casas, comércios e ruas de bairros situados em áreas planas, alterando a qualidade de vida da população.

E por outro lado quando acontece a estiagem através de uma seca prolongada, onde os fluxos das cidades são alterados e os acontece problemas de cunho econômico, como a elevação de alguns produtos que compõe a cesta básica e de cunho social como a elevação de doenças respiratórias e doenças de veiculação hídrica.

Portanto, a interferência do sistema climático no sistema hidrológico, gera de fato grandes prejuízos para a população da região central do estado do Amazonas. o presente trabalho ajudou a compreender as relações e as interferências dos fenômenos de escala global na precipitação local.

Entender que independente da precipitação local se acontecer excesso ou déficit de precipitação na bacia do Solimões haverá impacto no local, portanto futuras pesquisas que possam entender o sistema hidrológico e a interação com os sistemas atmosféricos na Amazônia ajuda a prevenir os impactos na vida das pessoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, K. S. S. **Validação da precipitação estimada pelos produtos 3B42 e 3B43 do TRMM sobre a reserva biológica Jarú – RO.** Cuiabá, MT. 70 T. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2017.

BERLATO, M. BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul: aplicações de previsões climáticas na agricultura.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, RS, v. 7, n. 1, p. 119-125, jan./jun. 1999., Santa Maria, v. 7, n. 1, p. p. 119-125, Jan./Jun 1999.

BETIOL, V. D. M. **SISTEMAS, COMPLEXIDADE, E OS SISTEMAS AMBIENTAIS NA PRÁTICA, NO BRASIL.** REVISTA GEONORTE, Manaus, v. 1, p. 91-101, 2012.

BJERKNES, J. **ATMOSPHERIC TELECONNECTIONS FROM THE EQUATORIAL PACIFIC. MONTHLY WEATHER REVIEW,** Los Angeles, v. 97, MARCH 1969.

Disponível em: <<ftp://ftp.library.noaa.gov/docs.lib/htdocs/rescue/mwr/097/mwr-097-030163.pdf>>. Acesso em: nov. 2017.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC/INPE). 2012. **Boletim Climanálise 27.**

Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>. Acesso: 04 de Março 2018.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Blücher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, Anderson L. H. Sistemas dinâmicos: as abordagens da teoria do caos e da geometria fractal em Geografia. In: **VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T. (org). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 89-110.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução à geografia Física**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2012.

COHEN, Júlia Clarinda Paiva. **Um Estudo Observacional de Linhas de Instabilidade na Amazônia**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, São José dos Campos, 1989.

CPETC: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Previsão Climática elaborada em Fórum de Consenso entre o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)**. Disponível em: <http://infoclima1.cptec.inpe.br/>. Acesso em 30 de Março de 2017.

CURTIS, S. e Hastenrath, S. **Trends of upper-air circulation and water vapour over equatorial South America and adjacent oceans**. International Journal of Climatology, 19, 863-876, 1999.

DEFESA CIVIL DO ESTADO DO AMAZONAS, 2018.

Disponível em: <<http://www.defesacivil.am.gov.br>>, Acesso 22/02/2018.

FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. **Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America**. Climanálise -Boletim de Monitoramento e Análise Climática, v. 5, n. 6, p. 36-45, 1990.

FISCH, Gilberto; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A. **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia.** revista Acta Amazônica 28(2); p. 101-126, 1998.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **Clima da Amazônia.** Climanálise, p. 24-41, 1996. Número Especial 10 anos.

GONZALEZ, Rosimeire, Araújo, R. V. A. L. A. C. M. T. K. R. A. F. D. S. **A Influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul.** ACTA AMAZONICA, MANAUS, v. 43, n. 4, p. 469-480, 2013.

Disponível em: <<https://acta.inpa.gov.br/fasciculos/43-4/PDF/v43n4a09.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

GRIMM, A. M. . S. E. T. F. A. J. G. **Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events.** J. Climate, n. 11, p. 2863-2880. Acesso em: 2 dez. 2017.

GRIMM, A. M. **The El Niño impact on summer monsoon in Brazil: Regional processes versus remote influences.** J. Climate, v. 16, p. 263-280, 2003.

GRIMM, A. M & Z. P. & M. J. **Sinais de La Niña na precipitação da Amazonia.**, 2018.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/37679447_Sinais_de_La_Nina_na_precipitacao_da_Amazonia>.

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

Disponível em: <http://prosur.cima.fcen.uba.ar/documentos/Alice2001.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

GRID ANALYSIS AND DISPLAY SYSTEM (GRADS). GrADS Documentation Index.

Disponível em: <<http://grads.iges.org/grads/gadoc/gadocindex.html>> Acesso em: 10 jul. 2017.

HASTENRATH, S. **The Intertropical Convergence Zone Of The Eastern Pacific Revisited**. International Journal of Climatology, 347- 356, 2002. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) acesso em 05/01/2018.

HASTENRATH, S e Heller, L. **Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 103, 435, 77-92, 1977.

HASTENRATH, S. e Lamb, P. J. **Climatic Atlas of the Tropical Atlantic and Eastern Pacific Ocean**. University of Wisconsin Press, Madison, 1977.

HASTENRATH, S., **Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic**. Mon. Wea. Rev., 112, 1097-1107. 1984.

HASTENRATH, S. **Climate and Circulation of the Tropics**. Atmospheric Sciences Library. Published by D. Reidel Publishing Company,. 455 p, 1985.

HASTENRATH, S., **Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies**. J. Climate, 3, 893-904. 1990.

HASTENRATH, S. e Greischar, L. **Circulation mechanisms related to Northeast Brazil rainfall anomalies**. .Geophys. Res., 98 (D3), 5093-5102, 1993.

HASTENRATH, S. **Dipoles, Temperature Gradients, and Tropical Climate Anomalies**, Bulletin of the American Meteorological Society, 83, 5, 735-738, 2002.

HUFFMAN, GJ, Adler RF, Bolvin DT, Gu G, Nelkin EJ, Bowman KP, et al. **The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scale**. Journal of Hydrometeorology 2007; 8 (1): 3855. <http://dx.doi.org/10.1175/JHM560>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo 2010.

Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=Am> >. Acesso em 20 de mar. 2018.

_____. Regiões de influência das cidades 2007. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Mapa de clima do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1 mapa. Escala 1:5 000.

Disponível em: < <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos.html> >. Acesso em: 10 Março. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/ CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (INPE/CPTEC). **Boletim Climanálise**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 20 Abr. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA IPEA. **O Brasil e novas dimensões da integração regional** / Walter Antonio Desiderá Neto, Organizador. – Rio de Janeiro: Ipea, 2014.

KAYANO, M.T.; Moura, A.D. 1986. **O El Niño de 1982-83 e a precipitação sobre a América do Sul**. Revista Brasileira de Geofísica, 4: 201-214.

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, n. 36A, p. 490-504, março.1984. Acesso em: 05 nov. 2017.

KOUSKY, V. E; MOLION, L.C. **Uma contribuição à climatologia da dinâmica da troposfera sobre a Amazônia**. Revista Acta Amazônica. 15(3-4): p. 311-320, 1985.

KUMMEROW, C. William B, Toshiaki K, James S, Joanne S. **The tropical rainfall measuring mission (TRMM) sensor package**. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 1998; 15(3): 809-817.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. **Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão.** Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 20, p. 657-675, 2016.

Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/issue/view/6465>>.

MARENGO, J.A. **Interannual variability of surface climate in the Amazon basin.** International Journal of Climatology, 1992. 853-863.

MARENGO, J. et al. **The drought in Amazonia in 2005.** J. Climate, Boston, v. 21, p. 495- 516, 2008.

MARENGO, J.; NOBRE, C. Clima da região amazônica. **In: CAVALCANTI, I. F. A. (Org.). Tempo e Clima do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 198-212.

MATSUYAMA, H. **The water budget in the Amazon River Basin during the FGGE Period.** Journal of Meteorological Society of Japan, 70(6): 1071 - 1083, 1992;

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. **Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: mecanismos de precipitação.** Revista Brasileira de Meteorologia. Vol.2, 107-117, 1987.

MOLION, L. C. B., Kousky, V. E. **Climatologia da dinâmica da troposfera sobre a Amazônia.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, São José dos Campos.1985.

MORAN, J. M. e Morgan, M. D. **Meteorology - The Atmosphere and the Science of Weather.** Macmillan Publish. Co., 4th ed., 520p, 1994.

NÓBREGA, R. S.; SOUZA, E. P.; SOUSA, F. A. S. **Análise da utilização de dados do satélite TRMM em um modelo hidrológico semidistribuído na bacia do rio Jamari.** Revista Brasileira de Geografia Física, V. 01, n. 01, Mai/Ago, 47-61, 2008.

NOBRE, C. A.; OBREGÓN, G. O.; MARENGO, J. A.; FU, R.; POVEDA, G. Characteristics of Amazonian Climate: Main Features. In: **KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; SILVA DIAS, P. (Orgs.). Amazonia and Global Change.** Geophysical Monograph Ser, vol. 186. Washington, D.C.: American Geophysical Union Books, 2009. p. 149-162

NÓBILE TOMAZIELLO, A. C. **Influências da temperatura da superfície do mar e da umidade do solo na precipitação associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul.** 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, Alda Santos de. **Interacoes entre sistemas frontais na America do Sul e a conveccao na Amazonia.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1986.

OLIVEIRA, S. S. D. **Influência de diferentes tipos de ENOS na precipitação na américa,** Manaus, 2013.

OLIVEIRA, José Aldemir de. As cidades amazônicas: a ilusão da busca. In: **Boletim amazonense de geografia.** Manaus: Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Manaus. 1995.

PHILANDER, S.G.H., **El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation.** Academic Press, Inc., San Diego, 293p, 1990.

PHILANDER, S.G.H., Gu, D., Lambert, G., Li, T., Halpern, D., Lau, N. C., Pacanowski, R. C.: **Why the ITCZ is mostly north of the equator?** J. Climate, 9, 12, 2958-2972, 1996.

QUEIROZ, Kristian Oliveira de. **Centralidade periférica e integração relativizada: uma leitura de Tefé no Amazonas.** 2015. 325f. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciência Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SALATI, E. O clima atual depende da floresta. In: **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia**. São Paulo: Brasiliense/CNPq, Brasília, 1983.

SANTOS, J. G. M. **Introdução ao climate data operators (versão atualizada)**. São José dos Campos: INPE, versão: 2016-11-18. 67 p.

Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3MQU4Q8>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

SANTOS, J. G. M. **INTRODUÇÃO AO GRID ANALYSIS AND DISPLAY SYSTEM (GRADS)**. São José dos Campos: INPE, versão: 2016-11-18. 67 .

Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3G5LD6B>>. Acesso em: 01 Janeiro 2018.

SATYAMURTY, P., Nobre, C., e Silva Dias, P. L. **South America. Meteorology of the Southern Hemisphere**, D. J. Karoly e Vincent, D.G. E ds. Amer. Meteor. Soc., 119-139, 1998.

SAMPAIO, G.; DIAS, P. L. **Evolução dos modelos climáticos e de previsão de tempo e clima**. Revista USP, São Paulo, n. 103, p. 41-54, 2014.

SANTOS, Ângela Moulin Simões Penalva; COSTA, Laís Silveira; ANDRADE, Thompson Almeida. "Federalismo no Brasil: análise da descentralização financeira das cidades médias". In: **ANDRADE, Thompson Almeida; SERRA, Rodrigo Velente Serra (Orgs.). Cidades Médias Brasileiras**. Rio de Janeiro: IPEA, 2001.

Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/082/08201004.jsp;ttCD_CHAVE=163>
Acesso em: 05/03/2018.

SILVA, J. F.; **El Niño – O Fenômeno Climático do Século**. Editora Thesaurus, 139p, Brasília – DF. 2009.

SOUZA, Reginaldo Luiz Fernandes de. **VARIABILIDADE INTERDECADAL DA PRECIPITAÇÃO NA AMAZÔNIA OCIDENTAL BRASILEIRA**. Orientador: Luiz Carlos

Baldicero Molion, PhD. Maceió- AL: UFAL, 2009. Dissertação (Mestrado em Meteorologia).

SCHOR, Tatiana; COSA, Danielle Pereira da. **Tipificação da Rede Urbana na Calha do Rio Solimões – Amazonas**. Manaus, 2006. p. 20. Tipificação da Rede Urbana na Amazônia: um estudo para as cidades localizadas na calha do rio Solimões – Amazonas. Núcleo de Estudos e Pesquisas das Cidades da Amazônia Brasileira – NEPECAB, UFAM.

_____. e COSTA, Danielle Pereira da. **Rede urbana na Amazônia dos grandes rios: uma tipologia para as cidades na calha do rio Solimões-Amazonas – AM**. Anais do X SIMPURB, Florianópolis, 2007.

_____. Tatiana. OLIVEIRA, José Aldemir. **Reflexões metodológicas sobre o estudo da rede urbana no Amazonas e perspectivas para análise das cidades na Amazônia brasileira**. ACTA geográficas, edição especial cidades na Amazônia brasileira. 2011. 15-30

ROCHA, E.J.P da. **Balço de Umidade na Amazônia durante o Fluamazon**. Dissertação de Mestrado, USP, 121 p, 1991.

RODRIGUES, E. Andréia. **Rede Urbana do Amazonas: Tefé como cidade média de responsabilidade territorial. 2011**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Ciências Humanas e Letras, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

Rosa. Marcelo. B. SILVA, Luiz. T. **Alguns Aspectos Climatológicos da ZCIT sobre o Atlântico**. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais(CPTEC/INPE), São Paulo, 2016.

TRENBERTH, K. E. e A. Solomon. **The Global Heat balance: Heat Transports in the atmosphere and ocean**. Climate Dyn. 10, 107- 1.34, 1994.

TRENBERTH, K. E. **The Definition of El Niño**. Bulletin of American Meteorological Society. Washington, n, 12, v. 78, p. 2771-2777, set 1997.

TRMM. Mission Overview. Disponível em: www.trmm.gsfc.nasa.gov. Acesso em 21 de Março de 2017.

TEFÉ NEWS, Notícias de Tefé e Região. disponível em: <<http://www.tefenews.com.br/tag/enchente>>, Acesso: 22/04/2018.

UVO, Cintia B. 1989. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região Norte do Nordeste Brasileiro**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1989.

UVO, Cíntia Bertacchi. **Influence of Sea Surface Temperature on Rainfall and Runoff in Northeastern South America: Analysis and Modeling**. 1998. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade Lund, Sweden, Departamento de Engenharia de Recursos de Água, 1998.

VEADO, Ricardo Wagner ad-Víncula. **Geossistemas de Santa Catarina**. Rio Claro, UNESP/ IGCE, 1998. (Tese de Doutorado).

WALKER, G. T. A. B. E. W. **World Weather V** Memoirs of the Royal Meteorological Society, LONDON, v. 4, p. 53-84, 1932.

