



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Meteorologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JACQUELINE BELO MORAES

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DE SISTEMAS PRECIPITANTES E
RELÂMPAGOS NO NORTE DO ESTADO DO PARÁ E O ESTADO DO AMAPÁ**

Nº 348

BELÉM-PARÁ

JUNHO-2014

JACQUELINE BELO MORAES

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DE SISTEMAS PRECIPITANTES E
RELÂMPAGOS NO NORTE DO ESTADO DO PARÁ E ESTADO DO AMAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado
à Faculdade de Meteorologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará
-UFPA, em cumprimento Às exigências para
obtenção do Grau de Bacharel em
Meteorologia. Orientador: Prof. Dr. Galdino
Viana Mota

Belém

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M827d Moraes, Jacqueline Belo

Distribuição espaço temporal de sistemas precipitantes e relâmpagos
no norte do estado do Pará e estado do Amapá / Jacqueline Belo Moraes
– 2014

50 f. : il

Orientador: Galdino Viana Mota

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em meteorologia) –
Faculdade de Meteorologia, Instituto de Geociências, Universidade
Federal do Pará, Belém, 2014.

1. Raio - Amazônia. 2. Precipitação (Meteorologia) - Amazônia.3.
Tropical Rainfall Measuring Mission I. Título.

CDD 22. ed.: 551.563209811

JACQUELINE BELO MORAES

**DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DE SISTEMAS PRECIPITANTES E
RELÂMPAGOS NO NORTE DO ESTADO DO PARÁ E ESTADO DO AMAPÁ**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado à Faculdade de Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará-UFPA, para obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia.

Data de aprovação: ___/___/_____

Conceito: _____

Banca examinadora:

Prof.: Galdino Viana Mota - Orientador
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Meteorologista: Vanda Maria Sales de Andrade- Membro
Doutora em Agrometeorologia
Universidade Federal Rural da Amazônia

Meteorologista: Nilzele de Vilhena Gomes Jesus - Membro
Mestre em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Pará

“Ao Senhor Deus, a minha
avó Carmita e meu Pai Jô
que foram minha força no
decorrer de todos esses
anos”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força e por me permitir continuar até o final desta jornada, mesmo enfrentando muitos obstáculos .

À minha queridíssima Carmita Carvalho, minha mãe avó, companheira por acreditar sempre em mim e por me dar forças em todos os momentos e pela sua ótima participação em minha criação, pois ela é e sempre será muito importante em minha vida.

A Jocivaldo Carvalho, meu pai, que foi a pessoa que mais me incentivou aos estudos, e que hoje agradeço imensamente toda a rigidez com a qual ele me criou, pois foi devido a ela que aprendi o valor da disciplina e que me fez compreender as grandes vitórias.

Ao meu orientador, Galdino Viana, a quem devo a realização desta etapa decisiva da minha formação, pelo conhecimento a mim transmitido, pelos conselhos e pelas cobranças, que me permitiram o amadurecimento deste trabalho.

A todos os amigos e amigas que fiz ao longo do curso, em especial a minha amiga Juliana, Ana Leticia, Elis Barbosa e Paula Rocha, por suas sinceras amizades .

RESUMO

Este trabalho analisou 15 anos de dados de distribuição espacial e temporal de raios, sistemas precipitantes e suas características, como temperatura de brilho e altura dos sistemas precipitantes amostrados pelo satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) através dos sensores Lightning Imaging Sensor (LIS), Precipitation Radar (PR) e TRMM Microwave Imager (TMI), foram utilizados dados dos anos de 12/1997 a 12/2012 e foram selecionadas áreas delimitadas entre 53°W a 47°E de longitude e 3°N a 3°S de latitude e posteriormente selecionadas quatro sub-áreas (Região I - 53W_50W 0N_3N, Região II - 50W_47W 0N_3N, Região III - 53W_50W 0N_3S e Região IV - 53W_50W 3S_0N). O presente trabalho tem como objetivo fazer uma análise da distribuição espacial e temporal dos relâmpagos em alguns setores da região Amazônica e adjacências, analisar a ocorrência de relâmpagos nas regiões em estudo, identificando os meses de maiores amostragens, as áreas mais atingidas e a influência dos sistemas precipitantes (PFS) na ocorrência de relâmpagos. A classificação dos sistemas seguiu a metodologia de NESBITT et al. (2000). Com relação aos sistemas foram verificados que os PFS, WICE foram os sistemas que mais contribuíram com o volume de precipitação, seguido dos MCS. Os resultados mostraram ainda que as regiões de maiores ocorrências foram as regiões ao Sul (IV - 53W_50W 3S_0N) e (III - 53W_50W 0N_3S), apresentando (14220 e 12337 eventos), respectivamente; área que abrange o Sul do Pará, município de Belém e Ilha do Marajó, sendo que os MCS e WICE foram os que mais contribuíram para a produção de raios sobre essas regiões.

Palavras-chave: Amazônia. Precipitação. Sistemas Precipitantes. Relâmpagos. TRMM

ABSTRACT

This study analyzed 15 years of data on spatial and temporal distribution of lightning, precipitation systems and their characteristics such as brightness temperature and height of precipitating systems sampled by the satellite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) sensors through the Lightning Imaging Sensor (LIS), Precipitation Radar (PR) and TRMM Microwave Imager (TMI) data were used for the years 12/1997 a 12/2012 and delimited areas selected between 53 ° W to 47 ° E longitude and 3 ° N to 3 ° S latitude and subsequently selected four subareas (I- Region-53W _50W 0N _3N, Region II-50W_47W 0N_3N , III- Region - 53W_50W 0N_3S and IV- Region - 53W_50W 3S_0N). The present work aims to make a analysis of the distribution of lightning in some areas of the Amazon region and surroundings, analyze occurrences of lightning in the regions under study, identifying the months of larger samples, the most affected areas and the influence of precipitation systems (PFS) in the occurrence of lightning. The classification systems followed the methodology of Nesbitt et al. (2000). With respect to the systems that were checked were ALLPFS systems that contributed to the volume of precipitation, followed by MCS. Results also showed that the regions of highest occurrences were the regions to the south (IV-53W_50W 3S_0N) and (III- 53W_50W 0N_3S) having (14220 and 12337 events), respectively; area covering the South of Pará, in Belém and Marajo, and the MCS and WICE were the main contributors to the production of rays over these regions.

Key words: Amazon. Precipitation. Lightning. Systems Precipitants. TRMM

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Imagem esquemática Satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).....	18
Figura 02	Localização da área de estudo.....	21
Figura 03	Número de sistemas precipitantes e relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.....	22
Figura 04	Número de sistemas precipitantes sem gelo e quantitativo de relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM.....	23
Figura 05	Número de sistemas precipitantes e distribuição de Relâmpagos para sistemas convectivos de mesoescala amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.....	24
Figura 06	Distribuição da precipitação para todos os tipos de sistemas (s/gelo, c/gelo e sistemas de mesoescala) amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.....	25- 26
Figura 07	Distribuição de todos os sistemas (ALLPFS) com relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.....	27
Figura 08	Distribuição de sistemas precipitantes sem gelo e com relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.....	28
Figura 09	Distribuição de sistemas convectivos de mesoescala com relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.....	29- 30
Figura 10	Distribuição de todos os sistemas precipitantes com relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.....	31
Figura 11	Distribuição da Temperatura de brilho do IR envolvendo todos os sistemas amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.....	32
Figura 12	Distribuição da Máxima Altura envolvendo todos os sistemas amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.....	33-34
Figura 13	Distribuição mensal da precipitação nos anos 12/1997 a 12/2012 amostradas pelo satélite TRMM.....	35
Figura 14	Distribuição mensal da taxa de relâmpagos nos anos 12/1997 a 12/2012 amostradas pelo satélite TRMM.....	37
Figura 15	Distribuição da média sazonal da chuva (mm/mês) estimada Pelo satélite (TRMM) no período de 12/1997 a 12/2012.	38

Figura 16	Distribuição sazonal da atividade de relâmpagos (relâmpagos/trimestre/km ²).....	39
Figura 17	Distribuição sazonal do Volume de PRP com raios pelo Volume total de Precipitação.(%).....	41
Figura 18	Distribuição sazonal da Máxima altura (km) por Temperatura de brilho do IR (k) estimados pelo satélite TRMM- Distribuição sazonal a taxa de precipitação por tipo de PF pela precipitação total.....	42
Figura 19	Distribuição sazonal da Máxima altura (km)	43
Figura 20	Distribuição da Temperatura de brilho do IR (k) estimados pelo satélite TRMM.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALPFFS	Todos os sistemas precipitantes
DJF	Dezembro, Janeiro e Fevereiro.
DJFMAM	Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março, Abril e Maio
E	Leste
EAMZ	Leste da Amazônia
Km	Quilômetro
MAM	Março, Abril e Maio
mm	milimitro
N	Norte
NE	Nordeste
NW	Noroeste
PRP	Precipitação
S	Sul
SE	Sudeste
SW	Sudoeste
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission
UFPA	Universidade Federal do Pará
W	Oeste
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
WOICE	Sistemas sem gelo
WICE	Sistemas com gelo
MCS	Sistemas convectivos de mesoescala

SUMÁRIO

1INTRODUÇÃO	13
2REVISÃO BIBLIOGRAFICA	15
2.1CLIMATOLOGIA	15
2.2NUVENS	16
2.3DENOMINAÇÃO DE RAIOS	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1DADOS	18
3.1.1SATÉLITE TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION (TRMM).....	18
3.1.2LIGHTNINGIMAGING SENSOR (LIS)/ SENSOR DE IMAGEAMENTO DE RAIOS.	20
3.2METODOLOGIA	21
3.2.1METODOLOGIA UTILIZADAS NOS DADOS DO TRMM.....	21
4 RESULTADO E DISCUSSÕES	23
5 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Um dos fenômenos meteorológicos que mais afeta a sociedade é a tempestade convectiva com precipitações extremas. Do ponto de vista estatístico, eventos de precipitação intensa são aqueles, que apesar de serem pouco numerosos responsáveis por uma grande porcentagem do total de chuva em um dado período e região. Ou seja, são eventos com grande volume de precipitação em um único dia (Xavier et al, 2007). O clima amazônico tem as seguintes características: o predomínio de temperaturas anuais entre 22 e 28°C. Há uniformidade térmica e, não se percebe a presença de variações estacionais no decorrer do ano. O total de chuvas varia de 1.400 a 3.500 mm por ano. O clima é distribuído de maneira a caracterizar duas épocas distintas: a seca e a chuvosa. O clima é equatorial úmido e sub-úmido, controlado pela ação dos alísios e baixas pressões equatoriais e pela ZCIT (Zona de Convergência Intertropical). Na Amazônia Ocidental, o clima sofre a interferência da massa equatorial continental; na Amazônia Oriental, região do médio e baixo Amazonas e litoral, o clima sofre interferência da massa equatorial marítima e da ZCIT. Na Amazônia Oriental predomina o clima equatorial.

O clima do Estado do Pará é do tipo Af de acordo com o critério de Köppen (sempre úmido), com sazonalidade da estação chuvosa (meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio – DJFMAM) (Figueroa e Nobre, 1990), que ocorre principalmente devido à migração latitudinal da ZCIT nos meses de verão austral. Os principais sistemas produtores de chuvas intensas, que podem se tornar eventos extremos, na estação chuvosa nessa região são: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Linhas de Instabilidade; Convecção úmida profunda local e a interação entre alguns ou todos os elementos (Souza, 2006). Fenômenos climáticos de larga escala como a Oscilação Sul e o Gradiente Térmico Inter-hemisférico podem causar variabilidades na duração e intensidade da estação chuvosa na Amazônia (Marengo e Hastenrath, 1993). De qualquer forma, um sistema de tempo que produz intensa precipitação, sempre está relacionado à atividade convectiva e é o resultado da interação de mecanismos físicos de diferentes escalas (Rockwood e Maddox, 1988).

O fenômeno da convecção atmosférica domina as condições de tempo e clima da Amazônia. A convecção rasa (não precipitante, seguindo a divisão tradicional de parametrizações convectivas) e a convecção profunda (precipitante) estão entre os principais componentes do balanço de energia local. Além disso, a convecção precipitante é essencial

no ramo atmosférico do ciclo hidrológico, influencia a dinâmica tropical de grande escala e exerce um papel fundamental no balanço de energia da circulação geral do planeta (Adams et al, 2009).

Os relâmpagos são fenômenos atmosféricos que surgem devido à separação localizada de cargas elétricas no espaço. Eles podem ocorrer associados às explosões nucleares, erupções vulcânicas e em nuvens convectivas profundas do tipo Cumulonimbus. Verifica-se nos dias atuais a grande ocorrência de chuvas acompanhadas de relâmpagos em que acabam ocasionando muitos prejuízos a sociedade e em alguns casos ocasionando mortes .

A descarga elétrica de nuvem à terra, ocorrendo em consequência de processos que variam desde a escala macro até a microescala, é um fenômeno de vários estágios (ex. Mason, 1970), um dos quais é uma avalanche de elétrons, a partir da nuvem em direção à terra, no canal do raio pré-ionizado pelo primeiro líder escalonado, produzindo a descarga principal. Este fenômeno também é denominado descarga de retorno, pois a frente de plasma aquecida pela avalanche eletrônica propaga-se rapidamente da terra à nuvem, dando uma noção visual de que a descarga ocorre em direção à nuvem. O pico de corrente na descarga de retorno, que pode trazer à terra carga negativa ou positiva, alcança valores >100 kA (20-30 kA são correntes mais frequentes), e é acompanhado por forte emissão das ondas eletromagnéticas nas faixas visível (i.é relâmpago) e de rádio (i.é. atmosféricos). Satélites geossíncronos ambientais de órbita polar fornecem dados importantes sobre nosso planeta há mais de 50 anos. O satélite tropical de medição de precipitações (TRMM na sigla em Inglês) monitora nuvens, precipitação e outros aspectos do ciclo da água entre 40 graus de latitude Norte e 40 graus Sul.

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma análise espacial e temporal da distribuição dos relâmpagos em alguns setores da região Amazônica e adjacências utilizando dados remotos de relâmpagos associados aos sistemas precipitantes (PFS, Precipitation Features de NESBIT et al., (2000) coletados pelo Lightning Imager Sensor (LIS).

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Climatologia

A região Amazônica apresenta um alto nível pluviométrico, com uma precipitação de aproximadamente 2300 mm ao ano (FIGUEROA; NOBRE, 1990). Segundo Molion (1987), as circulações de meso e grande escala que atuam na Amazônia e os processos dinâmicos que as organizam são os que promovem a precipitação sobre esta região. Os mecanismos que provocam chuva na Amazônia podem ser agrupados em três tipos: Convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e condições de larga escala favoráveis; Linhas de Instabilidade (LIs) originadas na costa N-NE da América do Sul; Aglomerados convectivos de mesoescala, associados com a penetração de sistemas frontais nas Regiões Sul, Centro Oeste e Sudeste do Brasil interagindo com a Região Amazônica.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos. Caracterizada por uma faixa de nebulosidade que circunda todo o globo terrestre, e que apresenta uma melhor definição sobre os oceanos, devido a pouca rugosidade existente na superfície dessa região. Surge pela confluência dos ventos Alísios de nordeste e de sudeste e apresenta uma migração periódica entre o Hemisfério Sul e o Hemisfério Norte, atingindo uma posição média mais ao norte em torno de 10° N e uma mais ao sul em torno de 5° S. A distribuição espacial da precipitação sobre a Amazônia possui uma marcha anual bem definida e influenciada principalmente pelo deslocamento norte-sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Esse é um dos principais sistemas meteorológicos causador de chuva na Região Amazônica (RAO e HADA, 1990). . Outro sistema meteorológico que influencia o regime de precipitação e favorece a convecção sobre a Amazônia é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é definida como uma zona de confluência na baixa troposfera na América do Sul orientada no sentido NW-SE, com uma faixa de nebulosidade que se estende do noroeste da Amazônia ao Oceano Atlântico (KODAMA, 1992). Este sistema surge no final da primavera do Hemisfério Sul, devido a presença de convecção associada a constante penetração de sistemas frontais (OLIVEIRA, 1986; KOUSKY, 1988). SILVA DIAS et. al. (2002) mostram que a atuação desse sistema provoca alterações na circulação local e conseqüentemente na natureza da precipitação.

2.2 Nuvens

Nuvem é um conjunto visível de partículas minúsculas de água líquida ou de gelo, ou de ambas ao mesmo tempo, em suspensão na atmosfera. Este conjunto pode também conter partículas de água líquida ou de gelo em maiores dimensões, e partículas procedentes, por exemplo, de vapores industriais, de fumaças ou de poeiras. O aspecto de uma nuvem depende essencialmente da natureza, dimensões, número e distribuição no espaço das partículas que a constituem. Depende também da intensidade e da cor da luz que a nuvem recebe, bem como das posições relativas do observador e da fonte de luz (sol e a lua) em relação à nuvem. Os principais fatores que intervêm na descrição do aspecto de uma nuvem são suas dimensões, sua forma sua estrutura e sua textura, assim como sua luminância e cor. Estes fatores serão levados em consideração na descrição de cada uma das formas características das nuvens. As nuvens são a umidade do ar condensada. São constituídas por gotículas d'água e/ou cristais de gelo. Quanto ao seu aspecto podem ser: Estratiformes com desenvolvimento horizontal, cobrindo grande área; de pouca espessura; precipitação de caráter leve e contínuo Cumuliformes, com desenvolvimento vertical, em grande extensão; surgem isoladas; precipitação forte, em pancadas e localizadas. Podem ser líquidas (constituídas por gotículas de água), sólidas (constituídas por cristais de gelo) e mistas (constituídas por gotículas de água e cristais de gelo). De acordo com o Atlas Internacional de Nuvens da OMM (Organização Meteorológica Mundial) existem três estágios de nuvens: Nuvens Altas: base acima de 6km de altura (sólidas); Nuvens Médias: base entre 2 a 4 km de altura nos pólos, entre 2 a 7 km em latitudes médias, e entre 2 a 8 km no equador (líquidas e mistas) e Nuvens Baixas: base até 2km de altura (líquidas).

Na Amazônia, chuvas produzidas por nuvens quentes são predominantes no período chuvoso. Segundo WILLIAMS et. al. 2002, as nuvens produzidas no “coração” do período chuvoso apresentam fracas correntes ascendentes (fraco *updraft*) e baixa concentração de núcleo de condensação de nuvens(NCN), características fundamentais das nuvens produzidas sobre as regiões marítimas, por isso, a Amazônia é comumente comparada ao um “oceano verde”. Enquanto que no período menos chuvoso observou-se uma maior predominância de chuvas produzidas por nuvens frias, principalmente nos meses de primavera, com forte correntes ascendente (forte *updraft*) e alta concentração de núcleo de condensação de nuvens(NCN).

2.3 Denominação de raios

Os raios são fenômenos atmosféricos que surgem devido à separação localizada de cargas elétricas no espaço. Eles podem ocorrer associados às explosões nucleares, erupções vulcânicas e em nuvens convectivas profundas do tipo Cumulonimbus. Os raios são intensas descargas elétricas que ocorrem na atmosfera em um curto intervalo de tempo, de aproximadamente 0,3 segundos, e realizam um percurso que varia de acordo com a natureza do raio. Em uma descarga entre a nuvem e o solo, geralmente, o percurso visível se estende entre 1 km a 3 km abaixo da nuvem, embora sua trajetória total possa superar 10 km (VISAGRO FILHO, 2005).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Dados

Neste trabalho foram utilizados os dados referentes aos sistemas precipitantes amostrados pelo satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) no período de dezembro de 1997 a Dezembro de 2009¹². Estes dados fornecem informações sobre a localização, tamanho, intensidade, máxima altura do sistema precipitante, máxima refletividade do sistema precipitante próxima da superfície, temperatura de brilho no canal demicroondas, dentre outras características dos sistemas precipitantes amostrados. O *Lightning Imaging Sensor* (LIS) fornece o imageamento de relâmpagos ocorridos ao longo da trajetória do satélite. O número e o tempo de ocorrência de todos os tipos de relâmpagos (nuvem-nuvem, intra-nuvem e nuvem-solo) detectados estão associados aos Sistemas Precipitantes.

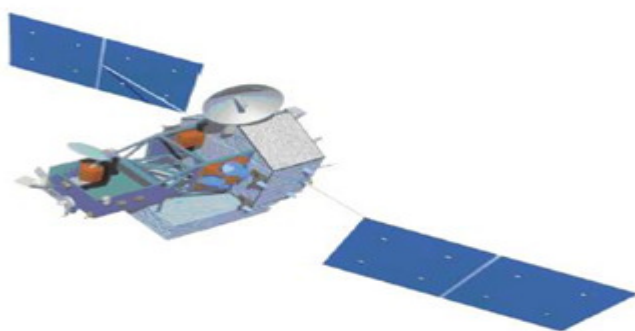
3.1.1 Satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

O sistema TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) oferece algumas das mais valiosas imagens para acompanhamento, previsão e análise de precipitação. Durante mais de doze anos, o satélite TRMM voou entre as latitudes de aproximadamente $30^\circ \pm$, de ambos os lados do equador, fazendo 16 órbitas por dia. Os instrumentos de bordo monitoram nuvens, precipitações, fluxo de calor, raios e outros aspectos do ciclo da água. Eles podem criar o que equivale a imagens 3D das tempestades. TRMM foi lançado em 1997 como satélite experimental conjunto da NASA e da Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA). Assim, excedeu tão bem as expectativas, que seu status foi alterado para o de um satélite operacional, utilizado para gerar previsões.

O radar de precipitação TRMM foi o primeiro instrumento espacial criado para fornecer mapas tridimensionais da estrutura de uma tempestade. O imageador de microondas é um sensor de microondas passivo projetado para fornecer informações quantitativas de precipitação sobre uma ampla área sob o satélite. O imageador de microondas permite que a TMI quantifique o vapor de água, a água de nuvens e a intensidade da precipitação na atmosfera. O scanner de radiação visível e infravermelha também fornece indicação da chuva, e se conecta as observações recolhidos por TRMM com aqueles coletados por GOES

e outras missões POES. O sistema de nuvens e energia radiante da Terra monitora a energia trocada entre o Sol; a atmosfera terrestre, a superfície e nuvens, e o espaço. Finalmente, o *sensor de imageamento de raios* é um instrumento altamente sofisticado capaz de detectar e localizar um relâmpago na região tropical do globo.

Fig.01- Imagem esquemática Satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)



Fonte: http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/instrumentfacts.html.

3.1.2 Lightning imaging sensor (LIS)/ sensor de imageamento de raios.

O LIS é constituído por um gerador de imagens ópticas que observa os raios com uma taxa de amostragem ligeiramente superior a 500 quadros por segundo, e permite que ele localize os raios através das mudanças momentâneas no brilho das nuvens causadas pelas descargas elétricas. Devido à sensibilidade e ao alcance do sensor ótico, o LIS torna-se capaz de identificar um raio até mesmo em nuvens luminosas, ou seja, iluminadas pelo sol. Os 80 graus de campo \times 80 graus de ângulo de visão, combinado com a altitude de 400 km, permitem que o sensor observe nuvens dentro de uma área de 600 km \times 600 km da Terra, com uma resolução espacial de 3 km (no nadir) para quase 90 seg. de passagem do satélite. Apesar da curta duração de observação, este tempo é suficiente para estimar a taxa de raios das tempestades. O aparelho registra o tempo de ocorrência, mede a energia radiante, e determina a localização dos eventos de raios dentro do seu campo de visão. O LIS detecta todos os tipos de raios, os nuvem-solo, intra-nuven, nuvem-nuven, nuvem-ar. Isso é possível por que nuvens eletrificadas produzem pulsos ópticos que são visíveis do espaço.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Metodologia utilizada nos dados do TRMM

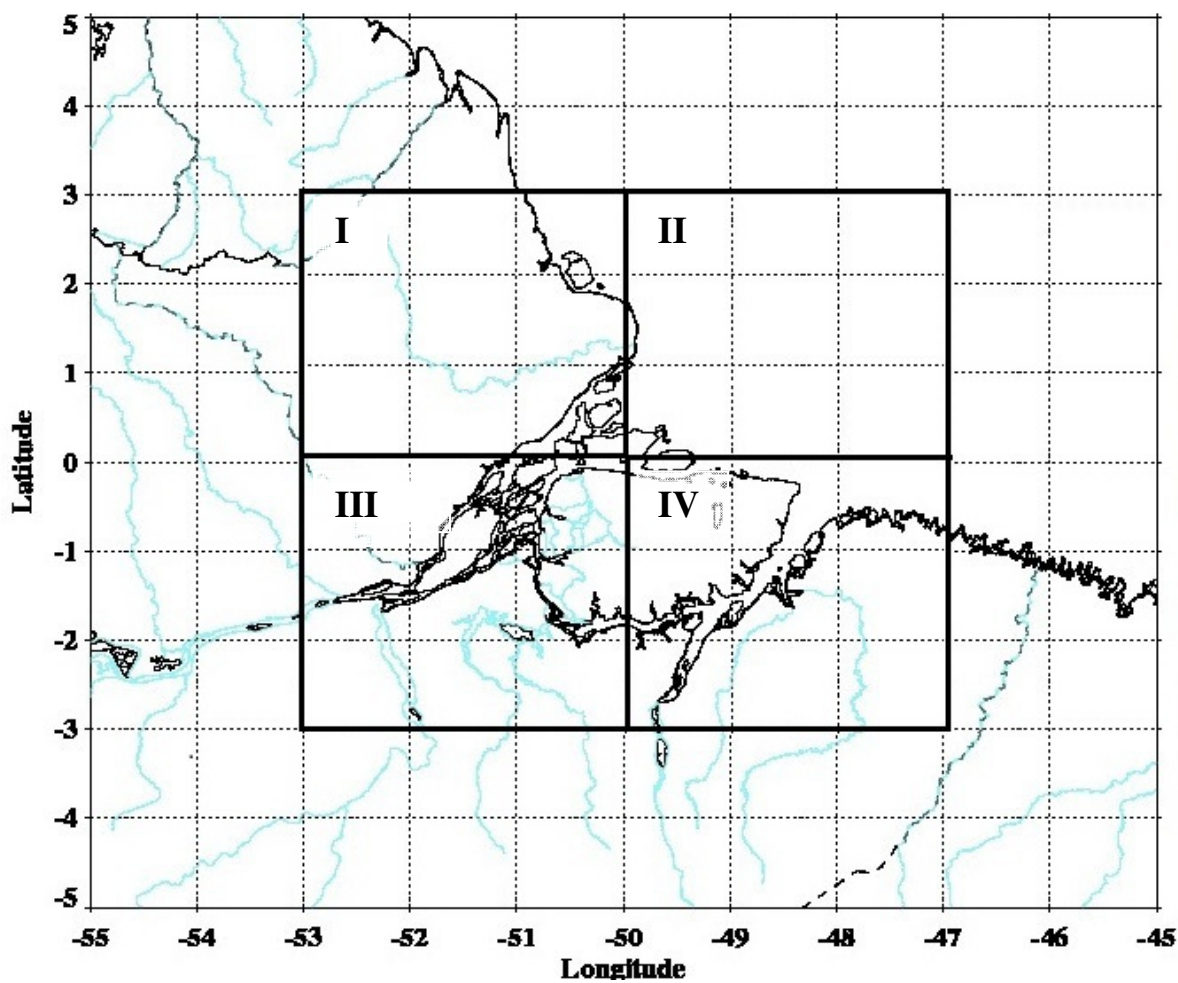
Para a elaboração deste trabalho, foram utilizados dados de precipitação acumulada mensal durante os anos de 1997 a 2012. Foram utilizados dados remotos de relâmpagos coletados pelo LIS que se encontra a bordo do satélite TRMM. Este satélite leva cerca de 90 minutos para completar uma órbita ao redor da Terra o que permite 16 órbitas por dia. O LIS fornece imageamento de relâmpagos ocorridos ao longo da trajetória do satélite. O número e o tempo de ocorrência de todos os tipos de relâmpagos detectados estão associados a sistemas precipitantes (PFs).

Os PFs foram classificados de acordo com a metodologia de NESBITT et al. (2000) que correspondem a todos os sistemas com refletividade maior ou igual a 20 dBZ próximo da superfície. Um PF “sem gelo” (NOICE) é um sistema que contém pixels com temperaturas de brilho, no canal de microondas (85 GHz), maiores que 250 K. Um PF “com gelo” (WICE) é um sistema com pelo menos um pixel contendo temperatura de brilho maior ou igual a 250 K. Um PF com MCS (sigla em inglês para sistemas Convectivos de mesoescala) é um sistema que contém área maior ou igual a 2000 km² com temperatura de brilho menor ou igual a 250 K e área maior ou igual a 185 km² com temperatura de brilho menor ou igual a 225 K. Os PFs com um intenso MCS (IMCS) são aqueles que têm área maior ou igual a 2000 km² com temperatura de brilho menor ou igual a 200 K e área maior ou igual a 185 km² com temperatura de brilho menor ou igual a 175 K. Foram selecionadas quatro sub-regiões, em grades de 3° por 3° graus de latitude e longitude, em que foram definidas por (Região II -50W_47W 0N_3N / Região IV- 50W_47W 3S_0N / Região I- 53W 50W 0N_3N / Região III - 53W_50W 3S_0N).

Os dados foram manipulados através do software *Interface Definition Language* (IDL) e os gráficos foram criados utilizando o software Excel. Através destes softwares foram determinados os totais anuais emensais de relâmpagos amostrados nas diferentes regiões no período de 12/1977 a 12/2012, em que foram elaborados gráficos de distribuição de sistemas precipitantes com/sem gelo, sistemas convectivos de mesoescala, precipitação por tipos de sistemas, e números de relâmpagos associados a tipos de (PFS). Para definir o período menos chuvoso e chuvoso das diferentes regiões utilizaram-se os valores de chuva volumétrica fornecida pelo satélite TRMM e admitiu-se que os meses que apresentassem valores de chuva volumétrica maior que a média seria considerado período chuvoso e os

meses com valores menores que a média seriam considerados como período menos chuvoso. É observada também a atuação de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) que é definido como aglomerados de nuvens convectivas e profundas com a presença de gelo na média e alta troposfera (MORH e ZIPSER, 1996).

Figura 02 – Localização da área de estudo.

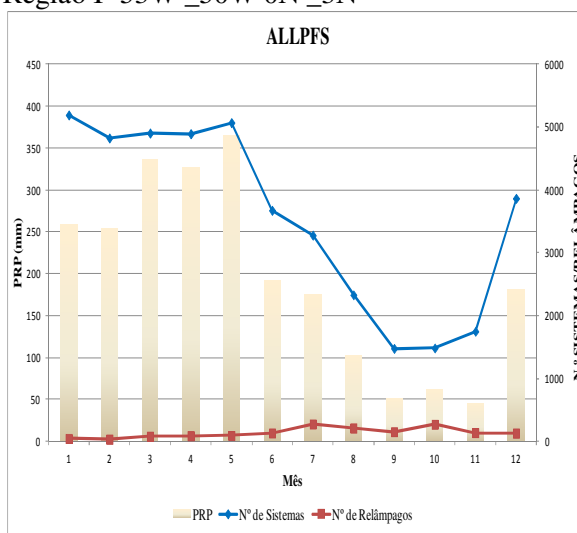


Fonte: Do autor

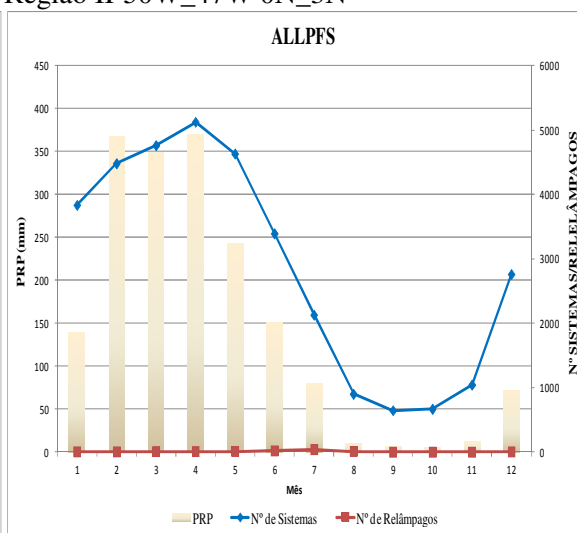
4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Figura 03- Número de sistemas precipitantes e relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a12/2012.

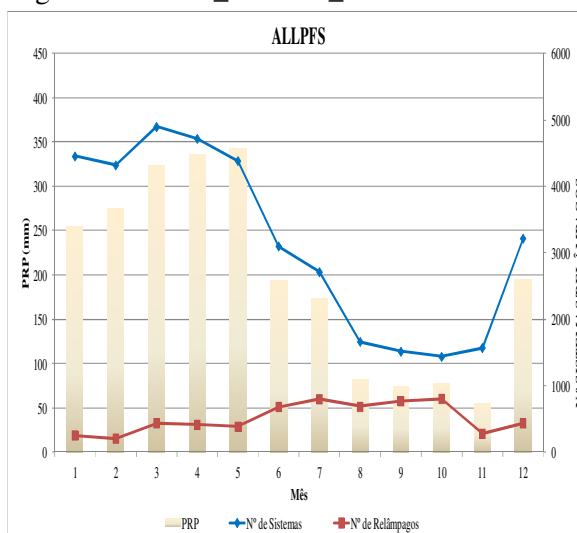
Região I- 53W _50W 0N _3N



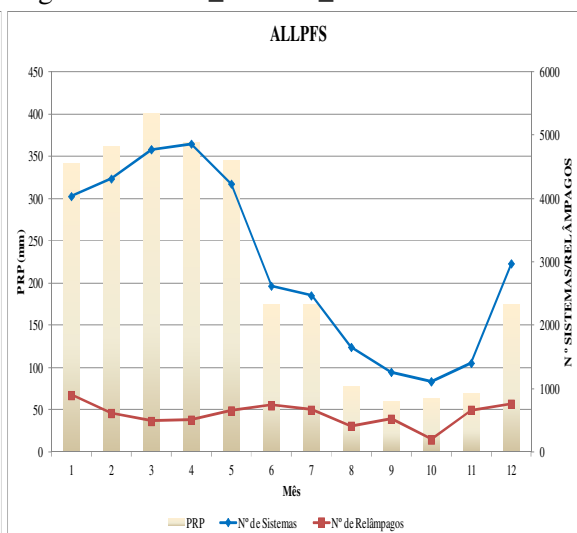
Região II-50W_47W 0N_3N



Região III- - 53W_50W 0N_3N S



Região IV- 53W_50W 3S_0N



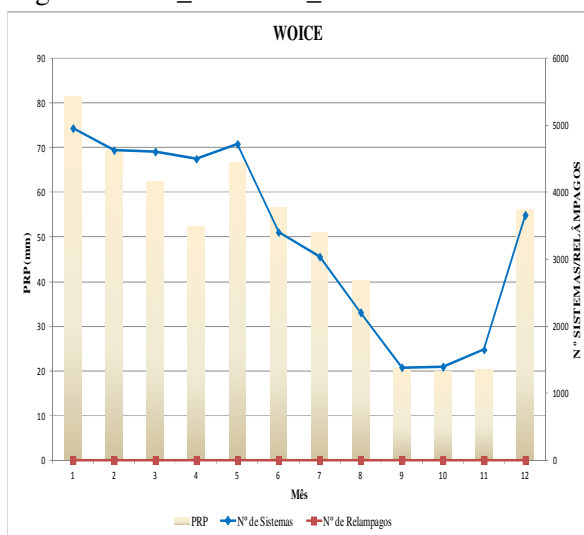
Fonte: Do Autor

A figura 03 mostra a distribuição mensal do numero de todos os sistemas precipitantes para os anos em estudo em que podemos observar que a distribuição mensal de prp teve taxas mais elevadas nos meses (DJFMAM), a região IV (53W_50W 3S_0N) foi a que apresentou o maior quantitativo de PRP (399,58 mm) durante o mês de Março, região essa que compreende o NE paraense e a cidade de Belém, porém não foi a

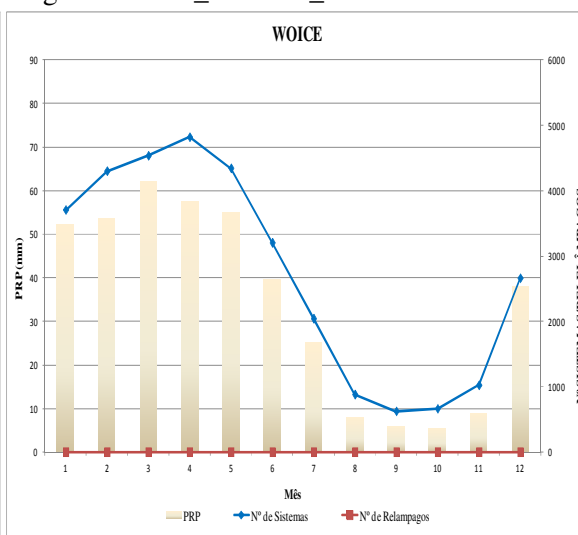
região com maior número de sistemas apesar da elevada taxa de PRP, podemos verificar ainda que nessa região o numero de sistemas seguiu um comportamento diferente as das demais regiões apresentando nos meses mais chuvosos um menor índice de números de sistemas,pois as demais regiões o número de sistemas e taxa de PRP seguiam padrões similares

Figura 04- Número de sistemas precipitantes sem gelo e quantitativo de relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a12/2012.

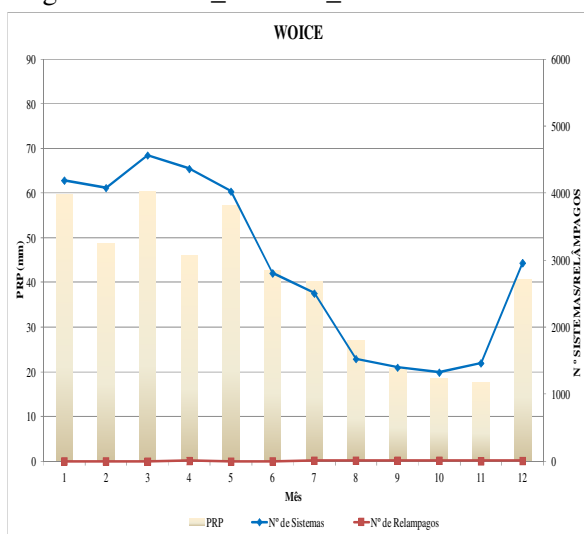
Região I-53W_50W 0N_3N



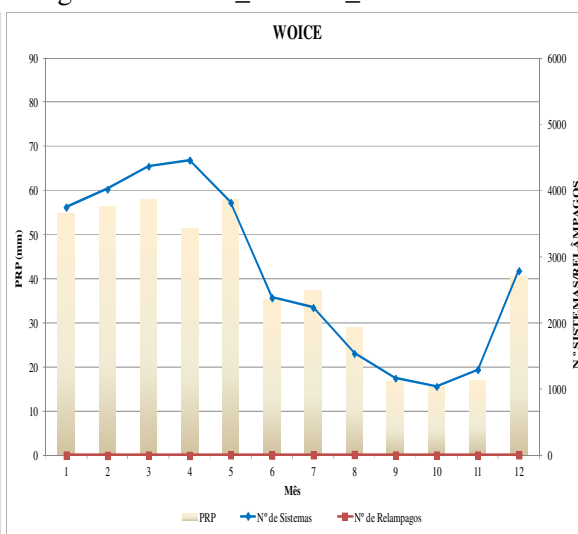
Região II- 50W_47W 0N_3



Região III - 53W_50W 0N_3S



Região IV - 53W_50W 3S_0N

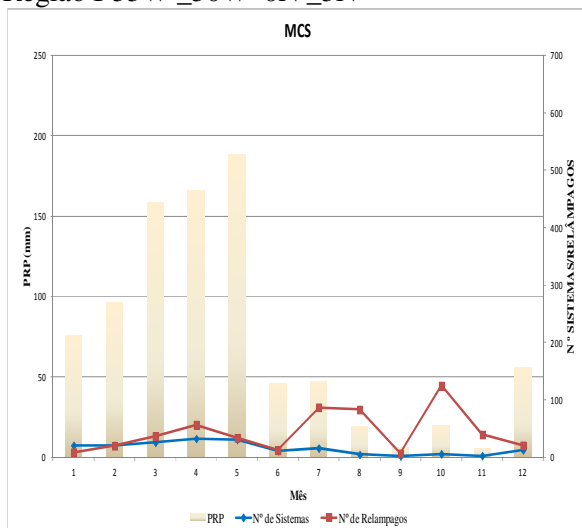


Fonte: Do Autor

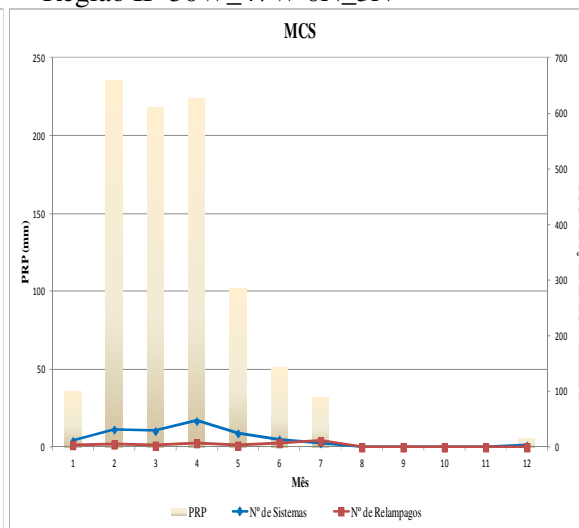
A Figura 04 mostra a distribuição dos sistemas precipitantes sem gelo em que podemos verificar que a taxa de PRP por sistemas precipitantes foi reduzida comparada as demais variáveis, a Região I (53W_50W 0N_3N) foi a que apresentou o maior quantitativo de PRP, tendo o mês de Janeiro com maior índice de PRP (81,43 mm) e número de sistemas (4955). com relação a taxa amostrada de relâmpagos verifica-se valores pouco expressivos, no mês de janeiro para a região de maior ocorrência de PRP e numero de sistemas verifica-se que não houve ocorrências de relâmpagos. Verificando assim que a taxa de sistemas precipitantes com gelo nas 4 regiões foram bem menores com relação as demais variáveis.

Figura 05– Número de sistemas precipitantes e distribuição de Relâmpagos para sistemas convectivos de mesoescala amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.

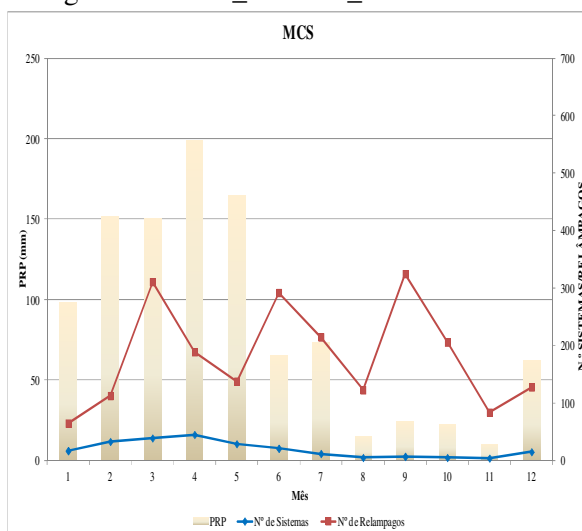
Região I-53W_50W 0N_3N



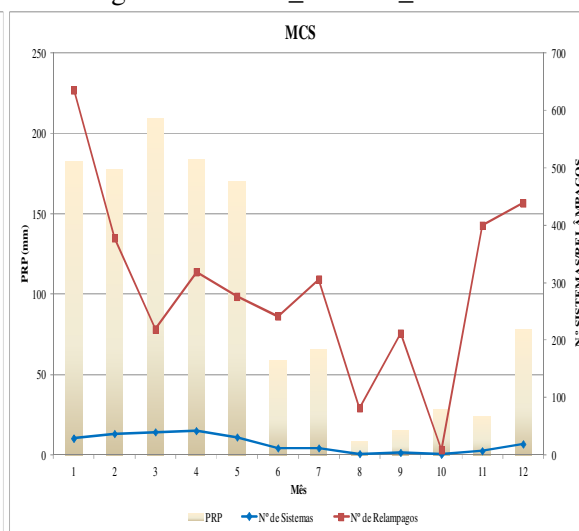
Região II- 50W_47W 0N_3N



Região III - 53W_50W 0N_3S



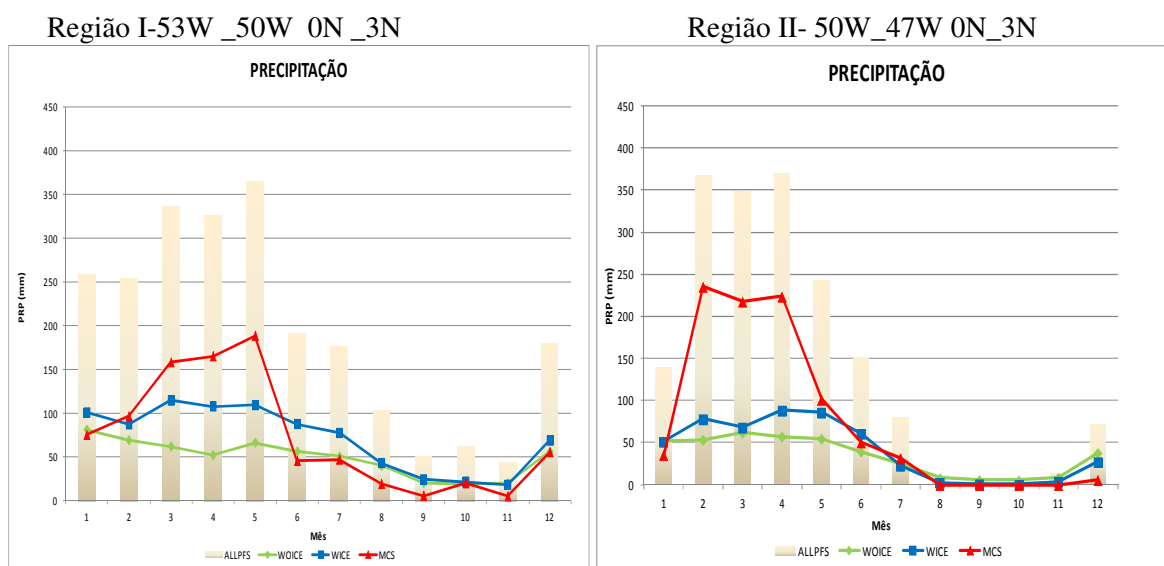
Região IV - 53W_50W 3S_0N



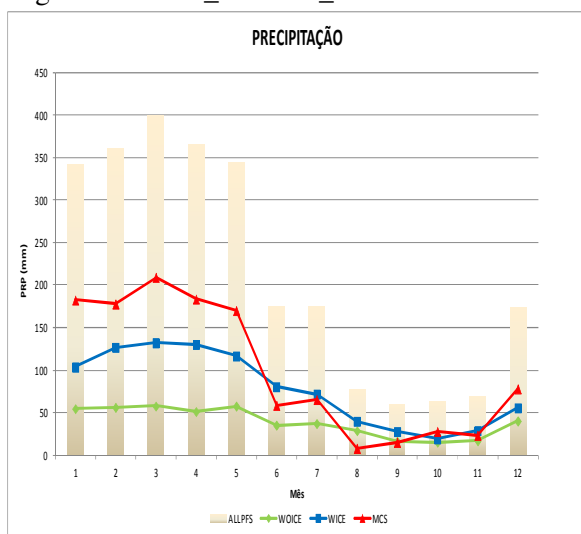
Fonte: Do Autor

A figura 05 mostra a distribuição mensal de sistemas convectivos de mesoescala durante os anos 1997-2012 em que podemos verificar que a distribuição de relâmpagos para sistemas convectivos de mesoescala foi maior comparada com as demais variáveis, verifica-se que a região II (50W_47W 0N_3N) foi a que apresentou o maior índice de Prp(235,26 mm) no mês de Fevereiro, porém foi a região que apresentou menores índices de Sistemas e número de relâmpagos, seguida da Região I(53W_50W 0N_3N). Observa-se que a região IV (53W_50W 3S_0N) foi a que apresentou maiores ocorrências de PRP e maiores ocorrências de relâmpagos, apresentando um pico máximo e mínimo respectivamente nos meses de Janeiro e Outubro (636 e 9 eventos), podemos inferir através das análises dos gráficos que a taxa de PRP não está diretamente relacionado a ocorrências de relâmpagos nas 4 regiões pois verifica-se são 2 grandezas inversas pois nos meses de maior ocorrências de PRP foram os que registraram as menores ocorrências de relâmpagos.

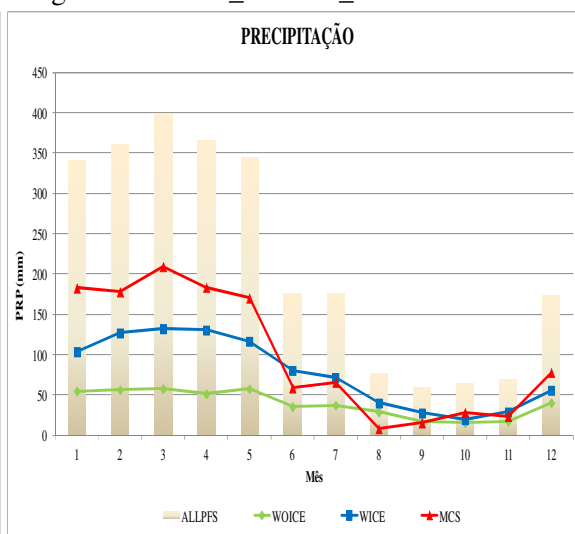
Figura 06 – Distribuição da precipitação para todos os tipos de sistemas (s/gelo,c/gelo e sistemas de mesoescala) amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.



Região III - 53W_50W 0N_3S



Região IV - 53W_50W 3S_0N



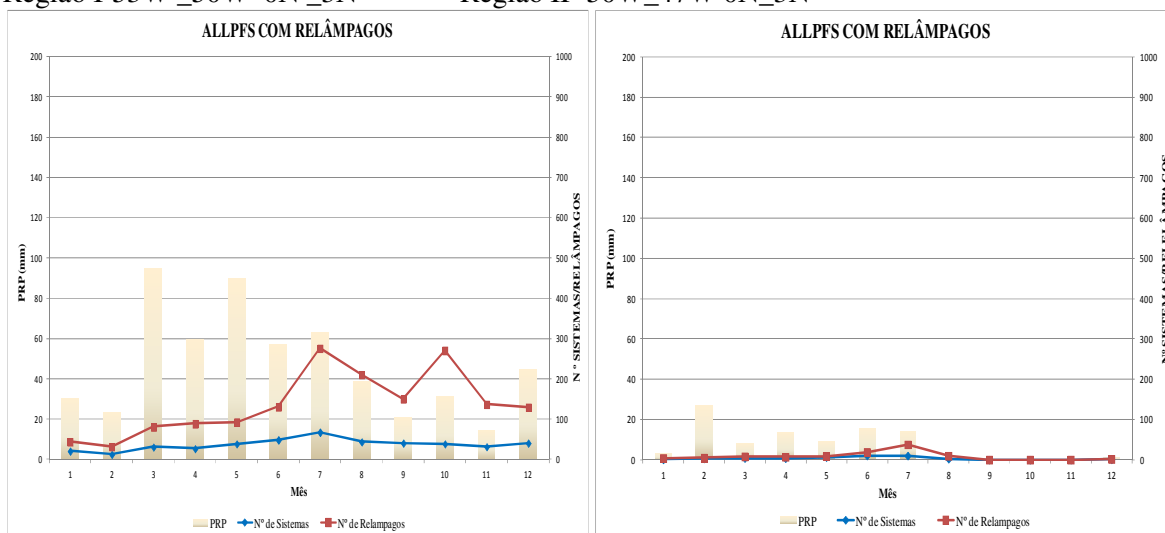
Fonte: Do Autor

A figura 06 mostra a distribuição da PRP para todos os tipos de sistemas (s/gelo, c/gelo e sistemas de mesoescala) em que podemos verificar que nas 4 regiões o trimestre (MAM) foi o que apresentou o maior índice de PRP com um pico máximo na região IV (53W_50W 3S_0N) (399,58) no mês de Março. Observa-se nas 4 regiões que a maior ocorrência de sistemas precipitantes foram por sistemas convectivos de mesoescala, em que podemos verificar que a região II (50W_47W 0N_3N) foi a que apresentou as maiores ocorrências de sistemas convectivos de mesoescala, com pico máximo no mês de Fevereiro (235 eventos), com relação a distribuição dos sistemas observa-se que os MCS foram os que apresentaram maiores ocorrências, seguidos dos sistemas com gelos (WICE) e s/ gelo (WOICE) e seguiram comportamento parecidos nas 4 regiões, onde observa-se que nos meses de maiores ocorrências de PRP a taxa de MCS eram maiores, já nas estações menos chuvosas as ocorrências de WICE são maiores que a taxa de MCS.

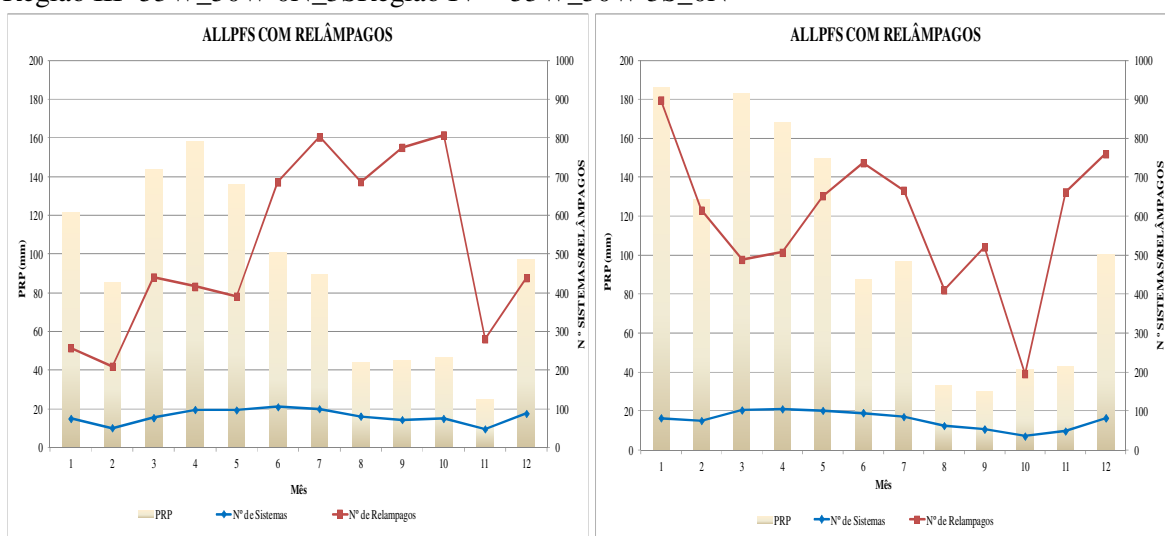
Figura 07 – Distribuição de todos os sistemas(ALLPFS) com relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.

Região I-53W_50W 0N_3N

Região II- 50W_47W 0N_3N



Região III- 53W_50W 0N_3S Região IV - 53W_50W 3S_0N

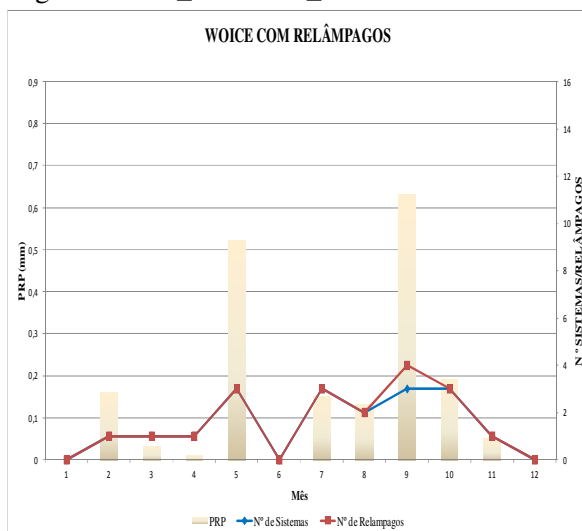


Fonte: Do Autor

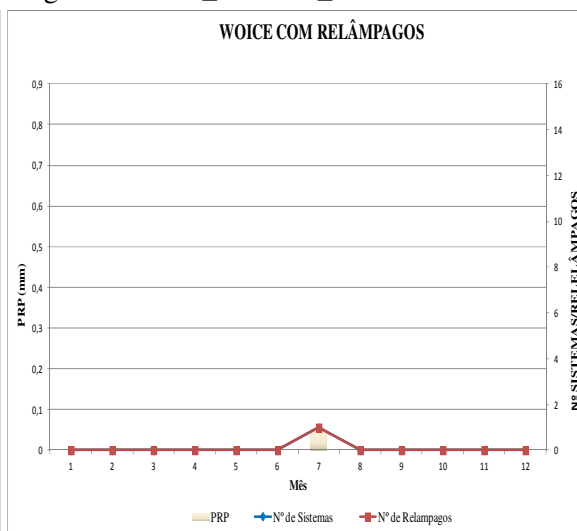
Com base na figura 07 em que mostra a distribuição de todos os sistemas com relâmpagos podemos verificar que a região I (53W_50W 0N_3N) e IV (53W_50W 3S_0N) foram as que apresentaram as maiores ocorrências de PRP, apresentando um pico Máximo na região IV (53W_50W 3S_0N) durante o mês de Janeiro com 898 ocorrências de relâmpagos, podemos observar que as maiores ocorrências de relâmpagos estão associadas á estação menos chuvosa durante os meses de Junho a Novembro. A região IV (50W_47W 0N_3N) foi a que apresentou as menores ocorrências de PRP, relâmpagos e número de sistemas.

Figura 08 – Distribuição de sistemas precipitantes sem gelo e com relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.

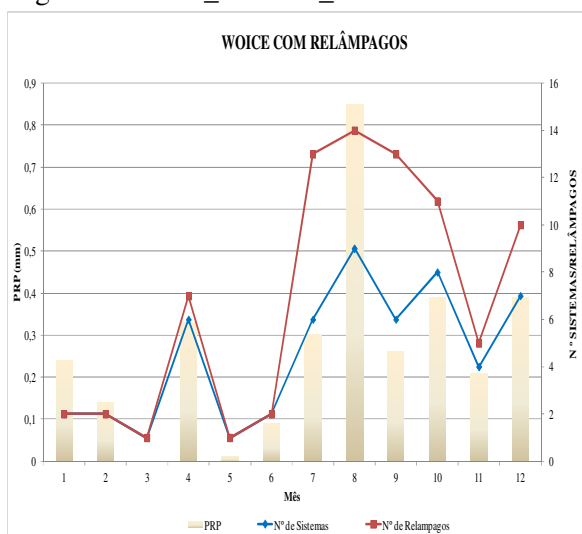
Região I-53W_50W 0N_3N



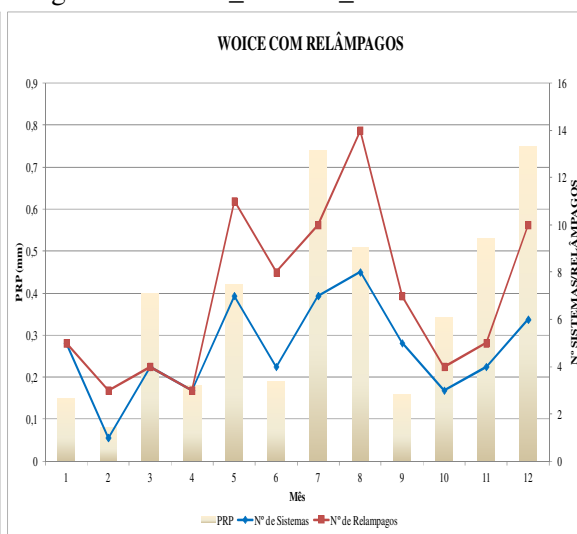
Região II- 50W_47W 0N_3N



Região III - 53W_50W 0N_3S



Região IV - 53W_50W 3S_0N



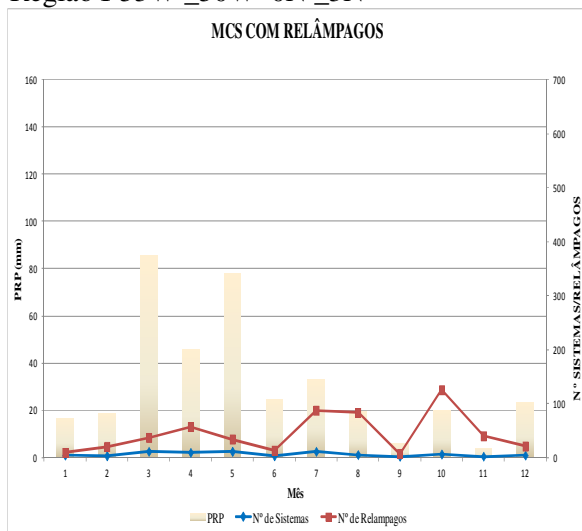
Fonte: Do Autor

A figura 08 mostra a distribuição de sistemas precipitantes sem gelo e com relâmpagos em que observa-se que o quantitativo de PRP foram bem reduzidos, a região IV (53W_50W 3S_0N) foi a que apresentou o maior índice de PRP (0,85 mm), verifica-se ainda nos meses (Jan/Fev/Mar/Abr) foram os que apresentaram os menores quantitativos de

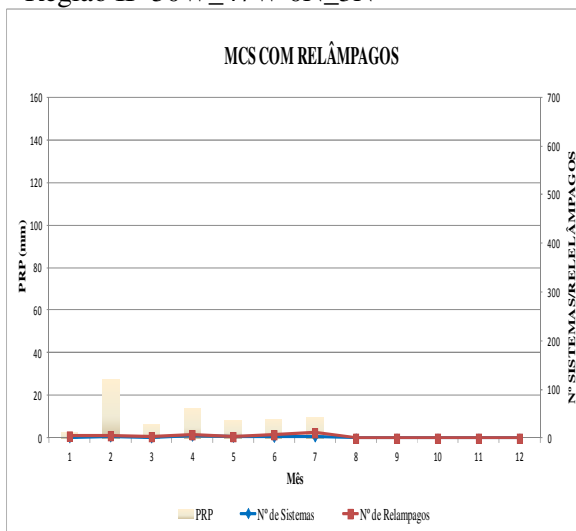
prp para as 4 regiões, observa-se um comportamento linear entre a PRP, número de sistemas e número de relâmpagos. A região II (50W_47W 0N_3N) foi a que apresentou os menores índices de prp, número de sistemas e número de relâmpagos, observa-se ainda que o número de sistemas teve um comportamento semelhante ao número de relâmpagos, seguindo uma tendência, onde nos meses de maior ocorrência de PRP foram identificados as maiores ocorrências de relâmpagos, e nos meses de menores valores de PRP também apresentaram menores quantitativos de relâmpagos.

Figura 09 – Distribuição de sistemas convectivos de mesoescala com relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.

Região I-53W_50W 0N_3N

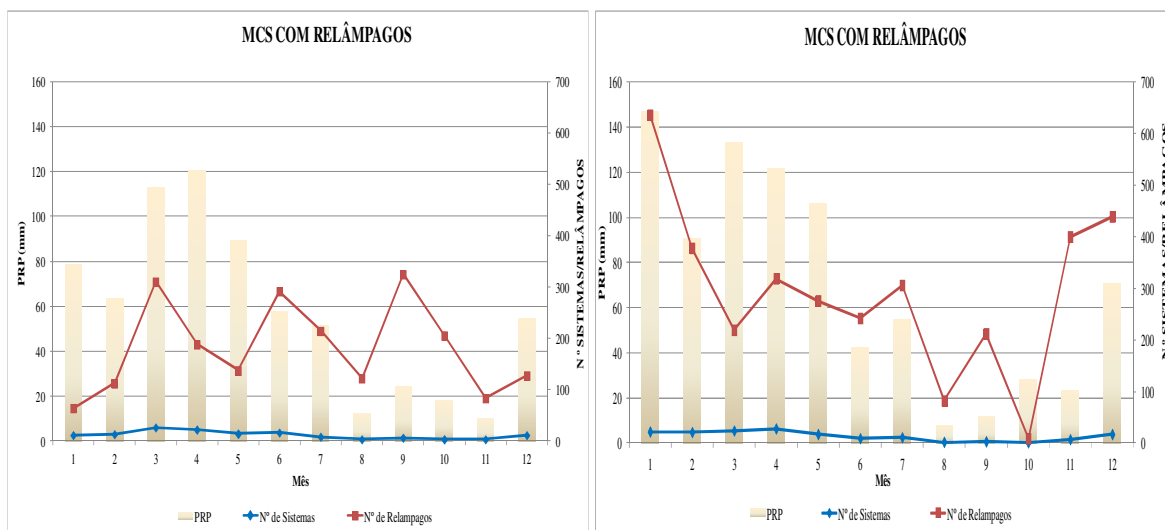


Região II- 50W_47W 0N_3N



Região III - 53W_50W 0N_3S

Região IV - 53W_50W 3S_0N

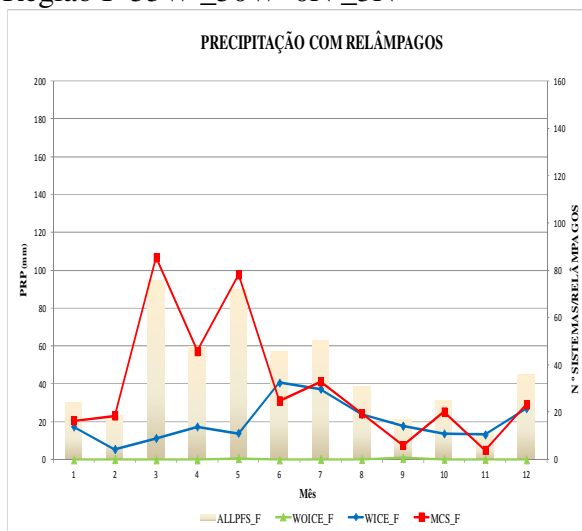


Fonte: Do Autor

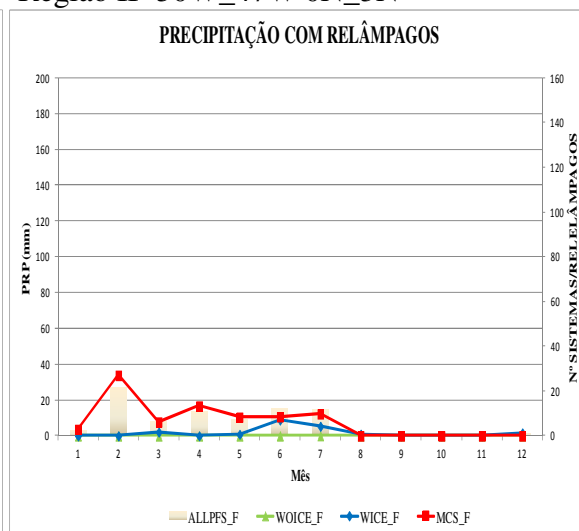
Com base na figura 09 observa-se as ocorrências de MCS com relâmpagos, em que as regiões I (53W_50W 0N_3N) e II (50W_47W 0N_3N) foram as que apresentaram os menores quantitativos de PRP, sistemas e relâmpagos, sendo a região II a de menor ocorrência de PRP, sistemas e relâmpagos. Os maiores valores de precipitação foram verificados na região IV (53W_50W 3S_0N), apresentando pico máximo no mês de Janeiro (146 mm) e mínimo no mês de Agosto (8,0 mm), na região IV o mês de janeiro apresentou a maior ocorrência de precipitação e número de relâmpagos (636 eventos), com relação ao número de sistemas observa-se que nas 4 regiões em estudo apresentaram valores pouco expressivos.

Figura 10 – Distribuição de todos os sistemas precipitantes com relâmpagos amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.

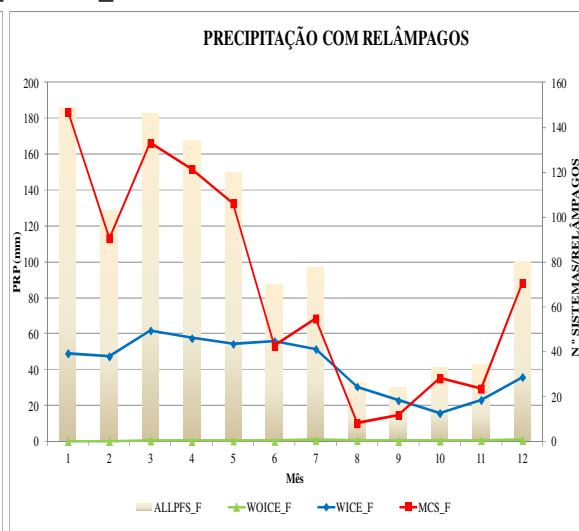
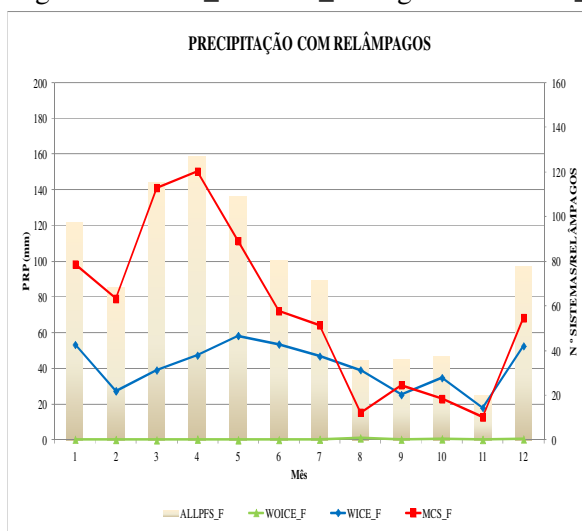
Região I- 53W_50W 0N_3N



Região II- 50W_47W 0N_3N



Região III - 53W_50W 0N_3S Região IV - 53W_50W 3S_0N

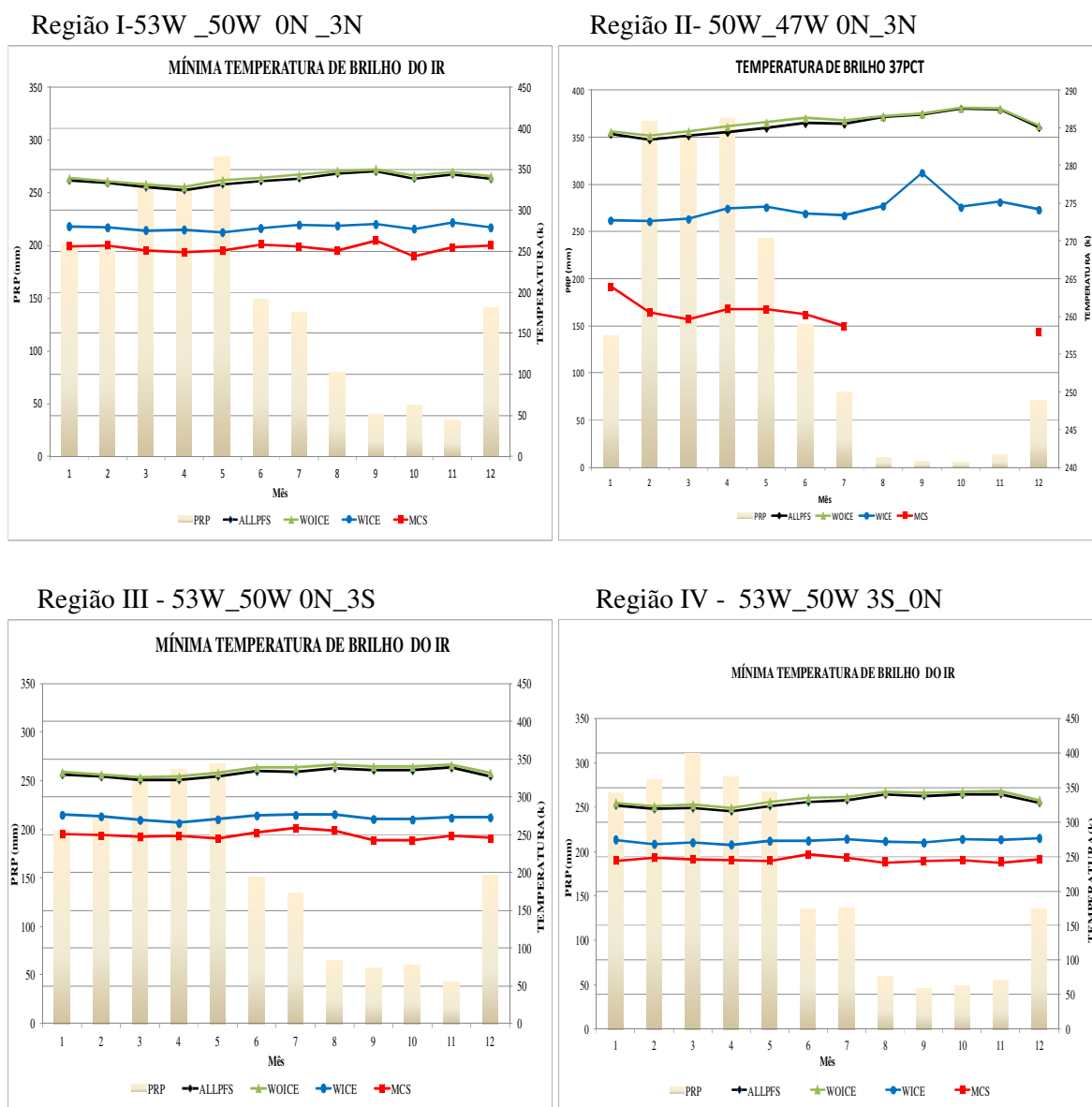


Fonte: Do Autor

Com base na Figura 10 observa-se a distribuição de todos os sistemas precipitantes (ALLPFS) com relâmpagos em que podemos observar que o número de ALLPFS nas 4 regiões foram bem distintos, a região II (50W_47W 0N_3N) foi a que apresentou as menores ocorrências tanto de ALLPFS, MCS e WICE. A região IV (53W_50W 3S_0N) foi a que apresentou os maiores valores de ALLPFS, MCS e WICE. Nas 4 regiões observa-se um comportamento semelhante com relação a ocorrências de ALLPFS e MCS onde segue um padrão linear, nas áreas com maiores ocorrências de ALLPFS foram as que registraram também maior ocorrências de MCS, já nos sistemas com gelo (WICE)

observa-se padrões contrários pois nos meses de maiores ocorrências de ALLPFS verificou-se taxas menores de sistemas com gelo.

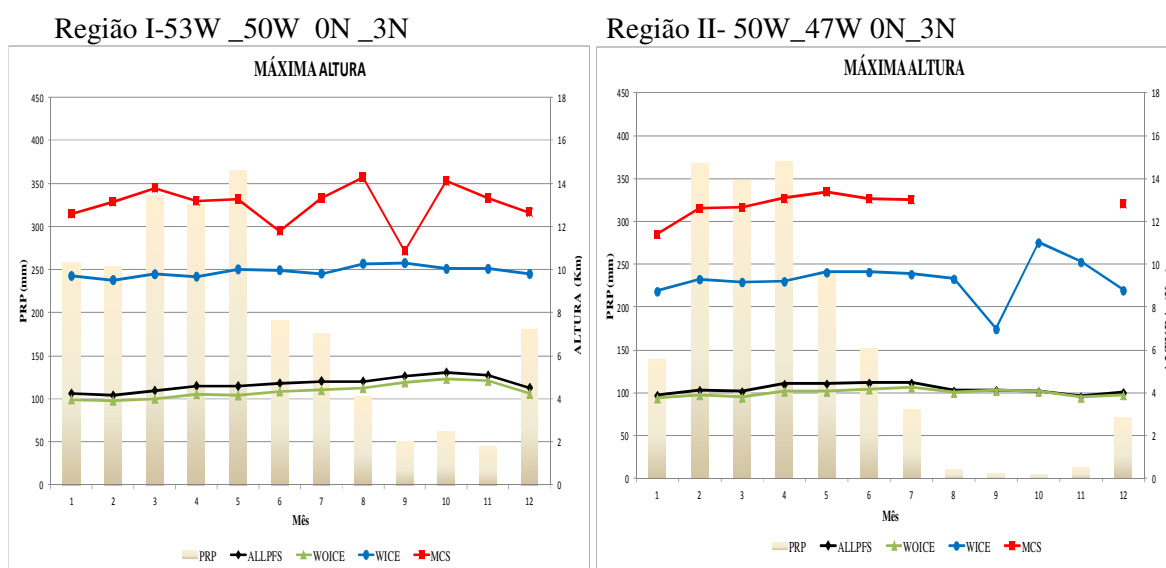
Figura 11 – Distribuição da Temperatura de brilho do IR envolvendo todos os sistemas amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.



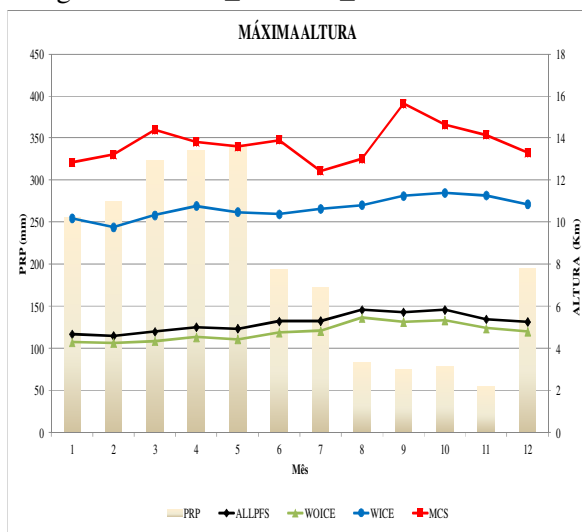
Fonte: Do Autor

A Figura 11 mostra a distribuição da mínima temperatura do IR para os diferentes sistemas, verifica-se que nas Quatro regiões que os sistemas precipitantes sem gelo (WOICE) e (ALLPFS) foram os que apresentaram as maiores temperaturas do IR. A região IV (53W_50W 3S_0N) foi a que apresentou as temperaturas mais baixas do IR, os MCS foram os que apresentaram as temperaturas mais baixas, seguidos dos WICE, verifica-se portanto que a região NE é a que apresenta os sistemas convectivos, com gelo menos intensos comparado as demais regiões, já a região IV apresentou temperaturas mais baixas de todos os sistemas, principalmente os MCS, tal influência que pode estar associada a grande quantidade de LI que ocorrem nessa região litorânea de Belém.

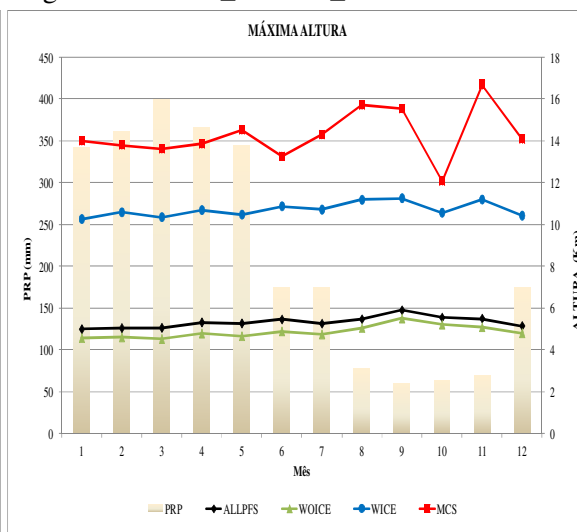
Figura 12 – Distribuição da Máxima Altura envolvendo todos os sistemas amostrados pelo satélite TRMM no período de 12/1997 a 12/2012.



Região III - 53W_50W 0N_3S



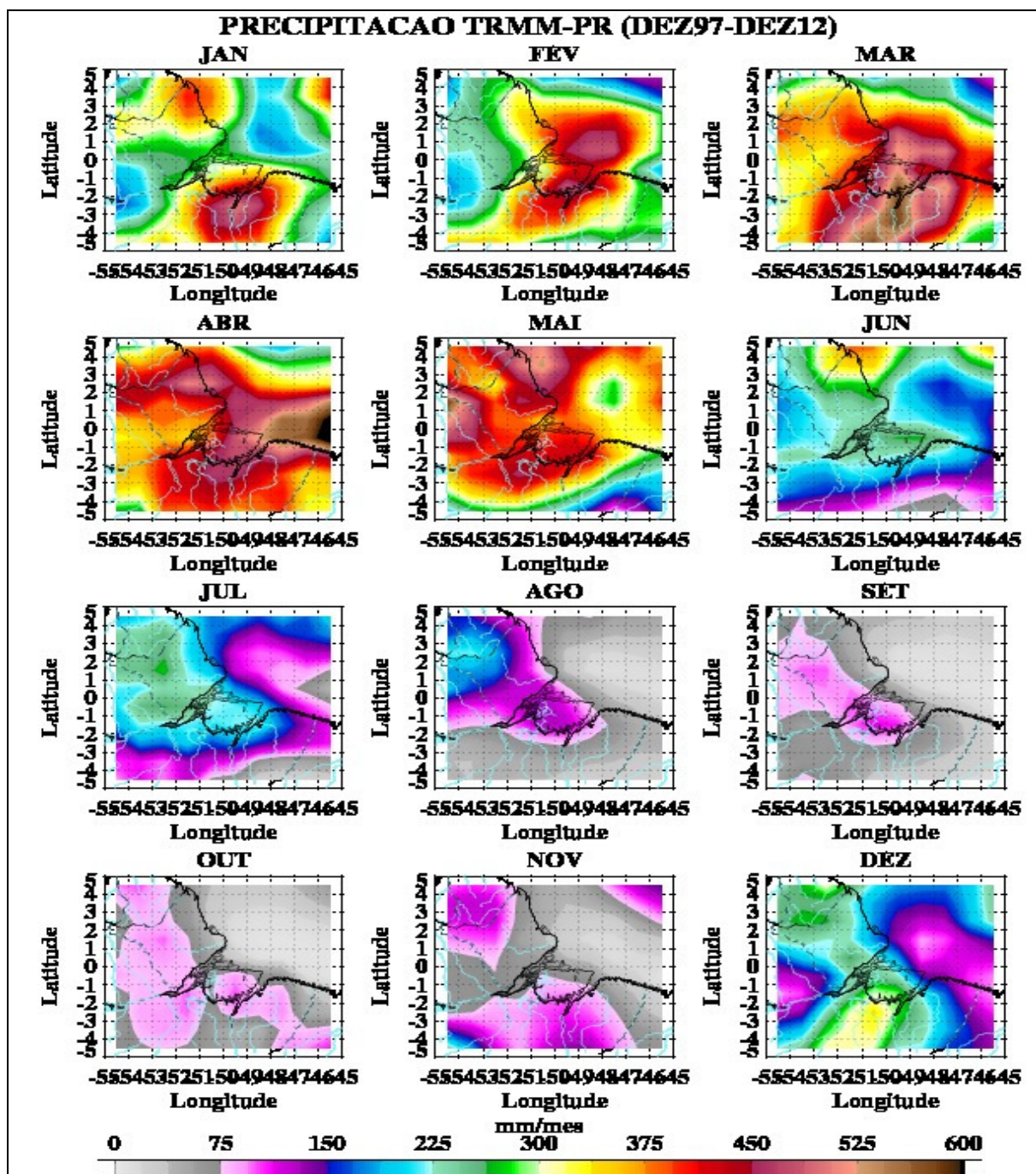
Região IV - 53W_50W 3S_0N



Fonte: Do Autor

A figura 12 mostra a distribuição da Máxima Altura envolvendo todos os sistemas em que observamos a maior ocorrência de PRP nos meses (DJFMAM), observa-se que as maiores alturas dos sistemas são nos meses menos chuvosos (ASON), onde é possível observar que os MCS são os que apresentam maiores alturas nas quatro regiões, seguidos dos ALLPFS e WOICE. O pico máximo de Altura é observado na região II durante o mês de Novembro (16,68 Km) onde verifica-se que esse sistema é bastante profundo comparado aos das demais regiões em estudo.

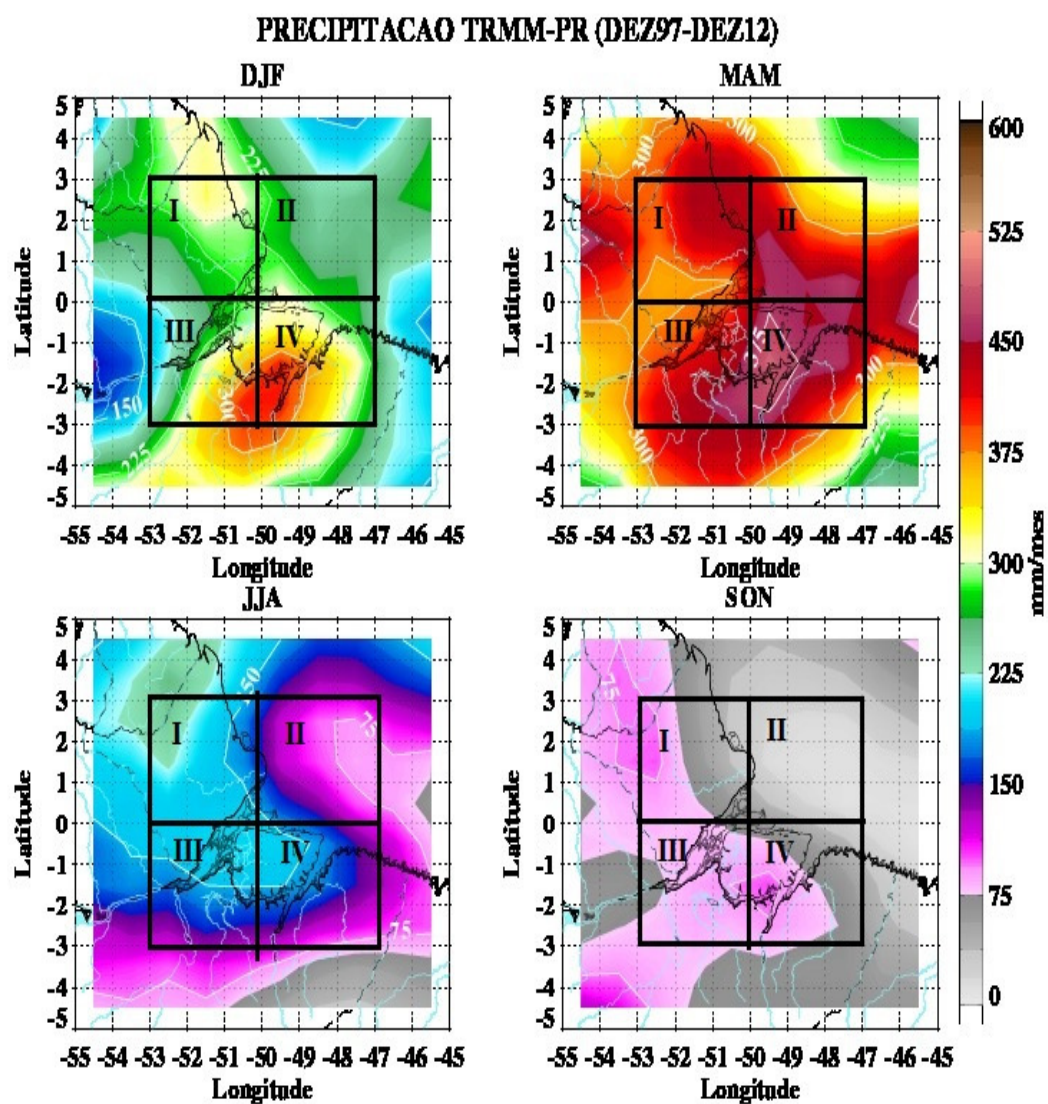
Figura 13- Distribuição mensal da precipitação nos anos 12/1997 a 12/2012 amostradas pelo satélite TRMM.



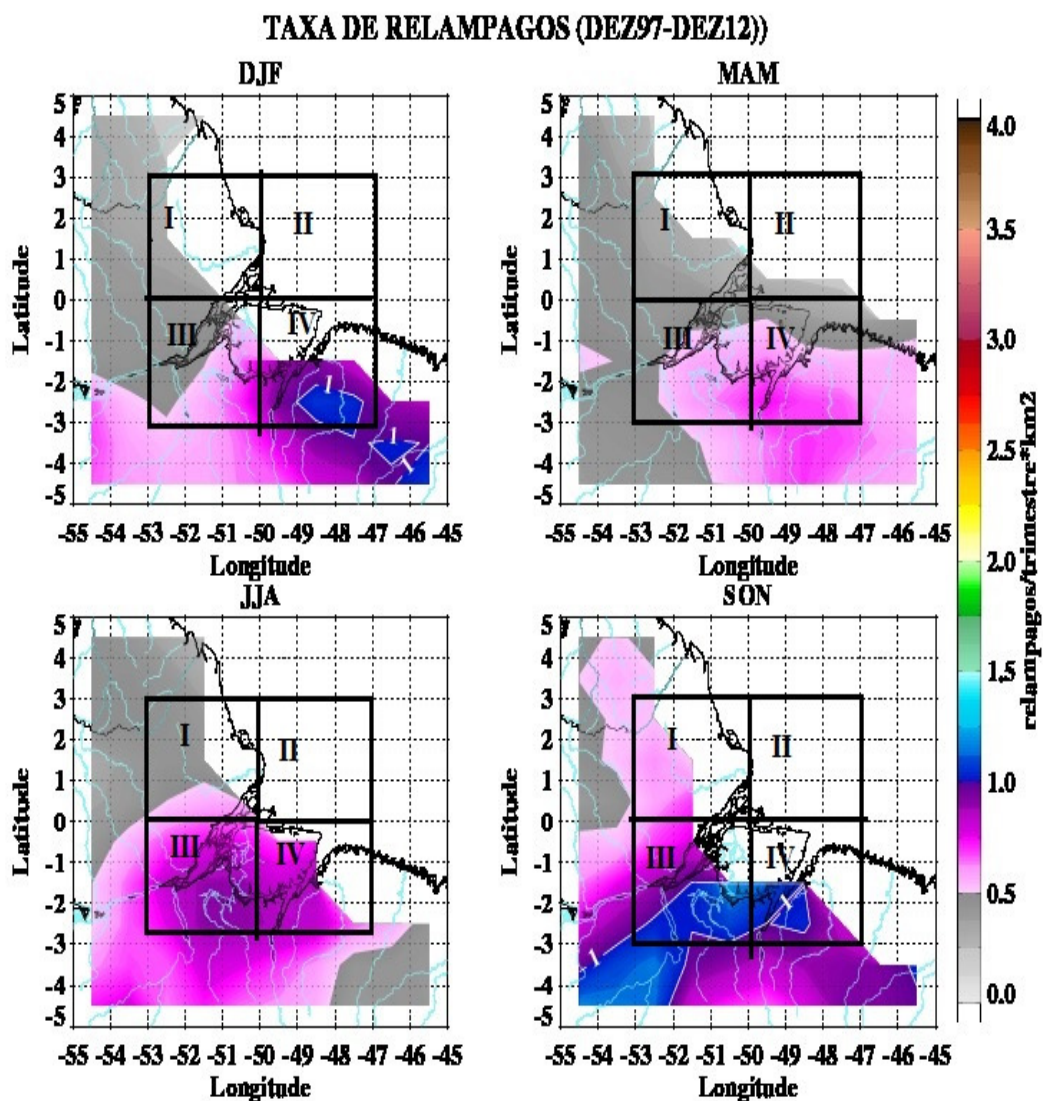
Fonte: Do Autor

Na figura 13 verifica-se a distribuição de PRP mensal durante os anos de 1997 a 2012 em que podemos observar que o semestre (DJFMAM) foi o que apresentou o maior quantitativo de precipitação nas quatro regiões em estudo, as regiões que apresentaram o maior quantitativo foram a região II (50W_47W 0N_3N) e IV (53W_50W 3S_0N) sendo que a região SE, região litorânea paraense e onde localiza-se a cidade de Belém e Marajó apresentou o maior quantitativo de chuva no mês de Março em torno de 470 mm/mês, sendo este o mês em que, climatologicamente, a ZCIT está mais ao sul e o aumento do volume de chuva nessa região devido, principalmente, à presença dos SCM e o aparecimento das ZCAS. verificou-se ainda que a região em que registrou menores quantitativos de prp foi a região I (53W_50W 0N_3S), área que compreende o Oeste do Marajó, Sul do Amapá e Oeste do Pará, registrando valores entre 50 e 75 mm/mês

Figura 15- Distribuição da média sazonal da chuva (mm/mês) estimada Pelo satélite (TRMM) no período de 12/1997 a 12/2012.



Fonte: Do Autor

Fig 16-Distribuição sazonal da atividade de relâmpagos (relâmpagos /trimestre km²).

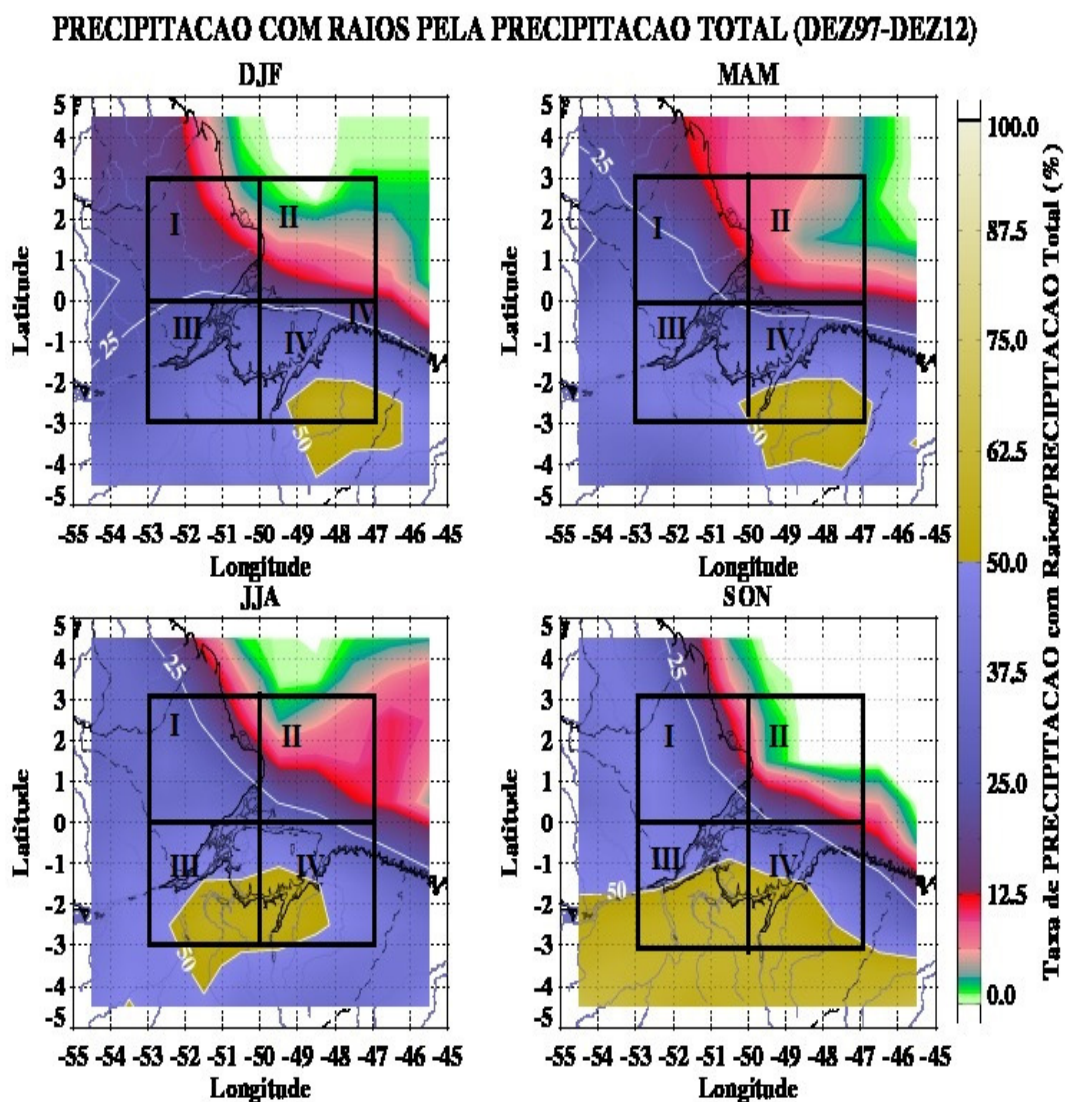
Fonte: Do Autor

Na figura 14 observa-se a distribuição do acumulado mensal dos raios verifica-se as máximas amostragens ocorreram durante os meses de Julho, Outubro e Novembro, com pico máximo de aproximadamente, 0.2 a 0.6 raios/mês/km² e no mês de Abril, com um pico inferior a 0.1 raios/mês/km² nas quatro regiões em estudo, observa-se ainda que as regiões que apresentaram as menores taxas de relâmpagos foram as regiões I- 53W_50W 0N_3N e II- 50W_47W 0N_3N, área que compreende o Sul do Amapá e parte do Oeste do Pará e porção ao Norte do Estado do Pará respectivamente.

Nas regiões ao Norte, as máximas amostragens concentram-se nos meses de Julho a Novembro, e nas áreas ao Sul as maiores taxas são verificadas de Setembro a Dezembro, na figura 05 (distribuição de MCS) podemos verificar que as maiores ocorrências de Relâmpagos realmente ocorrem nos meses de Setembro a Dezembro que segundo Mota (2003), esse é o período de maior ocorrência de MCSs sobre o sul do Estado do Pará, e essa frequência se deve ao maior gradiente térmico existente nesse período que favorece a formação de sistemas mais intensos e com grande atividade elétrica. Através das análises das Figuras 14 e 15 podemos inferir que os meses de maior acumulados de precipitação não foram os que registraram as maiores taxas de relâmpagos, e sim o contrário, o mês de Março e Abril que na Figura 13 foram os mais chuvosos na Figura 14 apresentaram as menores taxas de relâmpagos.

Analisando a distribuição sazonal da precipitação e taxa de relâmpagos (Figura 15 e 16) podemos observar que os meses que o trimestre (MAM) foi o que registrou os maiores valores de PRP, sendo que a região onde localiza-se o litoral do Pará, cidade de Belém e Marajó (IV - 53W_50W 3S_0N) foi a que apresentou o maior quantitativo de PRP (455 mm/mês), verifica-se que o trimestre (SON) foi o que registrou os menores valores de precipitação, porém foi o trimestre que apresentou as maiores taxas de relâmpagos e já nos meses de maiores volumes de chuvas (MAM) apresentaram as menores taxas de relâmpagos ($0.5 \text{ relâmpagos/trimestre/km}^2$).

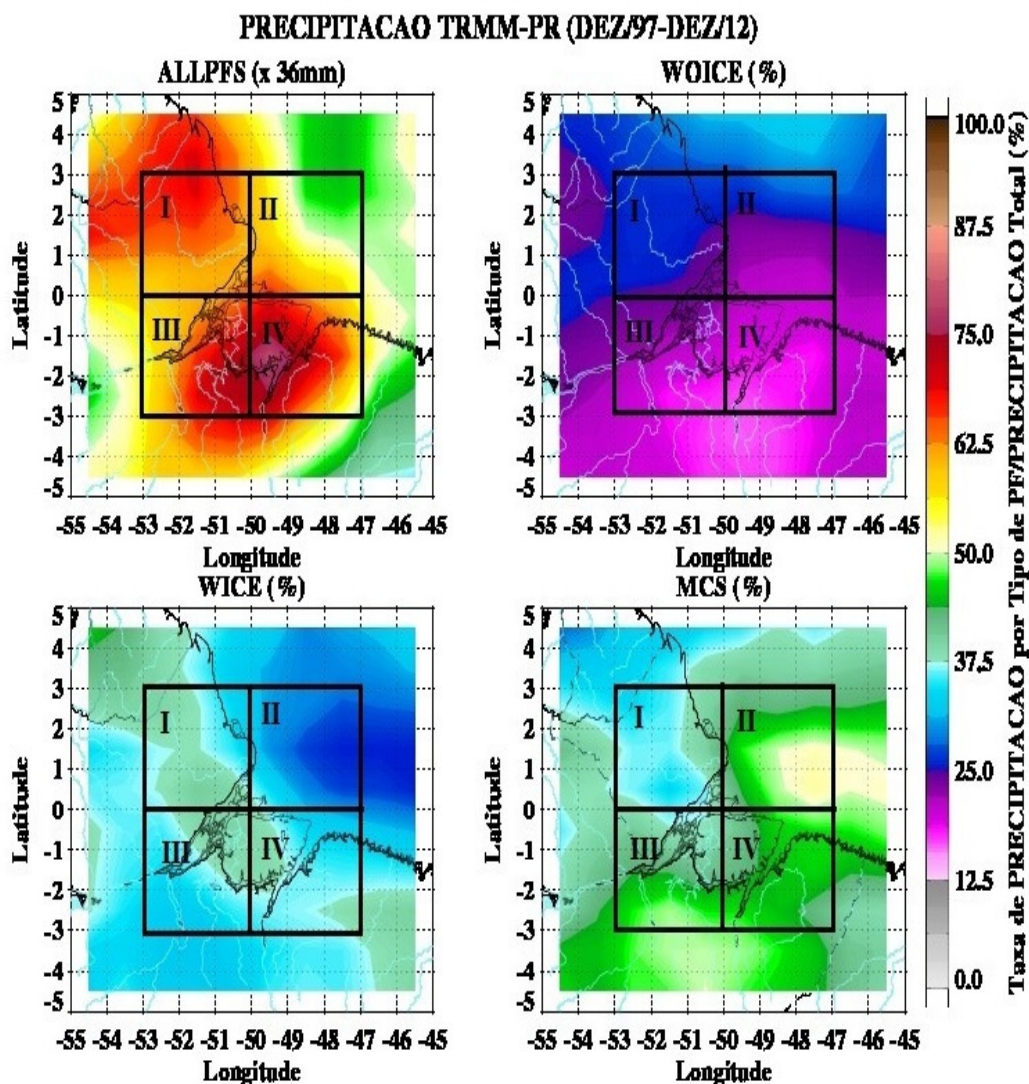
Figura 17. Distribuição sazonal do Volume de PRP com raios pelo Volume total de Precipitação.(%).



Fonte: Do Autor

A figura 17 nos mostra a porcentagem do volume de chuva eletrificada, observa-se que no primeiro semestre do ano não há tanta chuva eletrificada, no entanto, no segundo semestre já é possível identificar grandes porcentagens de chuva eletrificada nas regiões ao Sul, principalmente na porção sul do Pará (Região IV - 53W_50W 3S_0N), tendo sido registrado a maior porcentagem trimestre (SON), com mais de 62,5 % de chuva eletrificada do volume total de chuva, observa-se ainda que as chuvas eletrificadas ocorrem com maior intensidade no segundo semestre do ano, a região II (50W_47W 0N_3N) foi a que apresentou o menor quantitativo de chuvas eletrificadas (13,5 %).

Figura 18- Distribuição sazonal a taxa de precipitação por tipo de PF pela precipitação total.

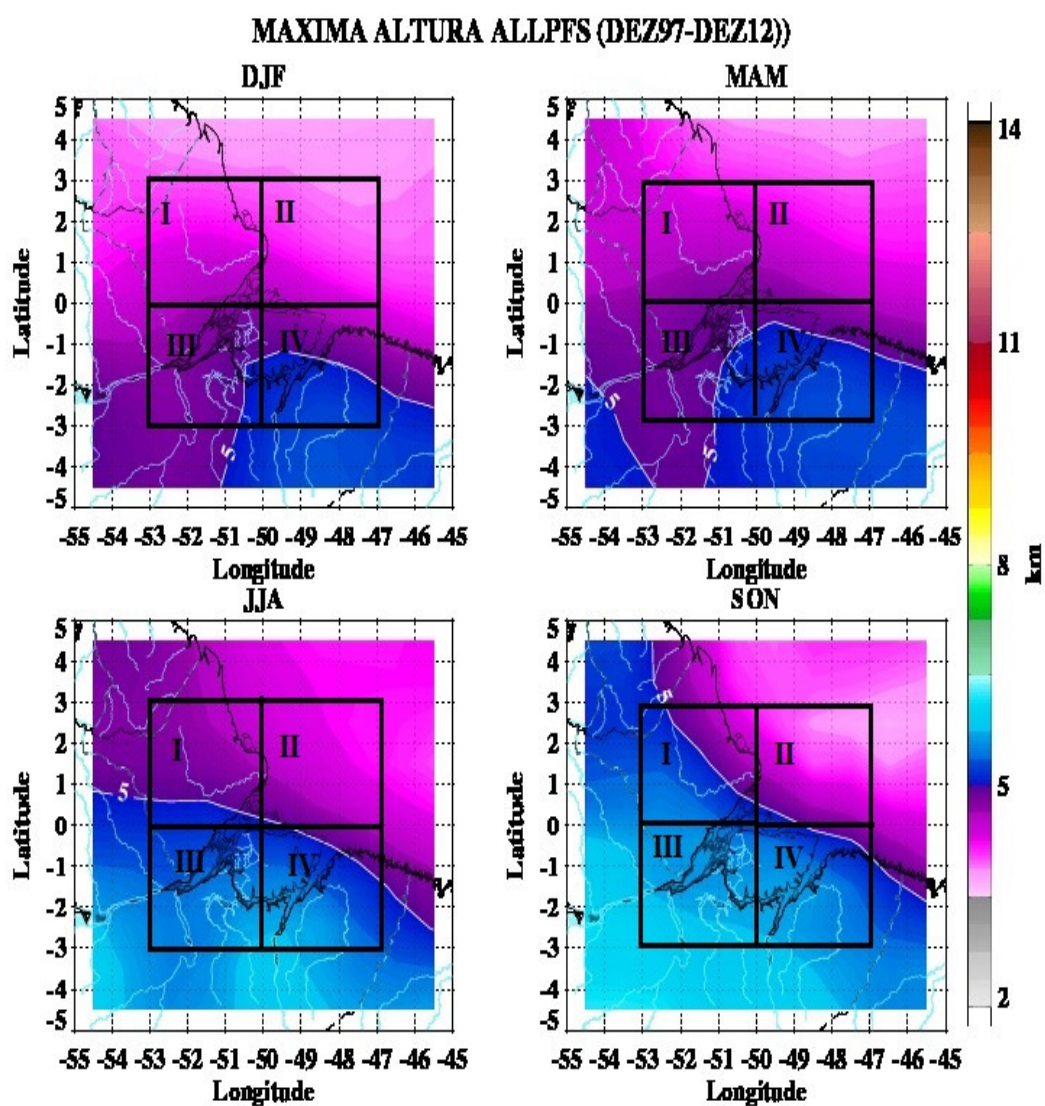


Fonte: Do Autor

Em análise a Figura 18 podemos observar a contribuição dos sistemas precipitantes (PF) na produção de chuva volumétrica sobre as áreas estudadas, onde é possível verificar que os sistemas (ALLPFS) tiveram uma contribuição bastante significativa quanto a taxa total de precipitação, representaram cerca de 63 % da precipitação total. Os MCS representaram cerca de 50 % da prp total durante os anos em estudo, já os sistemas precipitantes com gelo (WICE) representaram uma contribuição de 37,5 % da precipitação total. A figura mostra ainda que o sistema precipitante sem gelo (WOICE) foi o que apresentou a menor contribuição no quantitativo de PRP total durante os anos em estudo.

como podemos observar também na Figura04 e 08. Verifica-se ainda que os MCS representaram as maiores contribuições em termos de porcentagens na precipitação total nas regiões II (50W_47W 0N_3N) I (53W_50W 0N_3S) e IV (53W_50W 3S_0N) ,verificamos ainda a maior atuação dos MCS na área litorânea e Sul do Pará.

Figura 19. Distribuição sazonal da Máxima altura (km)



Fonte: Do Autor

apresentou os menores valores de Temperatura do IR, como mostra na Figura 15 o trimestre (MAM) foi o que apresentou os maiores quantitativos de PRP e na análise da Figura 20 observa-se que foi o que apresentou as menores temperaturas (249 K), observa-se ainda que o trimestre (SON) apresentou os maiores valores de temperatura do IR, exceto nas áreas Oeste e Sul do Pará, Região I (-53W_50W 0N_3S), IV (53W_50W 3S_0N), registrando valores em torno de (145 K). A partir da comparação das variáveis das figuras 19 e 20 podemos inferir que as regiões em estudo localizadas ao Sul foram as que apresentaram os sistemas mais altos e com menores temperaturas comparados as regiões ao Norte.

Tabela 01 -Distribuição do total de sistemas precipitantes amostrados no período de 12/1997 a 12/2012.

NÚMERO DE SISTEMAS PRECIPITANTES E RELÂMPAGOS					
	ÁREA DE ESTUDO				
SISTEMAS	REGIÃO I	REGIÃO II	REGIÃO III	REGIÃO IV	TOTAL
ALLPFS	42728	34337	38001	35718	270982
WOICE	40145	32805	35217	2792	
WICE	2252	1287	2413	2463	
MCS	188	168	232	236	
SISTEMAS ELETRIFICADOS	REGIÃO I	REGIÃO II	REGIÃO III	REGIÃO IV	TOTAL
ALLPFS	445	41	967	925	4398
WOICE	18	1	54	57	
WICE	356	24	764	705	
MCS	71	16	148	162	
RELÂMPAGOS	REGIÃO I	REGIÃO II	REGIÃO III	REGIÃO IV	TOTAL
ALLPFS	1646	102	6192	7113	60186
WOICE	19	1	81	84	
WICE	1094	61	3915	3505	
MCS	533	40	2189	3518	

Fonte: Do Autor

Com base na Distribuição do total de sistemas precipitantes amostrados no período de 12/1997 a 12/2012(Tabela 01)podemos verificar que dentre os sistemas precipitantes sem relâmpagos, os ALLPFS foram os que apresentaram maiores ocorrências (150784 eventos) e em seguida os sistemas precipitantes sem gelo-WOICE com (110959 eventos).

Na distribuição de sistemas eletrificadospodemos observar que as regiões ao Sul - Região I (53W_50W 0N_3S) e IV (53W_50W 3S_0N) foram as que apresentaram as maiores ocorrências de sistemas eletrificados (1933 e 1849 eventos) ,respectivamente,já a região II (50W_47W 0N_3N) apresentou as menores ocorrências de sistemas eletrificados.Em análise as ocorrências de relâmpagos observa-se que a região II foi a região com menores ocorrências de relâmpagos (204) e as áreas de maiores ocorrências foram as regiões ao Sul (IV -53W_50W 3S_0N) e (II- 53W_50W 0N_3S), apresentando (14220 e12337 eventos),respectivamente; observa-se ainda que a maior contribuição de ocorrências de relâmpagos na região SE foi devido ao elevado numero de MCS na região.

5 CONCLUSÃO

De acordo com as análises de 15 anos de dados de sistemas precipitantes e raios provenientes do LIS/TRMM foi possível identificar que nas quatro regiões em estudos apresentaram o primeiro semestre do ano (DJFMAM) como o mais chuvoso, pois foram os meses em que registraram maiores volumes de PRP, sendo que o destaque ficou para a região IV (53W_50W 3S_0N), área em que abrange sul do Estado do Pará, município de Belém e Ilha do Marajó, com pico máximo de precipitação durante o mês de Março (470 mm/s), mês em que climatologicamente, a ZCIT está mais ao sul e o aumento do volume de chuva nessa região devido, principalmente, à presença dos SCM e o aparecimento das ZCAS, já a região I (53W_50W 0N_3S) apresentou os menores quantitativos de PRP. Analisando o comportamento de cada sistema precipitante nas diferentes regiões observamos que os ALLPFS foram os sistemas que mais contribuíram com o volume de precipitação, seguido dos MCS que representaram cerca de 50% da PRP total (Figura 18). Com relação a sistemas eletrificados e ocorrências de relâmpagos observamos que os MCS e WICE são os que mais contribuem para a produção de raios sobre essas regiões, visto que as regiões ao Sul (I - 53W_50W 0N_3S) e (IV - 53W_50W 3S_0N) foram as que apresentaram maiores quantitativos de sistemas eletrificados e ocorrência de relâmpagos.

A variação mensal da densidade da ocorrência de raios na área de estudo mostrou que as maiores ocorrências de relâmpagos ocorreram durante os meses de Julho, Outubro e Novembro, com pico máximo de aproximadamente, 0.2 a 0.6 raios/mês/km² e no mês de Abril, com pico mínimo de (0.1 raios/mês/km²) nas quatro regiões em estudo, observou-se ainda que nas regiões ao Norte, as máximas amostragens concentraram-se nos meses de Julho a Novembro, e nas áreas ao Sul as maiores taxas foram verificadas de Setembro a Dezembro, figura 04 (distribuição de MCS) podemos verificar que as maiores ocorrências de Relâmpagos realmente ocorrem nos meses de Setembro a Dezembro.

Foi observado que o segundo trimestre (SON) registrou os menores valores de precipitação, porém apresentou maiores taxas de relâmpagos e já nos meses de maiores volumes de chuvas (MAM) apresentaram as menores taxas de relâmpagos (0.5 relâmpagos/trimestre/km²), foi verificado ainda que primeiro semestre do ano não houve tanta chuva eletrificada, no entanto, no segundo semestre já é possível identificar grandes porcentagens de chuva eletrificada nas regiões ao Sul, principalmente na porção sul

do Pará(Região IV - 53W_50W 3S_0N) , tendo sido registrado a maior porcentagem trimestre (SON) ,com mais de 62,5 % de chuva eletrificada do volume total de chuva.De acordo com a distribuição da Altura máxima verificou-se que o segundo semestre do ano (JJASON) foi o que apresentou os maiores valores de Altura dos sistemas e menores Temperatura do IR ,observa-se que os sistemas com maior altura apresentaram um valor médio de 6 km,sendo que ocorreram nas áreas ao Sul ,atingindo 5 km ,já nas áreas ao Norte os valores observados foram menores(3,5 km), os MCS foram os sistemas que apresentaram os menores valores de Temperatura do IR ,caracterizando assim como sistemas profundos e de grande atividade convectiva,o que favoreceu a grande ocorrência de relâmpagos nas regiões ao Sul .

REFERÊNCIAS

- COHEN, J. C. P; SILVA DIAS, M. A F.; NOBRE C. A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise**, v. 4, n.11, p. 34-40, nov. 1989.
- ELETRIFICAÇÃO DAS NUUVENS.Rachel I. Albrecht.Disponivelem:<<http://fisicaatmosferica.blogspot.com.br/2006/05/formao-dos-relmpagos.html>>.Acesso em:15 jun. 2014 .
- MATOS. E .V.**Relações das propriedades físicas das nuvens convectivas com as descargas elétricas**. 2009. 249 f.Dissertação (Mestrado em Meteorologia) –São José dos Campos ,INPE,2009.
- FIGUEROA, S.N; NOBRE,C. Precipitationdistribution over central and western tropical South America.**Climanálise** v.5, n.6 36-48,1990.
- GIN, R. B. B.; PEREIRA FILHO, B. J.;SILVA DIAS, M. B. F. **Estudo de descargas atmosféricas em sistemas convectivos organizados**: análise preliminar. 2004.
- GIN, R.B.B.;PINTO, I.R.C.A.;PINTO Jr. O.;MENDES Jr., O. Estudo de relâmpagosnuvem solo no Estado de Minas Gerais associados às condições meteorológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9.,1996, Campos do Jordão, SP.**Anais...**Campos do Jordão, SP: SBMET, 1996.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Atlas Nuvens.Disponível em <http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/sobre_meteorologia/atlas_nuvens/atlas_nuvens.html> Data de acesso : 18/06/2014 .
- MOTA.G.V. Characteristics of Rainfall and Precipitation Features Defined by the Tropical Rainfall Measuring Mission over South America.Tese de Doutorado, Universidade de Utah, EstadosUnidos, 215 pp. 2003.
- MOTA. G.V.et al. **Análises de Dez Anos de Estimativas de Precipitação Na América do Sul** . 6 f .
- SANTOS, A. P.et.al.**Variabilidade temporal da precipitação e das descargas atmosféricas em Belém-PA**,Congresso Brasileiro de Meteorologia,2010 .
- SANJAR. A.Análise de sistemas de mesoescala utilizando dados de descargas nuvem -terra. **BrazilianJournalofGeophysics**, Vol. 19(1), 2001 .
- SARAIVA.I.**Características dos Sistemas Precipitantes Observados via Radar Meteorológico de Manaus**. 138 p (Tese de Mestrado) ,Universidade de São Paulo ,2010.
- SODRER.C.S.;VITORINO.M.I. Análise observacional de sistemas convectivos de mesoescala associados a extremos climáticos na Amazônia Oriental.In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.**Anais**, p. 3-4,2013 .

VENIZE. A.T .Características e distribuição das descargas atmosféricas e dos sistemas precipitantes na Amazônia Oriental . 121f.Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade Federal do Pará,Belém,2010

VENIZE. A.T .et al **Distribuição e Ocorrências de Relâmpagos na Amazônia.** 4 f .