



**Universidade Federal do Pará**



**Faculdade de Meteorologia**



**Instituto de Geociências**

## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**VANESSA DA ROSA MELO**

**CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS PRECIPITANTES E OCORRÊNCIAS DE  
RELÂMPAGOS NO SUDESTE DA AMAZÔNIA**

**GEOCIÊNCIAS  
UFPA**

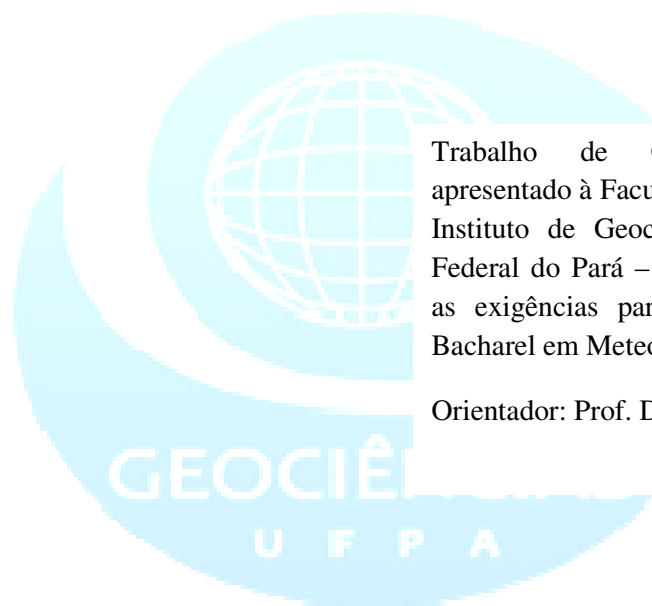
**Nº 344**

**BELÉM – PA**

**JUNHO – 2014**

VANESSA DA ROSA MELO

**CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS PRECIPITANTES E OCORRÊNCIAS DE  
RELÂMPAGOS NO SUDESTE DA AMAZÔNIA**



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

Orientador: Prof. Dr. Galdino Viana Mota

**BELÉM – PARÁ  
JUNHO – 2014**



Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

- 
- M528c    Melo, Vanessa da Rosa  
          Características dos sistemas precipitantes e ocorrências de relâmpagos  
          no sudeste da Amazônia / Vanessa da Rosa Melo  
          – 2014  
  
          51f. : 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.  
          Queimadas – Amazônia. 4. Tropical Rainfall Measuring Mission. I. Título.  
          CDD 22. ed.: 551.563209811
-

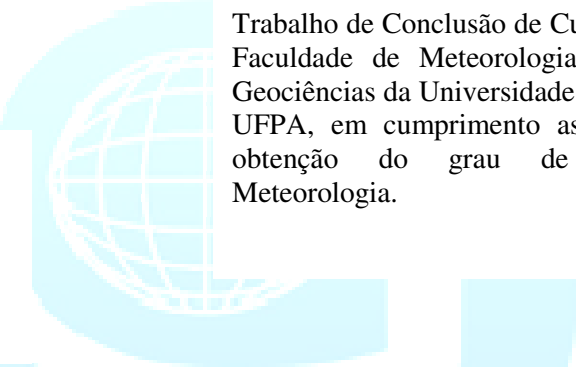
**VANESSA DA ROSA MELO**

**CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS PRECIPITANTES E OCORRÊNCIAS DE  
RELÂMPAGOS NO SUDESTE DA AMAZÔNIA**

Data de aprovação: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Conceito: \_\_\_\_\_

Banca examinadora:



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

---

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

SIPAM



Dedico este trabalho a Deus e aos meus pais  
Miriam e Pedro Paulo, por todo amor que me  
deram e dão.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me dado forças para terminar minha graduação e alcançando meu objetivo.

Agradeço aos meus pais pelo estímulo, empenho e todo amor dado perante as dificuldades. E por estarem sempre presentes em todos os momentos de minha vida.

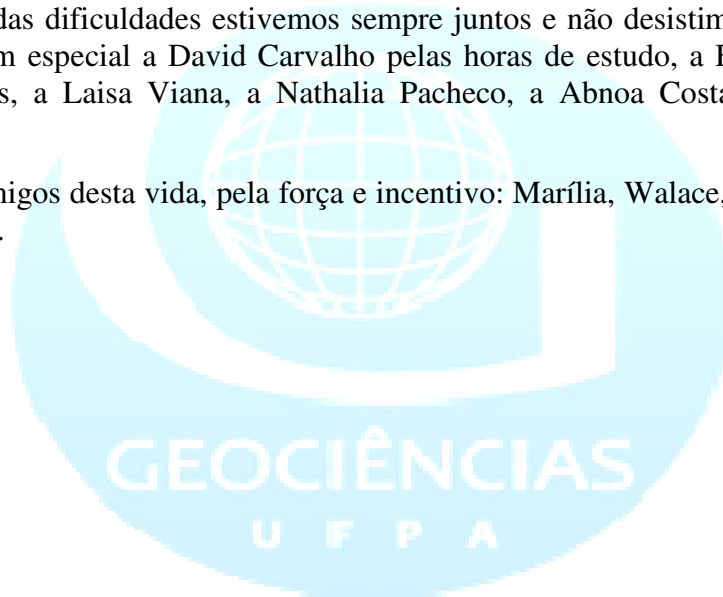
O meu eterno agradecimento ao querido Professor Dr. Galdino Viana Mota, por ter acreditado e me ajudado para a concretização deste trabalho.

Agradeço também a todos meus professores nesta graduação, que colaboraram para meu aprendizado e formação profissional.

O meu agradecimento a minha bancada pela colaboração e sugestões neste trabalho.

Aos amigos que fiz nestes anos no curso, e ao imenso carinho com que sempre me trataram. Apesar das dificuldades estivemos sempre juntos e não desistimos de lutar. O meu muito obrigado em especial a David Carvalho pelas horas de estudo, a Fernanda Moraes, a Rosaria Rodrigues, a Laisa Viana, a Nathalia Pacheco, a Abnoa Costa, a Cintia Lima e Haliane Monteiro.

A meus amigos desta vida, pela força e incentivo: Marília, Wallace, Adriane, Tatiane e Milene. Agradeço.





“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”

Charles Chaplin

## RESUMO

Este trabalho utilizou e analisou 15 anos de dados de precipitação e ocorrência de relâmpagos, fornecidos pelo *Precipitation Radar* (PR) e *Lightning Imaging Sensor* (LIS), sensores que estão a bordo do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), observados sobre a região tropical e subtropical. Seguindo a metodologia de Nesbitt (2000), adaptada por Mota (2003) no período de dezembro 1997 a dezembro de 2012. Assim como foram utilizadas em conjunto, imagens de focos de queimadas durante os anos (2004 e 2005) fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para efeito demonstrativo da presença de focos de queimadas sobre as regiões. Foi utilizada uma área delimitada, localizadas entre a latitude 0° S e 12° S e longitude 58° W 46° W, dados de cada 1° x 1° e redimensionados em uma grade de 3° x 3°, subdividido em 4 regiões, compreendidas entre as latitudes e longitudes, REG\_1 (LAT 5°S 8°S e LON 53°W 50°), REG\_2 (LAT 5°S 8°S e LON 50°W 47°W), REG\_3 (LAT 8°S 11°S e 53°W 50°W) e REG\_4 (LAT 8°S 11°S e LON 50°W 47°W). Abrangendo partes do Estado do Pará, Mato Grosso e Tocantins. Com a finalidade de se observar as características dos sistemas precipitantes, a fim de se associar com a incidência ou ocorrência de relâmpagos sobre as regiões. Os dados amostrados pelo satélite TRMM, que foram identificados como, os sistemas com todos os PFS e MCS que são subdividido entre, os sistemas (ALLPFS), os sistemas sem assinatura de gelo (WOICE), os sistemas com assinatura de gelo (WICE) e os sistemas convectivos de mesoescala (MCS). O estudo demonstrou que a variação mensal de relâmpagos sobre as REG\_3 e REG\_4 são as que mais ocorreram, sendo maior o número de relâmpagos, sua variação mensal ocorre nos meses de OND e JFM, acompanhando o período chuvoso na região. E os sistemas que mais colaboraram com a precipitação eletrificada foram os MCSs.

Palavras-chave: Satélite TRMM. Sistemas Precipitantes. Relâmpagos. Sudeste Amazônico.

## ABSTRACT

This paper used and analyzed 15 years of rainfall data and the occurrence of lightning provided by the Precipitation Radar (PR) and Lightning Imaging Sensor (LIS), which are sensors aboard the satellite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), observed over the tropical region and subtropical. Following the methodology of Nesbitt (2000), adapted by Mota (2003) from December 1997 to December 2012. As were used together, images of fire outbreaks during the years (2004 and 2005) provided by the National Institute of Space Research (INPE), for demonstrative effect of the presence of fire focuses on regions. An enclosed area, located between latitude  $0^{\circ}$  S and  $12^{\circ}$  S and longitude  $58^{\circ}$  W was used  $46^{\circ}$  W, data from each  $1 \times 1$  and resized into a grid of  $3 \times 3$ , subdivided into 4 regions, between latitudes and longitudes, REG\_1 (LAT  $5^{\circ}$  S  $8^{\circ}$  S and LON  $53^{\circ}$  W  $50^{\circ}$ ), REG\_2 (LAT  $5^{\circ}$  S  $8^{\circ}$  S and LON  $50^{\circ}$  W  $47^{\circ}$  W), REG\_3 (LAT  $8^{\circ}$  S  $11^{\circ}$  S and  $53^{\circ}$  W  $50^{\circ}$  W) and REG\_4 (LAT  $8^{\circ}$  S  $11^{\circ}$  S and LON  $50^{\circ}$  W  $47^{\circ}$  W). Covering parts of Pará, Mato Grosso and Tocantins. In order to observe the characteristics of precipitation systems in order to associate with the incidence or occurrence of lightning over the regions. The data sampled by TRMM satellite, which were identified as systems with all PFS and MCS are subdivided between systems (ALLPFS) systems unsigned ice (WOICE), systems with signature ice (WICE) and mesoscale convective systems (MCS). The study showed that the monthly variation of lightning on REG\_3 and REG\_4 are the most occurred, with the largest number of lightning, his monthly variation occurs in the months of OND and JFM, watching the rainy season in the region. And those who collaborated with the most precipitation systems were electrified MCSs.

Keywords: TRMM Satellite. Precipitants Systems. Lightning. Southeast Amazon.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Figura 1: Descrição esquemática de uma célula de tempestade mostrando os três estágios de vida: (a) estágio Cumulus, (b) estágio maduro e (c) estágio de dissipação.....	17
Figura 02	Figura 2: Ilustração da estrutura elétrica típica de uma nuvem de tempestade e dos diferentes tipos de relâmpagos: nuvem-solo negativos (NS-) e positivos (NS+), solo-nuvem (SN), intra-nuvem (IN) e descargas para o ar (DA).....	19
Figura 03	Localização da região de estudo no Sudeste Amazônico.....	23
Figura 04	Imagem do Satélite TRMM e dos sensores que o compõem .....	26
Figura 05	Figura 5: Distribuição de focos de queimadas no período de janeiro a dezembro de 2004 e de janeiro a dezembro de 2005. .....	28
Figura 06	Distribuição da precipitação eletrificada no período de dezembro de 1997 a 2012 pelo TRMM.....	30
Figura 07	Distribuição dos ALLPFS com relâmpagos no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012 pelo TRMM. .....	30
Figura 08	Distribuição do WOICE com relâmpagos (mm/mês) no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012 pelo LIS.....	31
Figura 09	Distribuição do número de WICE com relâmpagos (mm/ período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012 pelo LIS.....	32
Figura 10	Distribuição dos MCS com relâmpagos (mm/ no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2001 pelo LIS .....	33
Figura 11	Distribuição média anual da precipitação (mm/mês) pelo PR do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012 .....	35
Figura 12	Distribuição média sazonal da precipitação (mm/mês) pelo satélite PR do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.....	36
Figura 13	Distribuição média anual da precipitação (mm/mês) pelo satélite PR do período	

	de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.....	37
Figura 14	Distribuição media anual do número Total de Relâmpagos pelo satélite LIS do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.....	39
Figura 15	Distribuição media do total trimestral do numero de relâmpagos pelo LIS do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.....	40
Figura 16	Distribuição media do total mensal do numero de relâmpagos pelo LIS do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.....	41
Figura 17	Distribuição anual da taxa média de Relâmpagos ao ano/ Km <sup>2</sup> pelo satélite TRMM do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.....	42
Figura 18	Temperatura de brilho no canal do infravermelho (K) no período de 1997 a 2012 pelo satélite TRMM .....	43
Figura 19	Temperatura de brilho no canal de 85 GHz (K) no período de 1997 a 2012 pelo satélite TRMM .....	44
Figura 20	Altura Máxima dos Sistemas MCS (Km) no período de 1997 a 2012 pelo satélite TRMM.....	45
Figura 21	Máxima Altura de 40 DBZ (Km) no período de 1997 a 2012 pelo TRMM.....	46
Figura 22	Máxima Altura de 30 DBZ (Km) no período de 1997 a 2012 pelo TRMM.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALLPFS\_F – Todos os Sistemas Precipitantes com raios

AMJ – Abril, Maio, Junho

CERES - *Clouds and the Earth's Radiant Energy System*

JFM – Janeiro, Fevereiro e Março

INPE – Instituto nacional de Pesquisa Espaciais

JAS – Junho, Agosto e Setembro

Lat – Latitude.

Lon – Longitude.

LIS - *Lightning Imaging Sensor*

PR - *Precipitation Radar*

PRP – Precipitação

MCS\_F – Sistema Convectivo de Mesoescala com raios

OND – Outubro, Novembro e Dezembro

TRMM - Estimativa do Satélite Tropical Rainfall Measuring Mission

TMI - *TRMM Microwave Imager*

VIRS - *Visible and Infrared Scanner*

WOICE\_F – Sistema Precipitante sem Assinatura de Gelo Eletrificado

WICE\_F – Sistema Precipitante com Assinatura de Gelo Eletrificado

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul



## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 Objetivo .....	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1 Nuvens de Tempestades .....	16
2.2 Relâmpagos .....	18
2.3 Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM) .....	19
2.4 Queimadas .....	20
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	22
3.1 Área de Estudo .....	22
3.2 Dados .....	23
<b>3.2.1 Satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)</b> .....	23
<b>3.2.2 O Precipitation Radar (PR)</b> .....	24
<b>3.2.3 O TRMM Microwave Imager (TMI)</b> .....	24
<b>3.2.4 Visible and Infrared Scanner (VIRS)</b> .....	24
<b>3.2.5 Lightning Imaging Sensor (LIS)/ Sensor de Imageamento de Raios</b> .....	24
<b>3.2.6 Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)</b> .....	25
<b>4 METODOLOGIAS UTILIZADAS PELOS DADOS DO SATÉLITE TRMM E OS FOCOS DE QUEIMADAS DO INPE</b> .....	26
4.1 Satélite TRMM .....	26
4.2 Focos de Queimadas .....	27
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	28
5.1 Sistemas Precipitantes com Relâmpagos .....	28
5.2 Precipitação da Área de Estudo .....	34
5.2.1 Médias: Anuais, Trimestrais ou Sazonais e Mestrais .....	34
5.3 Distribuições dos Relâmpagos nas Áreas de Estudo .....	38
5.4 Temperatura de Brilho no canal do Infravermelho .....	43
5.5 Temperatura de Brilho no Canal de Microondas de 85 GHZ .....	44
5.6 Máxima Altura .....	45
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	48
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	49

## 1 INTRODUÇÃO

Relâmpagos são descargas elétricas de grande extensão e alta intensidade que ocorrem na atmosfera. Conhecidos também como descargas atmosféricas são comuns em nosso planeta. Estima-se que ocorram entre cinquenta e cem relâmpagos por segundo na Terra, o que representa cerca de 2 bilhões de descargas por ano (PINTO JR, 2005).

O Brasil é o país com maior incidência de raios no mundo, isso se deve, ao fato de sua extensão territorial e a proximidade com o Equador. Os relâmpagos são mais incidentes na região tropical, no verão. Isto ocorre devido o aquecimento solar, mas isso não quer dizer que não ocorram no inverno também, só que em menor intensidade. Eles são mais comuns em nuvens de tempestades, *Cumulonimbus*.

As nuvens de tempestades são bastantes presentes em regiões tropicais equatoriais no verão, devido à disponibilidade de energia gerada pelo sol, mas também podem ocorrer em regiões próximas aos pólos e em outras estações. Ocorrem também sobre os oceanos, mas em menor incidência. No entanto observou-se que não somente através de nuvens de tempestades esse fenômeno (relâmpagos) fosse possível de ocorrer. Como por exemplo, através das cinzas de vulcões em erupção, lançadas para a atmosfera. A chamada nuvem de cinzas e fumaça.

Além destes fatores, segundo alguns autores, vale ressaltar que regiões da floresta amazônica vêm sendo palco há anos do desflorestamento, fator este que pode estar influenciando o clima em todo o mundo.

No Brasil também ocorre, todo ano, grande quantidade de queimadas entre maio e outubro principalmente nas regiões norte e centro-oeste. Essas queimadas são utilizadas normalmente como ferramentas por pequenos e grandes proprietários de terra para limpeza de áreas para fins agrícolas ou criação de gado e ocorrem em regiões de cerrado, florestas primárias e secundárias e áreas de pastagens (Coutinho, 1990).

Segundo Artaxo et al. (2009) afirmavam que no período considerado seco, posterior ao período de construção das estradas nas décadas de 1970 e 1980. A perda da biomassa era grande em áreas nos estados do Pará, Mato Grosso e Roraima. E que durante os meses de Agosto a Outubro uma grande parte da Amazônia e da América do Sul fica coberta por fumaça. Essa fumaça pesada, que cobre milhões de quilômetros quadrados, produz profundos efeitos no balanço de radiação, na formação de nuvem, e na saúde da população amazônica.

Com as queimadas, a liberação de aerossóis lançados na atmosfera aumenta o que leva a formação de nuvens de convecção com alto poder de incidência de raios, este por sua vez pode ser maior nos meses de período menos chuvoso. Recentes estudos mostraram que as partículas de aerossóis podem modificar a microfísica das nuvens em regiões tropicais, como a Indonésia e a Amazônia (Koren et al., 2004).

As regiões de estudo que veremos mais adiante, foram bastante modificadas devido à ação do homem ao longo dos anos, fazem parte do Arco do Desmatamento, nome dado para as regiões afetadas com as intensas queimadas, causadas em sua grande maioria por ações antrópicas, devido o avanço da atividade do plantio de soja, causando grandes prejuízos a sociedade.

O fogo, assim como, prejudicial ao solo, atua sobre a biodiversidade amazônica, desfavorecendo seu ciclo. Além de favorecer o aumento de gás carbônico na atmosfera. Um dos grandes vilões causadores do efeito estufa.

Além do fator topografia, o qual pode influenciar ainda mais, pois regiões com uma topografia mais elevada pode ser favorável a ocorrência de relâmpagos.

### 1.1 Objetivo

O presente estudo tem como objetivo analisar as características dos sistemas precipitantes e suas influências sobre a precipitação e as descargas elétricas, no período de 1997 a 2012 sobre partes dos estados do Pará, Tocantins e Mato Grosso, regiões altamente castigadas pelo desmatamento ao longo dos anos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Nuvens de Tempestades

Em nuvens de tempestades são mais comuns a incidência de relâmpagos, tipo *Cumulonimbus*, em alguns casos ao sofrer alargamento em seu topo, mais conhecido como bigorna, devido à ação do vento, o *Cumulonimbus* já em estágio maduro. É neste estágio que costumam ocorrer chuvas intensas e a maioria dos relâmpagos. E também quanto maior for seu topo, ou seja, a altura do topo da nuvem, maior será a frequência de relâmpagos. É comum associar, nuvens de tempestades com sistemas meteorológicos de mesoescala, devido sua extensão em centenas de quilômetros. Os dois sistemas de mesoescala mais conhecidos são as linhas de instabilidade e os complexos convectivos (Pinto Jr e Pinto, 1996).

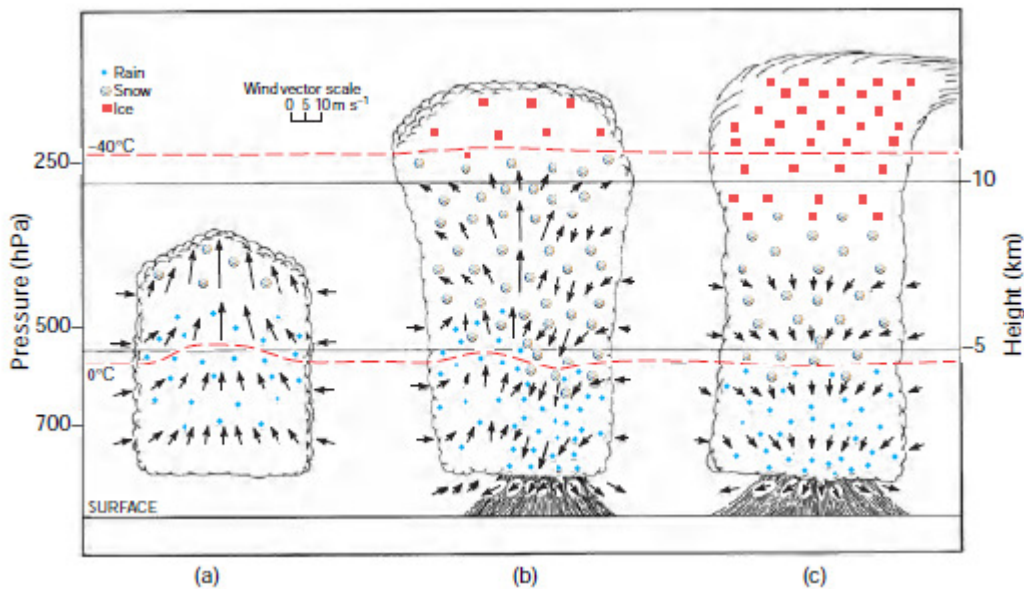
As nuvens de tempestades ocorrem mais sobre os continentes do que sobre os oceanos, devido ao fato da temperatura do ar sobre os oceanos ser menos alterada pelo aquecimento solar. Também são mais comuns sobre as montanhas, onde o ar é mais quente do que em sua vizinhança para uma mesma altura. Embora as nuvens de tempestades possam ocorrer a qualquer hora do dia, o máximo de ocorrência tende a ser entre 4 a 6 horas da tarde, devido ao aquecimento solar. Sobre as montanhas o máximo tende a ocorrer mais cedo, por volta de 1 hora da tarde (Pinto Jr e Pinto, 1996).

Para Wallace e Hobbs (1977) e Matos (2009) que propuseram o seguinte modelo, a figura 1 ilustra os estágios de um Cb. Portanto, os estágios na evolução de uma típica Cb, apresentada por esses autores são divididos em: estágio inicial (ou cumulus), estágio de maturação e estágio dissipativo.

No estágio inicial (Figura 1(a)), há uma predominância de correntes de ar ascendentes, com a velocidade aumentando com a altura dentro da nuvem e considerável entranhamento através dos limites laterais. Devido à intensa velocidade ascendente, as gotículas de água podem estar presentes acima do nível de congelamento. Nesta fase, a base da nuvem encontra-se em torno de 1 km de altura do solo. Contornos irregulares no topo da nuvem surgem associados às partículas de gelo nesta região. Em geral, pouca chuva e pouco ou mesmo nenhum relâmpago ocorre neste estágio.

O estágio de maturação (Figura 1(b)) é caracterizado por correntes de ar descendentes, que começam a ocorrer devido a não sustentação das gotículas de água e cristais de gelo, associado à influência da força gravitacional sobre as mesmas. Desta forma, esta fase é caracterizada por intensa precipitação, granizo, relâmpagos, fortes ventos e até tornados. O topo da nuvem aproxima-se da tropopausa e gotículas de água são encontradas acima do nível de congelamento na região das correntes ascendentes e flocos de neve e granizo podem ser encontrados abaixo do nível de congelamento. A divergência das correntes ascendentes apenas sobre a tropopausa resulta na formação da bigorna da nuvem, que aponta na direção dos ventos presentes nesta altitude.

Figura 1: Descrição esquemática de uma célula de tempestade mostrando os três estágios de vida: (a) estágio Cumulus, (b) estágio maduro e (c) estágio de dissipação.



Fonte: Adaptada de Wallace e Hobbs (2006) e Matos 2009.

A predominância de movimentos descendentes caracteriza o estágio de dissipação (Figura 1(c)) de uma nuvem Cb. Nesta fase é encontrada uma quantidade significativa de cristais de gelo e neve acima do nível de congelamento. Posteriormente, próximo ao final deste estágio as correntes de ar supersaturado começam a enfraquecer e as gotículas de água não crescem mais, cessando a precipitação. Desta forma, ocorre a dissipação da nuvem, restando apenas à bigorna composta de nuvens Cirrostratus e Altostratus.

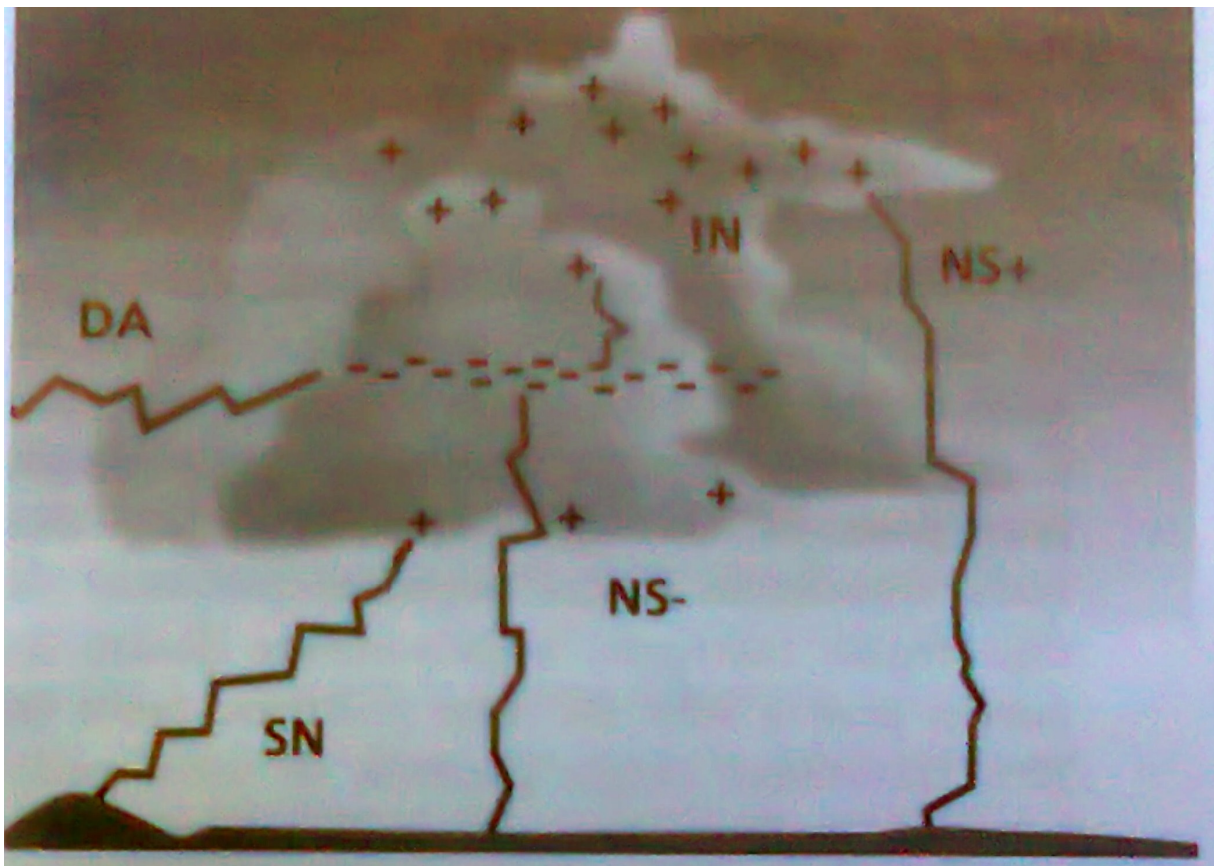
O processo de formação dessas nuvens de tempestade depende basicamente de três fatores: umidade do ar (associado à quantidade de vapor na atmosfera), grau de instabilidade vertical da atmosfera (associado à variação da temperatura com a altura) e mecanismos dinâmicos forçantes (frentes, brisa marítima, ventos soprando em direção a uma montanha, etc.) (WALLACE e HOBBS, 1977). Portanto, a formação de nuvens ocorre através da condensação do vapor d'água existente na atmosfera formando gotículas de água. Assim, as nuvens formadas são classificadas em quentes ou frias, dependendo de sua localização em relação à isoterma de 0°C.

## 2.2 Relâmpagos

Relâmpagos, também conhecidos como descargas atmosféricas, são descargas elétricas de grande extensão (alguns quilômetros) e de grande intensidade (picos de intensidade de corrente acima de um quiloampère), que ocorrem devido ao acúmulo de cargas elétricas em regiões localizadas da atmosfera, em geral dentro de tempestades (Pinto Jr, 2005).

Os Relâmpagos podem ocorrer da nuvem para o solo e são denominados relâmpagos nuvem-solo, do solo para a nuvem, relâmpagos intra-nuvem; da nuvem para um ponto qualquer na atmosfera, descargas no ar; ou ainda entre nuvens (Pinto Jr, 2005), conforme ilustra a figura 2.

Figura 2: Ilustração da estrutura elétrica típica de uma nuvem de tempestade e dos diferentes tipos de relâmpagos: nuvem-solo negativos (NS-) e positivos (NS+), solo-nuvem (SN), intra-nuvem (IN) e descargas para o ar (DA)



Fonte: Pinto Jr. e Pinto (1996)

### 2.3 Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM)

Para Matos (2009) Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), conhecidos também como tempestades organizadas, são aglomerados de nuvens convectivas profundas e mais largas que tempestades individuais, acompanhados freqüentemente de extensa nuvem estratiforme na baixa troposfera em forma de bigorna de centenas de quilômetros. Alguns

tipos particulares de SCM são: Linhas de Instabilidade (LI) e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (COTTON e ANTHES, 1989)

O conceito de CCM foi introduzido por Maddox (1980) durante uma análise de imagens de satélites no IR sobre os EUA central em 1978. Estes sistemas foram classificados como os maiores membros dos SCM, possuindo forma quase circular e diâmetros típicos de 300 a 400 km, com centenas de tempestades individuais interligadas em seu interior, cobertas por uma extensa camada de nuvens Cirrus, oriundas de nuvens Cb maduras. Neste tipo de SCM, a forma de organização das células convectivas não é de grande importância, e os mesmos ocorrem principalmente à noite com duração típica em torno de 10 a 12 horas (MADDOX, 1980).

As LI são identificadas por uma vigorosa linha de células convectivas estendendo-se até centenas de quilômetros ao longo de um eixo horizontal, interagindo entre si e conectadas pela região estratiforme. São formadas geralmente próximas à interface entre uma massa de ar quente e úmido e uma massa de ar frio e produzindo, desta forma, ventos muito fortes em superfície (por volta de 12 a 25 m/s) e algumas vezes até tornados. Devido ao deslocamento do sistema, à medida que nuvens vão se dissipando, novas nuvens vão sendo formadas de maneira que a tempestade pode durar várias horas (HOUBE, 1977; COTTON e ANTHES, 1989).

Desta forma, os SCM de maneira geral são constituídos basicamente de uma região convectiva e outra estratiforme. A primeira é caracterizada por forte convecção e alto topo de nuvens, enquanto que a segunda região possui nuvens de grande extensão horizontal e baixo topo de nuvens (semelhante a uma bigorna). Contudo, os diferentes tipos de nuvens inseridos nos SCM variam conforme seu ciclo de vida (MACHADO e ROSSOW, 1993).

## 2.4 Queimadas

Os chamados aerossóis, particulados sólidos ou líquidos suspensos na atmosfera. Os quais passam a serem emitidos tanto para a média e alta atmosfera, influenciando no clima regional ou até mesmo global.

Recentes estudos mostraram que as partículas de aerossóis podem modificar a microfísica das nuvens em regiões tropicais, como na Indonésia e na Amazônia (KOREN et al., 2004). Segundo Fernandes (2005) essas alterações podem modificar as características das

nuvens, assim como, favorecerem a ocorrência de relâmpagos produzidas em ambientes com maior número de queimadas.

Segundo Artaxo (1997) em época de queimadas, nos meses de junho a outubro, o ar da Amazônia apresenta concentrações de até 500 microgramas de partículas em um metro cúbico ( $m^3$ ) de ar, sendo que o normal para a região é de 15 a 20 microgramas por  $m^3$  de ar. É um índice de poluição muito alto. Basta considerar que a legislação brasileira indica como padrão de qualidade do ar o máximo de 50 microgramas de partículas por  $m^3$ . O ar da cidade de São Paulo registra, na média, 70 microgramas/ $m^3$  e o estado de alerta é atingido aos 150 microgramas/ $m^3$ . Na Amazônia, é comum serem observadas concentrações duas a três vezes maiores que as verificadas em São Paulo.

Para Artaxo (2006), em época de queimadas, a interação nuvem e fumaça, e se a formação de NCN (Núcleo de Condensação) estiver muito grande, a disputa pelo vapor de água disponível aumenta, as gotas crescem pouco e devagar enquanto a nuvem vai crescendo, ou seja, o processo passa a ser mais demorado.

Muitas vezes essas nuvens nem chegam a precipitar; as gotas evaporam e a água, junto com os aerossóis, não retorna ao chão, mas é levada pelos ventos a outros locais. Se a gota passar dos 6 ou 7 km de altura ela congela, pois o ar atinge temperaturas muito baixas. Os núcleos de gelo crescem de forma bastante eficiente enquanto a nuvem cresce até 10 ou 15 km de altura, formando a chamada nuvem *Cumulunimbus*. As nuvens rasas em regiões limpas são chamadas de nuvens marítimas e as nuvens que contêm gelo, formadas em regiões poluídas, de nuvens continentais. Toda vez que uma nuvem tem grande quantidade de gelo observam-se os relâmpagos e trovões, que podem ser usados justamente para identificar a proximidade de um *Cumulunimbus* (Artaxo, 2006).

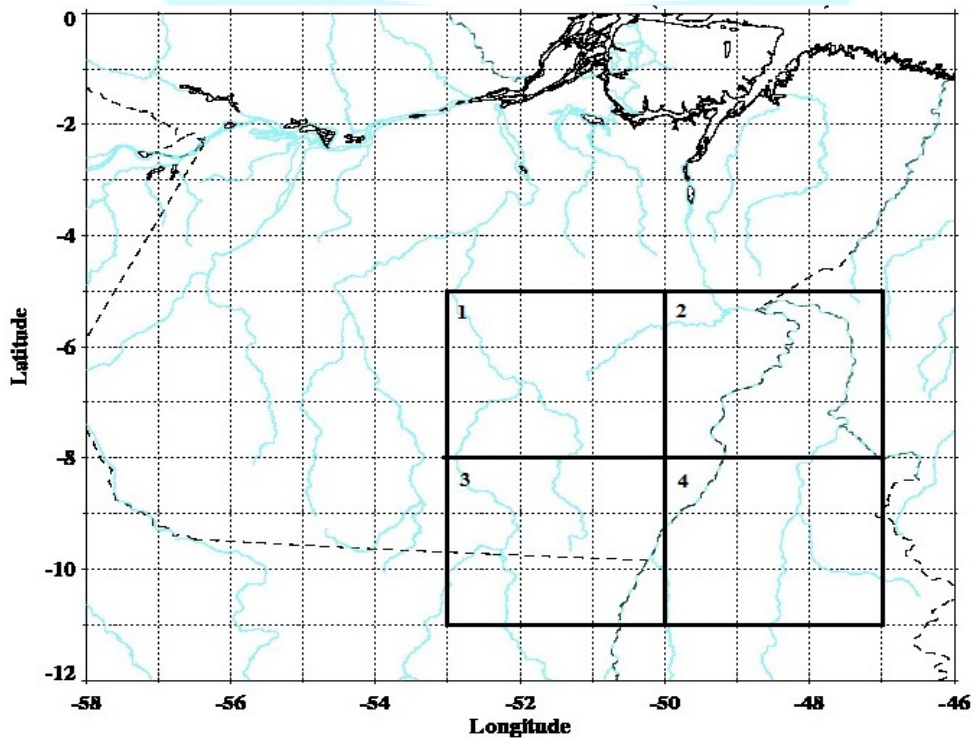
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

A área de estudo abrange as áreas dos Estados do Pará, Tocantins e Mato Grosso. Com resolução espacial de  $3^\circ \times 3^\circ$  de latitude por longitude, no período de 1997 a 2012. Localizadas e demarcadas segundo(FIGURA 1), REG 1\_  $05^\circ\text{S } 08^\circ\text{S LAT e } 53^\circ\text{W } 50^\circ\text{W LON}$ , REG 2\_  $05^\circ\text{S } 08^\circ\text{S } 50^\circ\text{W } 47^\circ\text{W}$ , REG3\_  $08^\circ\text{S } 11^\circ\text{S } 53^\circ\text{W } 50^\circ\text{W}$  e REG4\_  $08^\circ\text{S } 05^\circ\text{S } 50^\circ\text{W } 47^\circ\text{W}$ . As regiões de estudo foram amplamente devastadas ao longo dos anos, devido a ações antrópicas para o plantio de soja, e por isso este trabalho

As áreas localizadas no Pará apresentam um clima bastante quente e úmido, em contraste com Tocantins onde o clima é subúmido ou seco dependendo da estação. Já Mato Grosso possui um clima subtropical. Devido à grande aproximação com a Amazônia, elas acabam recebendo todo o calor e umidade que é transportado de lá, que favorece a convecção local no período chuvoso.

Figura 3: Região de estudo no Sudeste Amazônico



Fonte: Do Autor

### 3.2 Dados

Para a realização deste estudo foram utilizados dados do satélite TRMM (Estimativa do Satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission*). Foram utilizadas imagens no período compreendido entre dezembro de 1997 a dezembro de 2012. Abordo existe seu sensor o (LIS – *Lightning Imaging Sensor*), o qual é capaz de estimar o número de descargas elétricas, além do *Precipitation Radar (PR)*, *TRMM Microwave Imager (TMI)*, *Visible and Infrared Scanner (VIRS)* e *Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)*.

#### 3.2.1 Satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

O Satélite TRMM é um satélite de órbita tropical, idealizado a partir da necessidade científica em compreender a precipitação tropical. Criado através de uma parceria entre a NASA e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA), foi lançado novembro em 1997 com uma altura orbital de 350 km e um ângulo de precessão de 35°, cobrindo as latitudes de 35°N a 35°S. Contudo, em 2001, buscando reduzir gastos e aumentar o tempo de vida do satélite, sua altura orbital foi elevada para 402,5 km e o grau de precessão passou a ser 40°, ou seja, cobrindo as latitudes de 40°N a 40°S. O TRMM possui uma órbita senoidal ou geocêntrica, o que impede a amostragem, em 24 horas, de toda a região tropical. Fato que só torna-se possível em um período de 2 dias (TEXEIRA, 2008).

O TRMM é composto por cinco sensores, que leva abordo cada um com uma função distinta. Os sensores são: o *Precipitation Radar (PR)*, *TRMM Microwave Imager (TMI)*, *Visible and Infrared Scanner (VIRS)*, O *Lightning Imaging Sensor (LIS)*, *Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)*.

### **3.2.2 O Precipitation Radar (PR)**

O PR consegue mapear estruturas de perfil tridimensional, capaz de fornecer dados de profundidade, e intensidade de tempestades, assim como a taxa de pluviosidade. Uma das suas características e a mais importante é a sua capacidade para fornecer perfis verticais da chuva e da neve da superfície até uma altura de 20 km, possui uma resolução de 5 km e uma largura de faixa 247 km. Opera na faixa de 13,8 GHz (NASA, 2014)

### **3.2.3 O TRMM Microwave Imager (TMI)**

O TMI é um sensor de microondas que utiliza 9 sensores passivos capazes de fornecer informações estimadas de precipitação. Ele opera em 10,7, 19,3, 21,3, 37,0 e 85,0 GHz. Cobre uma área de latitude de 30° a 35° Norte a Sul. Possui uma faixa de largura de aproximadamente 760 km. Fornece informações de conteúdo integrado precipitação coluna, nuvem líquida água, nuvem de gelo, a intensidade da chuva, e os tipos de precipitação (por exemplo, estratiformes ou convectivas).

### **3.2.4 Visible and Infrared Scanner (VIRS)**

O VIRS detecta radiação vinda a cima da terra (refletida). Seu radiômetro opera nas faixas 0,63, 1,6, 3,75, 10,8 e 12  $\mu$ c. Usa um espelho rotativo para fazer a varredura em toda a faixa do observatório TRMM, varrendo, assim, uma região 833 km de largura, como o observatório prossegue ao longo de sua órbita. Olhando diretamente para baixo (nadir), VIRS pode escolher características individuais de nuvem tão pequena quanto 2,4 km, que vão do visível ao infravermelho. Fornecendo através de sua resolução o tipo de cobertura de nuvem, tipo de nuvem e temperatura de topo de nuvem. (NASA, 2014)

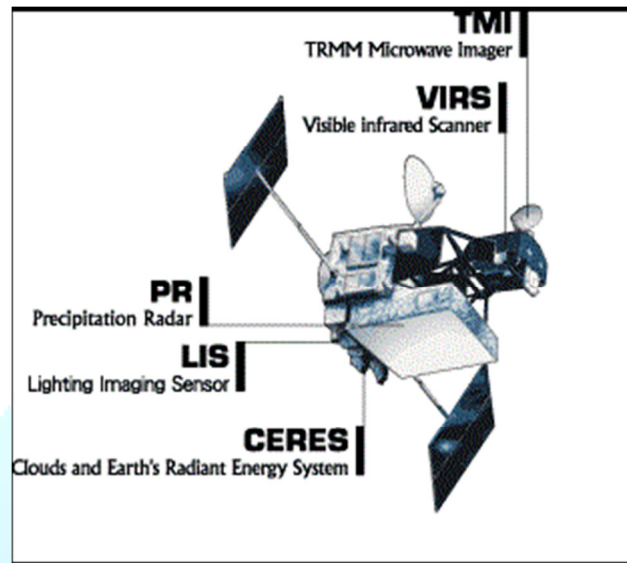
### **3.2.5 Lightning Imaging Sensor (LIS)/ Sensor de Imageamento de Raios**

O sensor LIS possui características bastante peculiares, como por exemplo, sua sensibilidade a luminosidade de nuvens, capaz de observar a incidência de descargas. Ele possui um gerador capaz de captar 500 quadros por segundo. Ele identifica a atividade de relâmpagos através do brilho das nuvens quando iluminados por raios. Seu campo de visão é de 80° x 80° e sua altitude de 400 km permite ao sensor uma visibilidade das nuvens num raio de 600 km x 600 km da terra. Além de possuir uma resolução de 3 km (no nadir) por quase 90 seg. da passagem do TRMM. (NASA,2014)

### 3.2.6 Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)

O CERES mede a energia na parte superior da atmosfera, bem como os níveis de energia estimados na atmosfera e superfície terrestre. Os dados do instrumento CERES podem ser usadas para estudar a energia trocada entre o Sol; atmosfera, superfície e as nuvens da Terra; e no espaço (NASA, 2014)

Figura 4: Imagem do Satélite TRMM e dos sensores que o compõem.



Fonte: (NASA, 2014)

GEOCIÊNCIAS  
U F P A

## 4 METODOLOGIAS UTILIZADAS PELOS DADOS DO SATÉLITE TRMM E OS FOCOS DE QUEIMADAS DO INPE.

### 4.1 Satélite TRMM.

Utilizou – se o banco de dados gerados pelo grupo de convecção tropical da Universidade de Utah, que é constituído por dados de PR e TMI, com as características de temperatura de brilho, dados amostrados de imageamento de relâmpago pelo sensor LIS, este trabalho adotou a metodologia usada por Nebistt et. al (2000) para analisar os dados do satélite TRMM, através de estimativas de precipitação do PR, de relâmpagos do (LIS), e temperatura de brilho.

Segundo Nebistt et. al (2000) e adaptada por Mota (2003) a chuva volumétrica é medida, perto da saída de precipitação, perto da superfície pelo (algoritmo 2A-25) baseado nos dados de refletividade TRMM-PR.

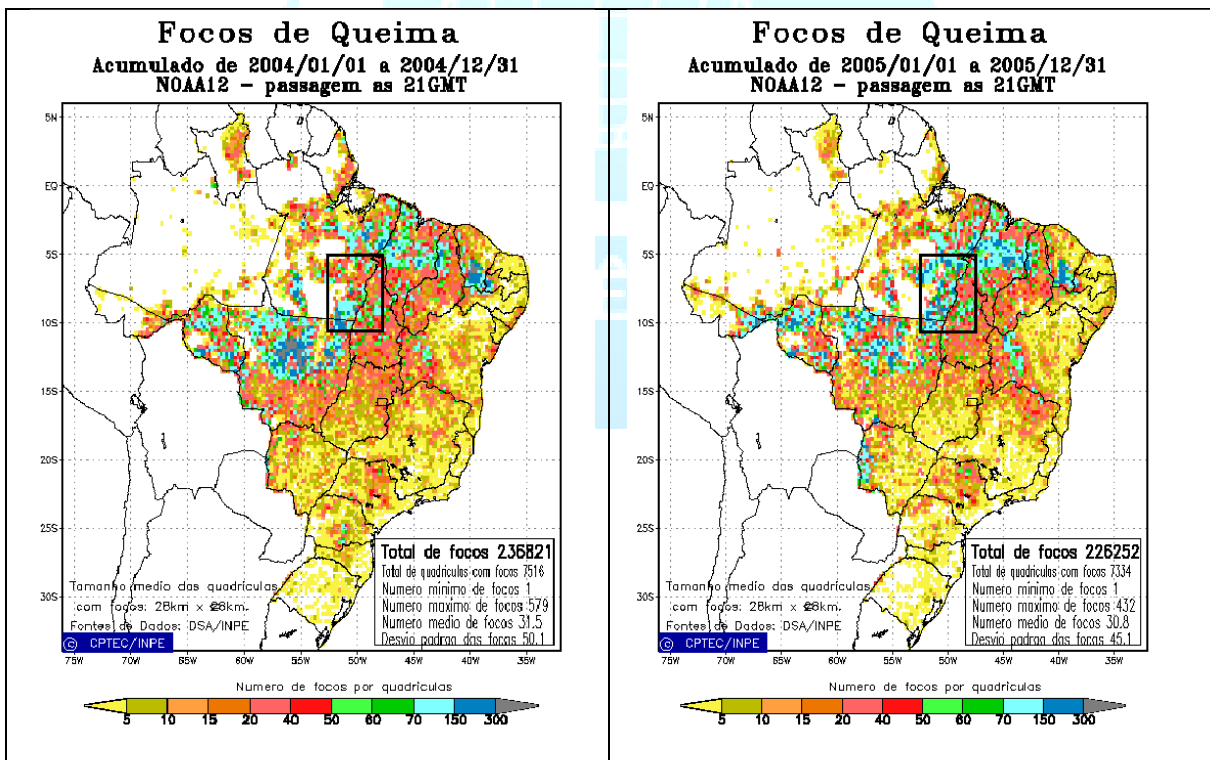
PFs sem gelo com  $PCT \geq 250$  K; PFs com gelo com Precipitação próximo a superfície e inclui no mínimo um pixel com  $PCT \leq 250$  K, porém estes sistemas não chegam a ser considerados SCM; PFs com MCSs com Sistema com área maior ou igual a  $2000 \text{ km}^2$  (o equivalente a 108 pixels juntos) e com  $PCT \leq 200$  K. Em adição, uma área maior ou igual a  $185 \text{ km}^2$  (o equivalente a aproximadamente 10 pixels não contíguos) deve conter  $PCT \leq 225$  K.

Foram utilizados dados gerados através de script, fornecidos pelo satélite TRMM, e utilizaram - se gráficos de PRP de todos os PFS (ALLPFS + WICE + MCS) e MCS com gelo, sendo que o WICE possui temperatura de brilho maior ou igual a 250 k e o MCS possui uma área maior ou igual  $200 \text{ km}^2$  e temperatura de brilho menor ou igual a 250 K. Além das medias anual, sazonal e mensal da PRP e relâmpagos e taxa de relâmpagos. Assim como imagens de temperatura de brilho de 85 PCT (Polarizada), altura máxima e alturas de 30 e 40 DBZ dos sistemas.

## 4.2 Focos de Queimadas.

O monitoramento de queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) possui uma ferramenta muito útil na observação de áreas propícias a queimadas, investigadas por satélites artificiais. O INPE disponibiliza através de sua página na web, para a sociedade, dados estimados. Além da prevenção de áreas de risco de queimadas. Neste trabalho foram utilizadas 2 imagens (Figura 5) do satélite GOES – 12 que estão disponíveis no site do INPE ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)), com o objetivo de demonstrar focos observados de queimadas sobre as regiões de estudo, em anos distintos, 2004 e 2005. As figuras apresentaram grandes focos no acumulado para as áreas observadas, ou seja, região propícia a queimadas.

**Figura 5: Distribuição de focos de queimadas no período de janeiro a dezembro de 2004 e de janeiro a dezembro de 2005.**



Fonte: (INPE, 2014).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.

### 5.1 Sistemas Precipitantes com Relâmpagos

As regiões estudadas apresentaram o maior índice de ALLPFS\_F nos meses OND e JFM, sendo menor em JJA, com picos superiores de aproximadamente 190,5 mm na REG\_3 e 210,5 mm na REG\_4. Os sistemas mais intensos foram os de Mesoescala (MCS\_F), os quais foram superiores nos meses de JFM e OND, com um pico superior em 143,6 mm REG\_3 e 162,6 mm REG 4, e menos intensos nos meses de JJA, em todas as 4 regiões. Em seguida, tem - se os sistemas precipitantes com gelo (WICE\_F) que foram mais intensos em JFM e OND, com picos elevados nas regiões REG\_3 e REG\_4 45,9 mm e 48,0 mm, respectivamente. E foram menos intensos em JJA. Já os sistemas precipitantes sem gelo (WOICE\_F), foram mais intensos em JFM e OND, e menos intensos em JJA (Figura 6).

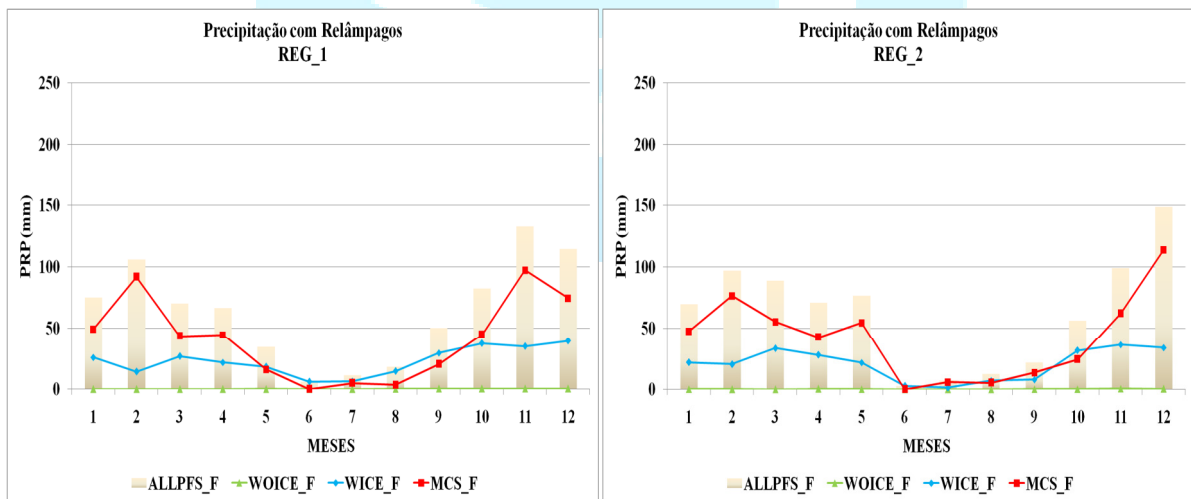
A Figura 7 demonstra os sistemas precipitantes ALLPFS\_F, contribuíram com a PRP sendo superiores nos meses JFM e OND, com máximos de PRP chegando na REG\_3 e REG\_4 a 190,0 mm e 210,5 mm, respectivamente. E período menos chuvoso equivale a JJA. Já o número de sistemas foi inferior ao número de relâmpagos. O número de relâmpagos foi superior nos meses JFM e OND, com aproximadamente 3214 e 2289 relâmpagos, nas REG\_3 e REG\_4. E inferiores no período menos chuvoso JJA. Os sistemas precipitantes sem gelo (WOICE\_F) (Figura 8), tiveram uma maior colaboração com a PRP em alguns meses como OND, e em algumas regiões o índice de PRP foi menor em JJA. Como se observa, o período chuvoso se deu com picos diferentes de PRP, OND e JFM, em quase todas as regiões. Mas no geral a PRP não foi bem expressiva para os sistemas sem gelo, a partir do primeiro trimestre, com um máximo de apenas 0,75 mm e 1,75 mm em REG\_3 e REG\_4, respectivamente. Os números de sistemas foram mais intensos nos meses OND e inferiores em JJA. O número de relâmpagos foram superiores nos meses OND, em algumas regiões, com destaque para a REG\_3 e REG\_4 com 33 e 32 relâmpagos, respectivamente. O número de relâmpagos foi inferior nos meses JJA, acompanhando o período seco.

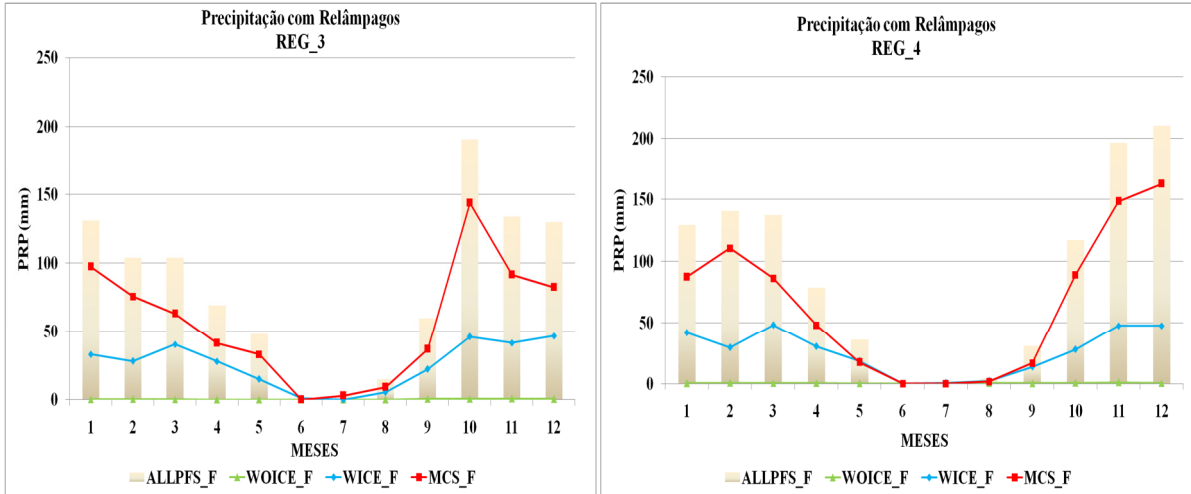
A Figura 9 mostra os sistemas precipitantes com gelo (WICE\_F), apresentaram os meses mais chuvosos JFM e OND para todas as regiões, com um índice pluviométrico de 46,6 mm e 48,0 mm nas REG\_3 e REG\_4, respectivamente. Os meses onde o número de relâmpagos foi maior foram em OND e JFM, com picos de ocorrência maiores de aproximadamente 1334 e 1240 relâmpagos, nas REG\_3 e REG\_4, respectivamente. Já os

meses de menor ocorrência de relâmpagos foram JJA nas regiões. O número de sistemas foram maiores nos seguintes meses JFM e OND, em todas as regiões. E foram menores nos meses JJA.

Na Figura 10 observou-se que os sistemas precipitantes de Mesoescala (MCS\_F), apresentaram um período chuvoso nos meses de JFM e OND, com média de PRP de 143,6 mm e 162,6 mm aproximadamente nas REG\_3 e REG\_4, respectivamente. E o período menos chuvoso foi JJA. Sendo o número de sistemas maiores nos meses JFM e OND, e inferiores no período menos chuvoso JJA. Já a ocorrência de relâmpagos foram superiores nos meses JFM e OND, com um pico de ocorrência maior nas REG\_3 e REG\_4 de 2077 e 1264 relâmpagos, respectivamente. E inferiores em JJA, em todas as regiões. O período chuvoso pode estar ligado à presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), comum no verão austral.

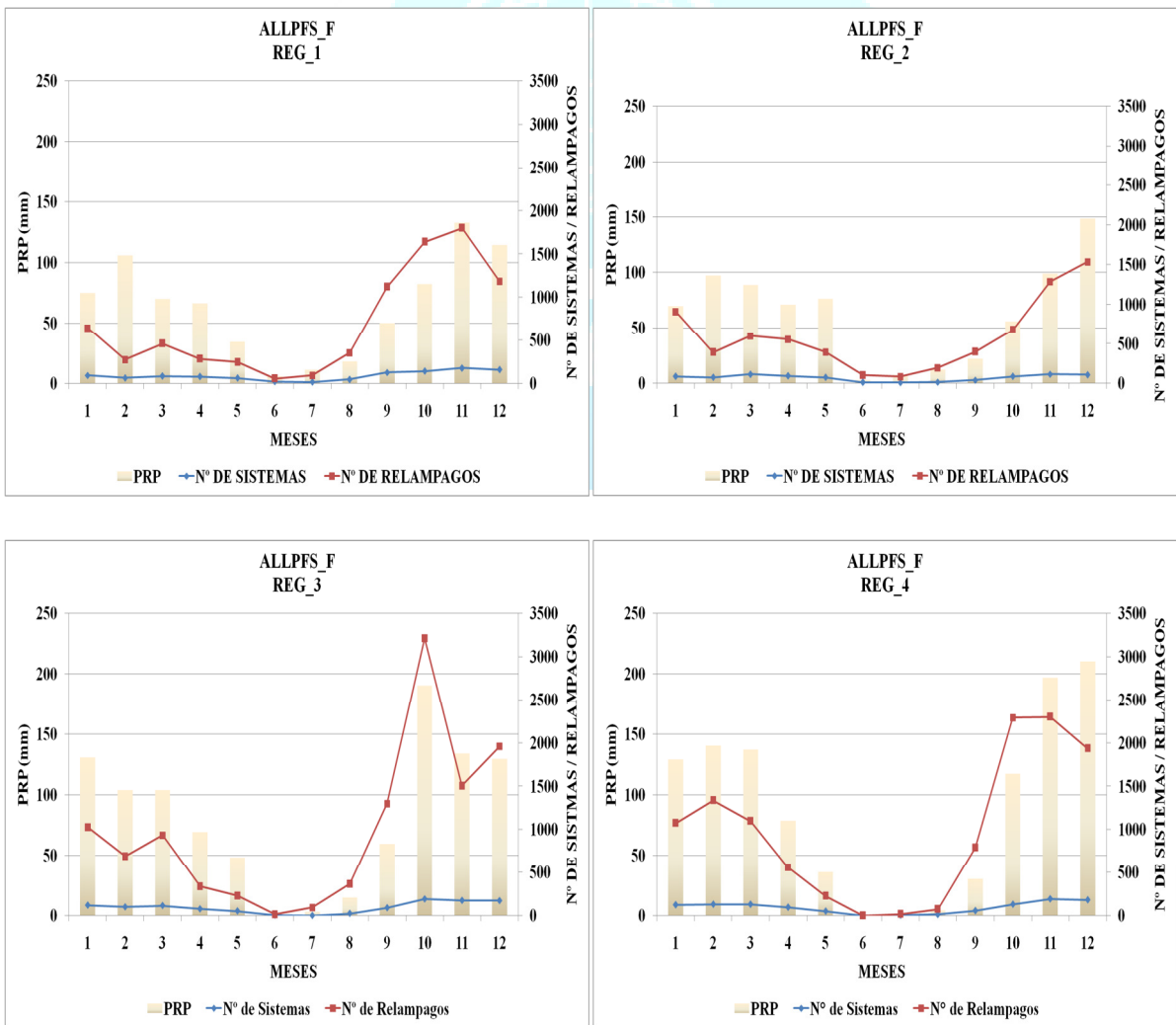
**Figura 6: Distribuição da precipitação eletrificada no período de dezembro de 1997 a 2012 pelo TRMM**





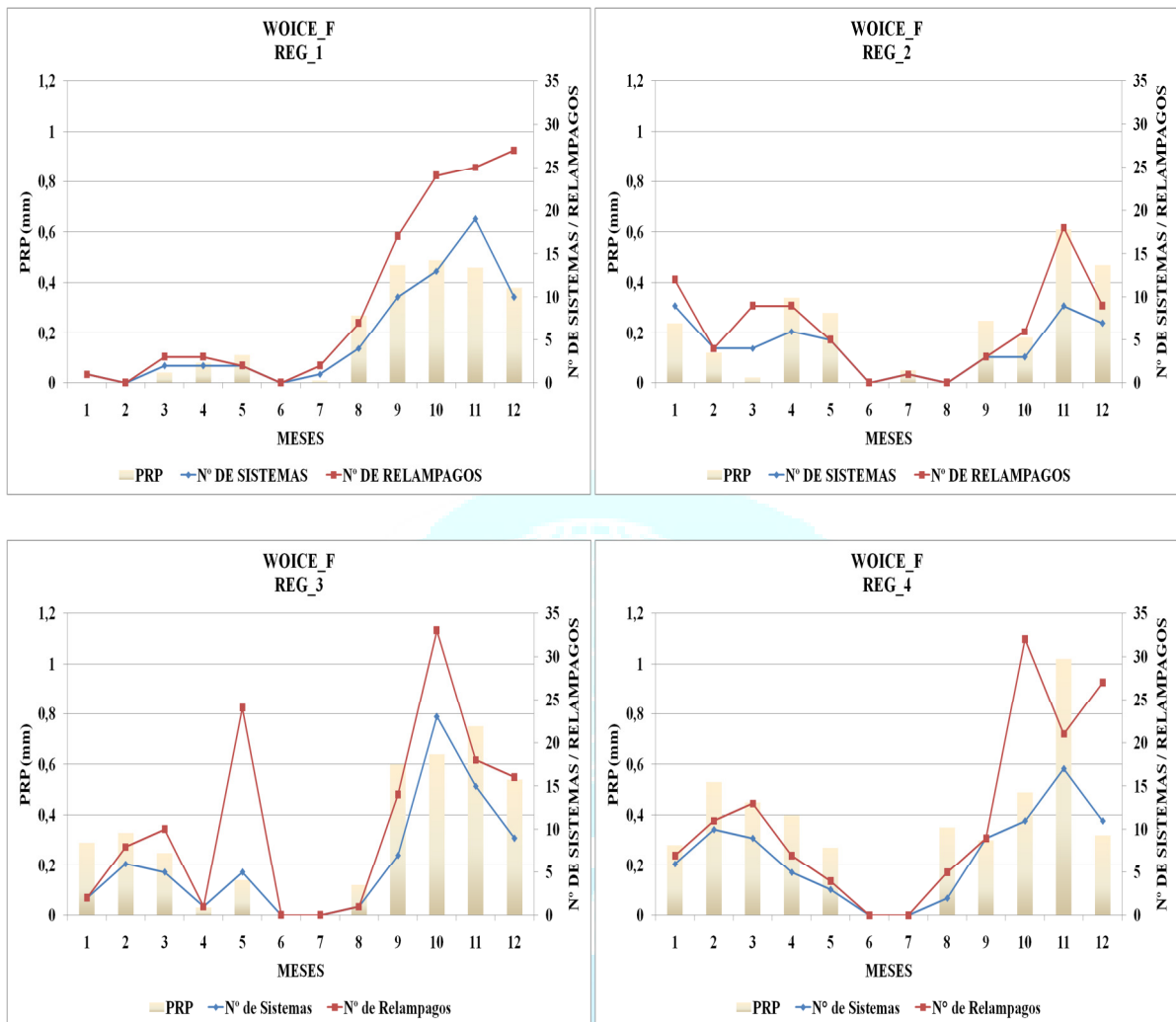
Fonte: Do Autor

**Figura 7: Distribuição dos ALLPFS com relâmpagos no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012 pelo TRMM.**



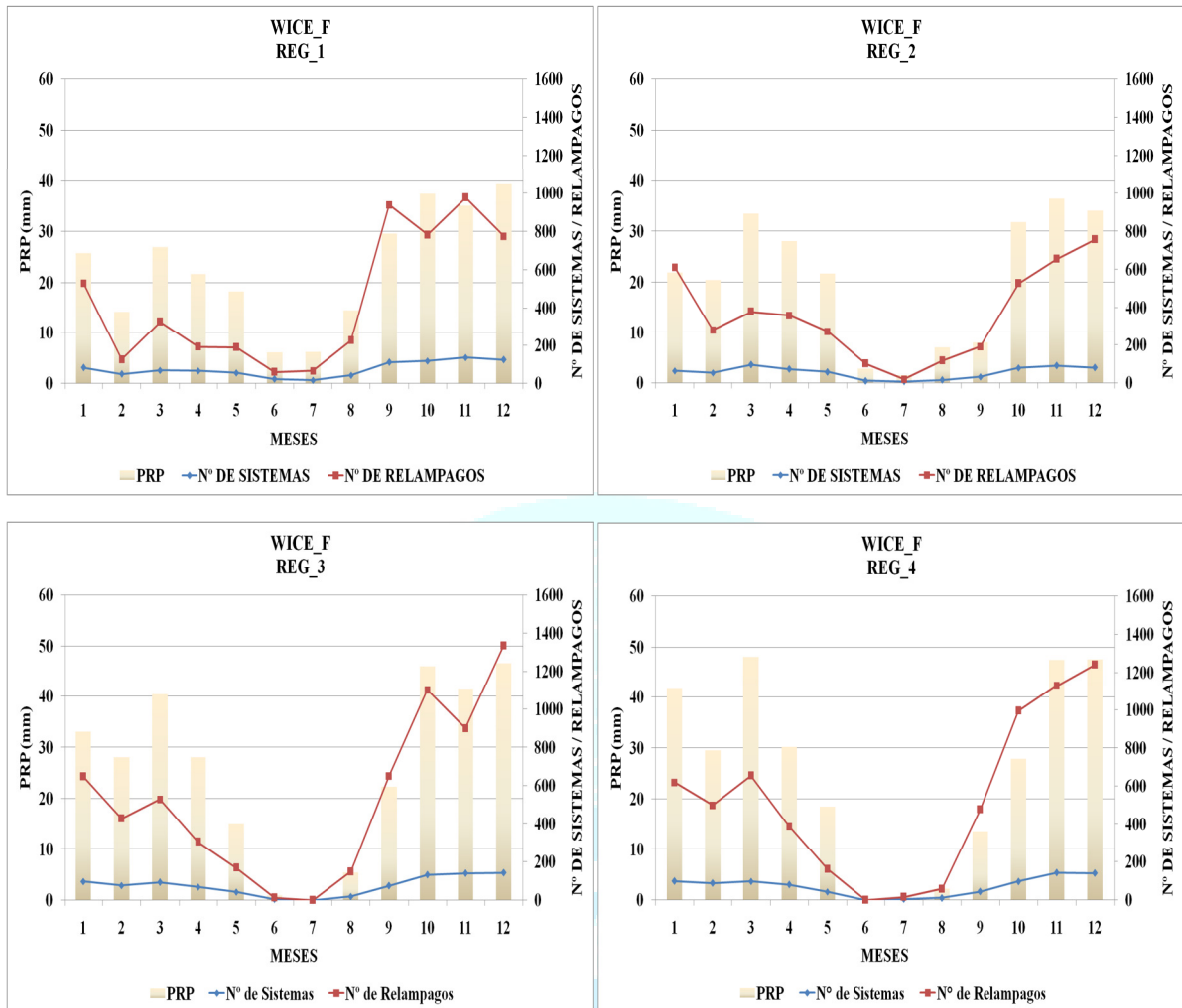
Fonte: Do Autor

Figura 8: Distribuição do WOICE com relâmpagos no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012 pelo TRMM.



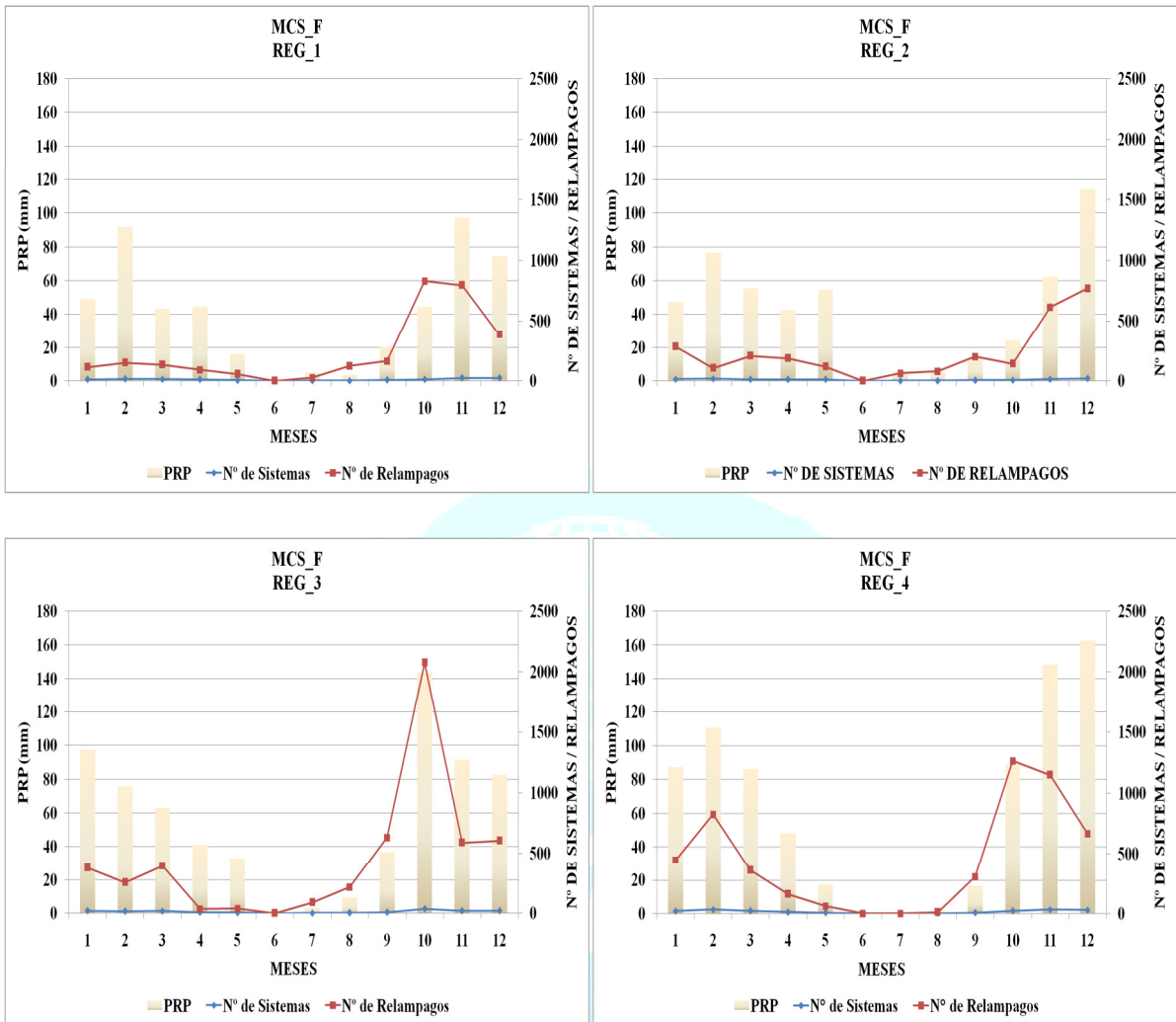
Fonte: Do Autor

Figura 9: Distribuição do número de WICE com relâmpagos no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012 pelo TRMM.



Fonte: Do Autor

Figura 10: Distribuição dos MCS no período de dezembro de 1997 a dezembro de 2001 pelo TRMM



Fonte: Do Autor

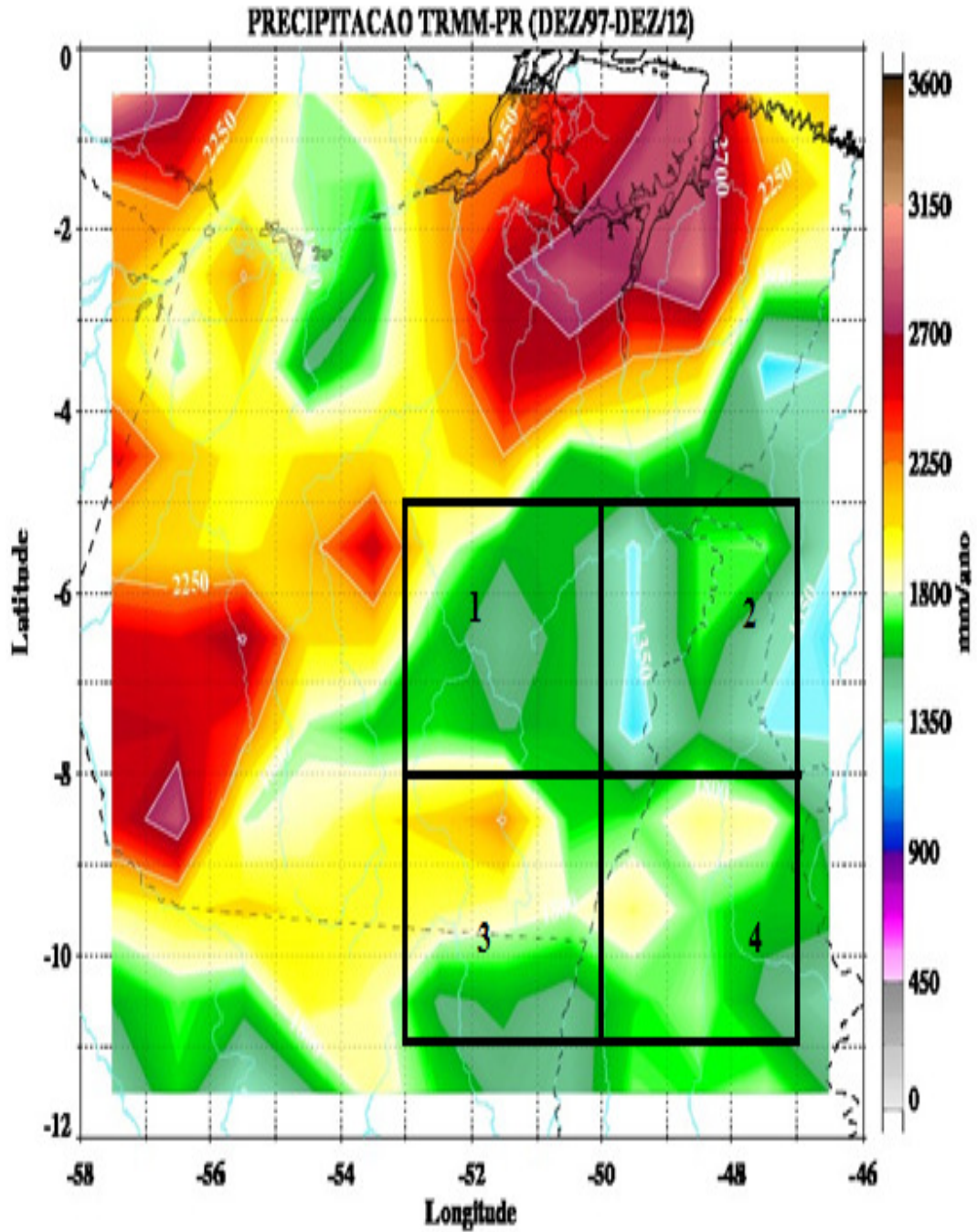
## 5.2 Precipitação da Área de Estudo

### 5.2.1 Médias: Anuais, Trimestrais ou Sazonais e Mestrais.

A Região Amazônica fonte de calor e umidade, um fator muito importante para a distribuição e variabilidade da precipitação. As (Figuras 11, 12 e 13) demonstram claramente, como o índice pluviométrico se distribui perante os anos estudados, período de 15 anos, anualmente, sazonalmente e mensalmente, sendo observadas características bastante peculiares, como o tipo de escoamento no verão. Com a passagem de sistemas meteorológicos, ZCAS e SF, que estabelecem um aumento na convecção, que por sua vez favorece a precipitação. Os índices anuais de precipitação (Figura 11) foram bem expressivos em todas as regiões, com destaque para as REG\_3 e REG\_4 com setores variando entre 2250 mm/ano e 1800 mm/ano a média, respectivamente. Devido à sazonalidade da precipitação (Figura 12) ter sido maior em DJF e SON, a indicação do período entre a primavera e início do verão austral que se faz mais intenso favorecendo intensificação de sistemas meteorológicos.

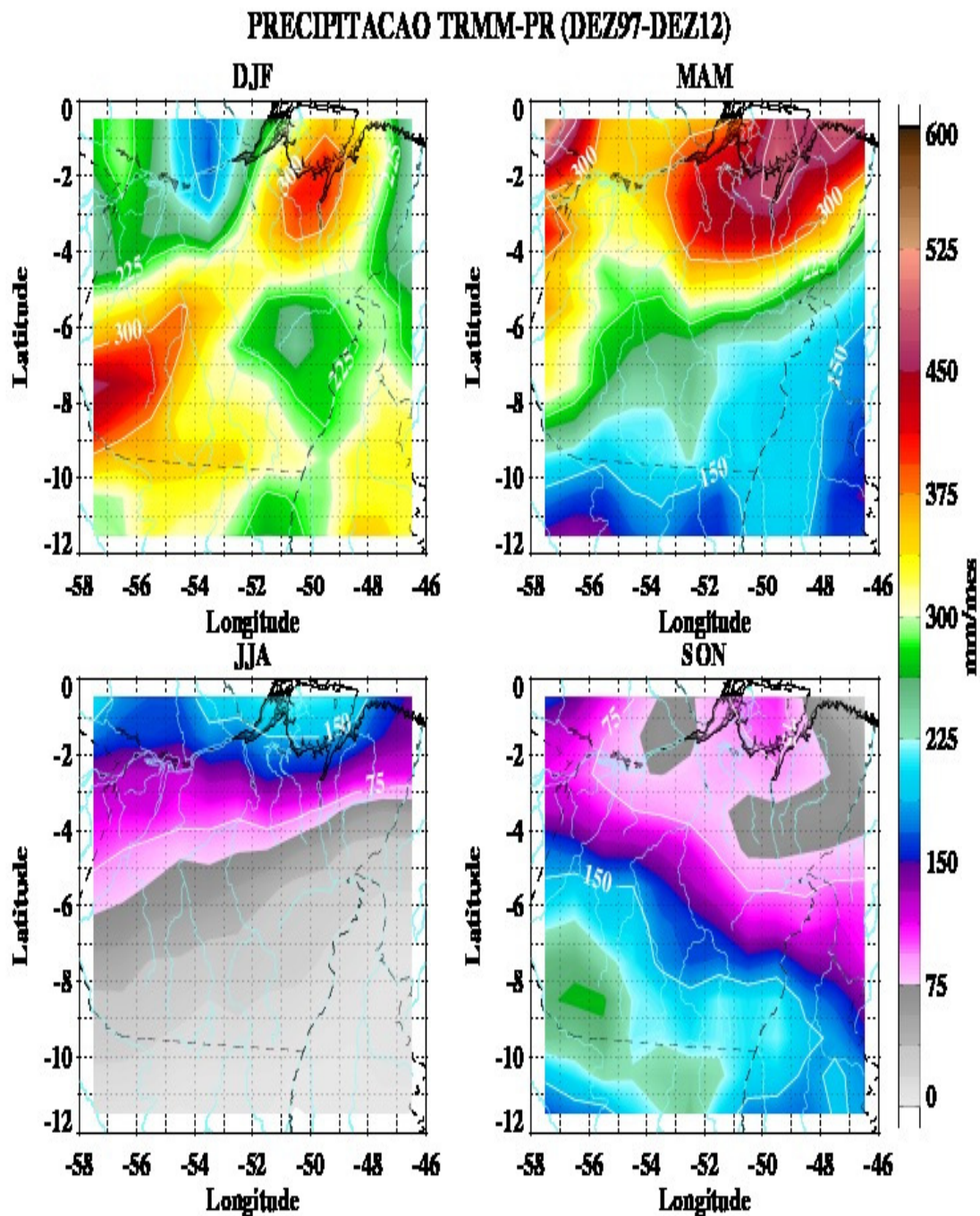
Na Figura 13 a variabilidade mensal foi maior em JFM e OND, a ZCAS pode ter influenciado ou fortalecido por sistemas frontais. A entrada de sistemas frontais pode alcançar as regiões estudadas, favorecendo a PRP. Para MOLION (1987) os sistemas frontais podem penetrar na Amazônia em qualquer época do ano, sendo mais intensos no inverno, organizando a convecção local e influenciando na precipitação, alcançando o Sul do Pará.

Figura 11 - Distribuição media anual da precipitação pelo TRMM – PR do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.



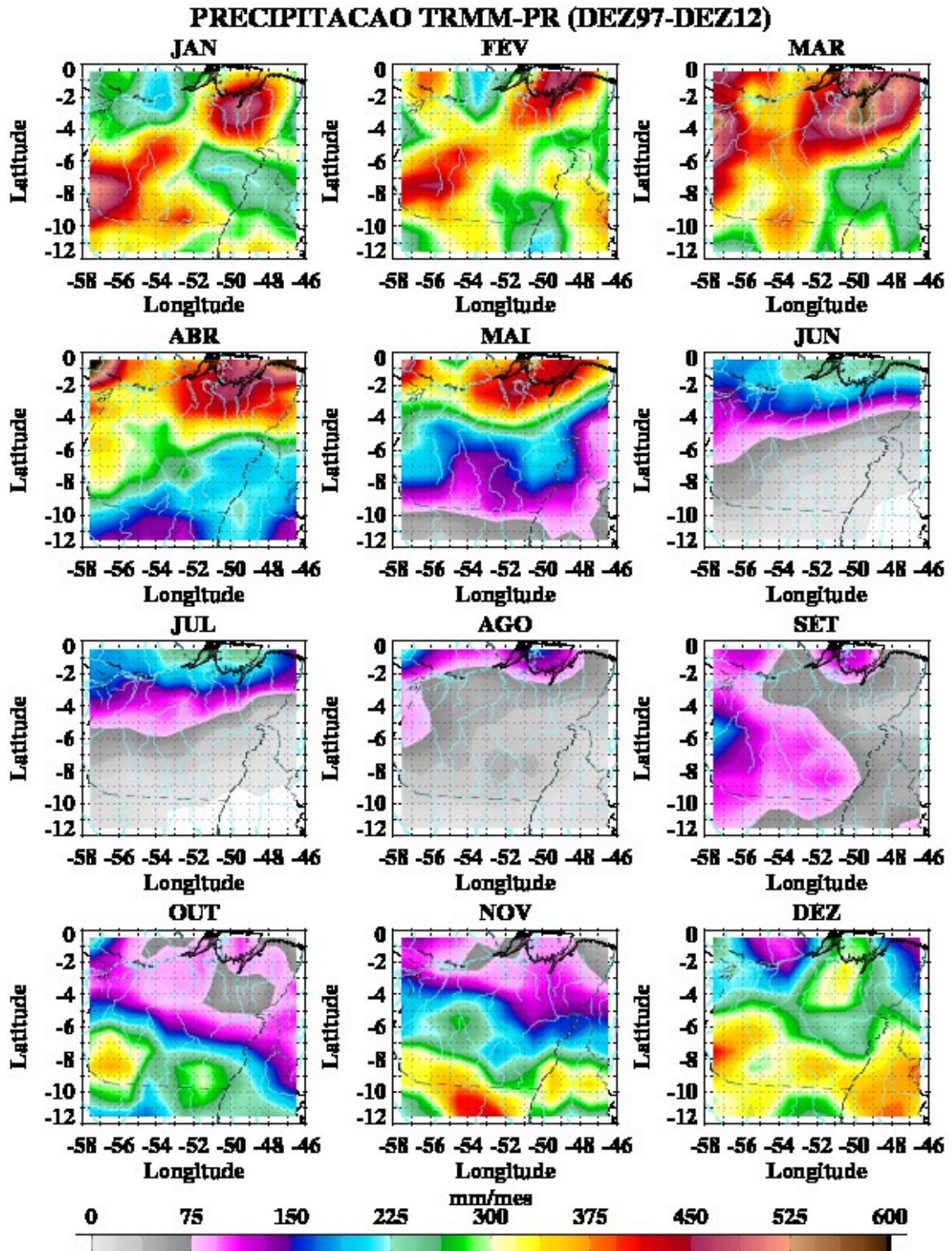
Fonte: Do Autor

Figura 12– Distribuição media sazonal da precipitação (mm/mês) pelo TRMM – PR do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.



Fonte: Do Autor

Figura 13 - Distribuição media anual da precipitação (mm/mês) pelo TRMM – PR do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.



Fonte: Do Autor

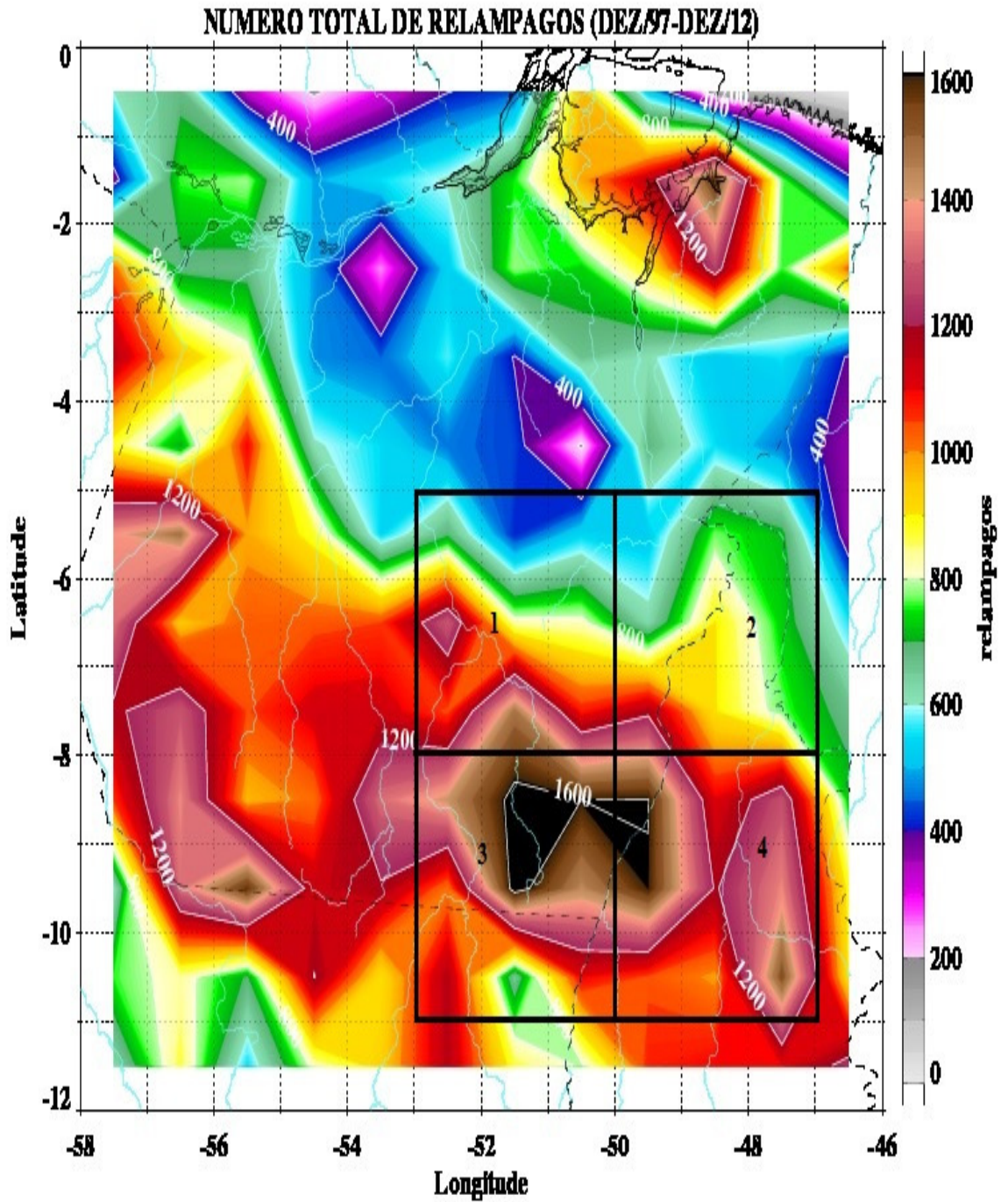
### 5.3 Distribuições dos Relâmpagos nas Áreas de Estudo

A Figura 14 demonstrou que a área de estudo apresenta-se com um elevado número de relâmpagos. Porém, a área de maior destaque corresponde as REG\_3 e REG\_4, com uma incidência de aproximadamente 1600 relâmpagos. Seguidas das áreas REG\_1 e REG\_2 com aproximadamente 800 relâmpagos em média.

A área se encontra sobre forte influência de descargas elétricas se comparadas com áreas que estão mais ao Norte do Estado do Pará, em áreas próximas a Belém, com 1200 relâmpagos. A ocorrência desses relâmpagos pode está ligada a passagem de sistemas meteorológicos como a ZCAS, que também pode influenciar no volume de chuvas. A ZCAS é um fenômeno típico de verão na América do Sul. Sua principal característica é a persistência de uma faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste (NW-SE), cuja área de atuação engloba o centro sul da Amazônia, regiões Centro- Oeste e Sudeste, centro sul da Bahia, norte do Estado do Paraná e prolongam-se até o Oceano Atlântico sudoeste. A ZCAS exerce um papel preponderante no regime de chuvas na região onde atua, acarretando altos índices pluviométricos (Ferreira et al. 2004). O sistema é favorecido pela convecção da Amazônia. Outro sistema seria a chegada até essas regiões, de Sistemas Frontais, além da hipótese desta região que com o passar dos anos foi duramente castigada pelo desmatamento, ter influenciado no aumento de relâmpagos sobre estas regiões.

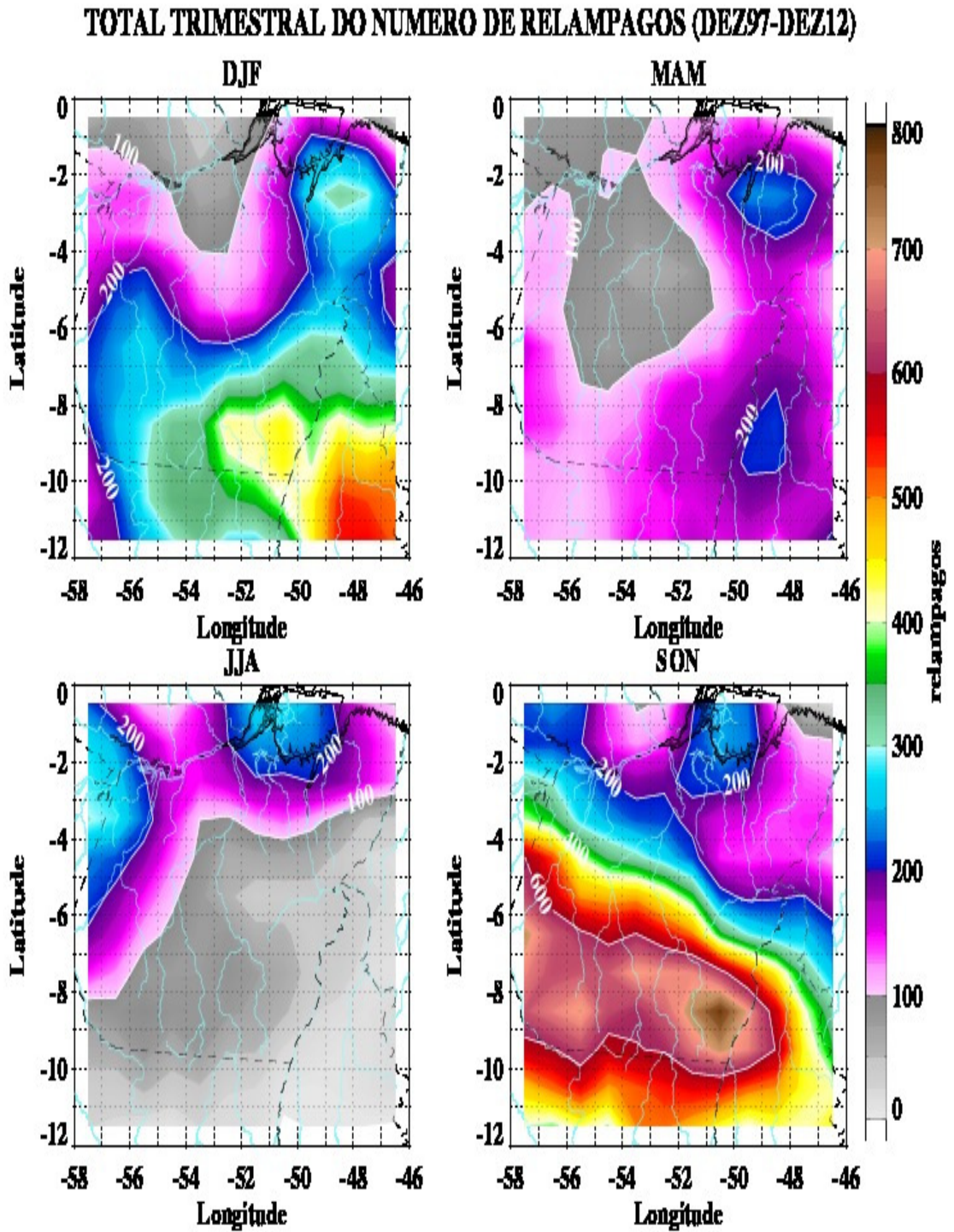
O processo de degradação florestal decorrente dos incêndios está ficando cada vez mais freqüente nas florestas ao longo do arco de desmatamento e principalmente na Amazônia oriental (Alencar et al. 2011). Segundo a (Figura 15) o número de relâmpagos por trimestre demonstrou que os meses de maior ocorrência de relâmpagos foram DJF e SON, com destaque para o último trimestre, com a ocorrência de aproximadamente 600 relâmpagos. O fato dos dois trimestres se sobressaírem pode estar ligado à atuação do padrão normal para este período de fim de primavera e início de verão. A (Figura 16) mostra que o número de relâmpagos observados mensalmente é maior, nos meses JFM e OND que correspondem ao período de incidência de eventos meteorológicos, os quais são mais ocorrentes no verão austral. Na (Figura 17) se destaca comum a área de incidência bem caracterizada sobre a região estudada, onde se apresentou com um maior numero de relâmpagos por km<sup>2</sup> foram a REG\_3, com aproximadamente 8 relâmpagos/km<sup>2</sup> a média, seguida das outras regiões REG\_2, REG\_4 e REG\_1.

Figura 14 - Distribuição média anual do número Total de Relâmpagos pelo LIS do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.



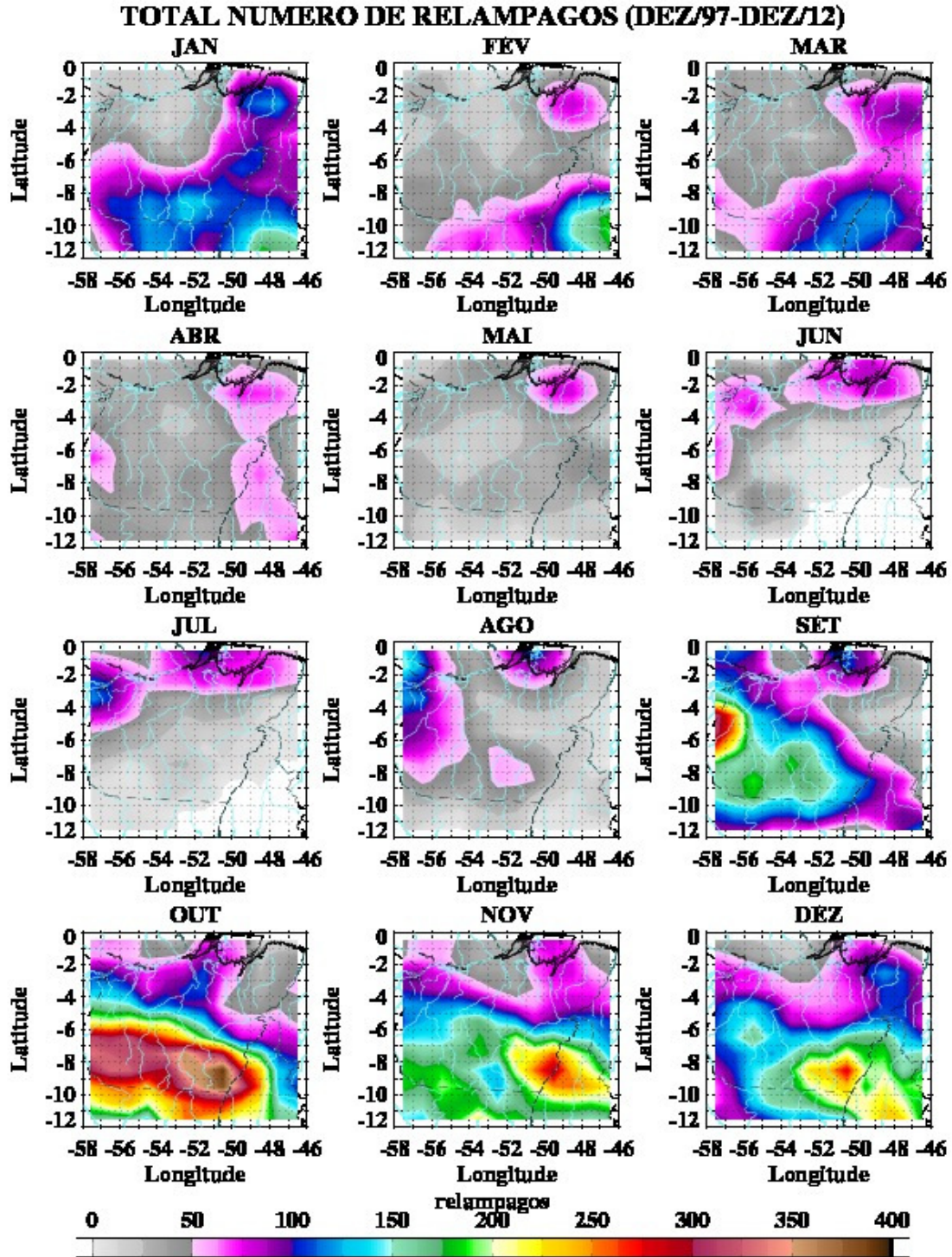
Fonte: Do Autor

Figura 15 - Distribuição média do total trimestral do numero de relâmpagos pelo LIS do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.



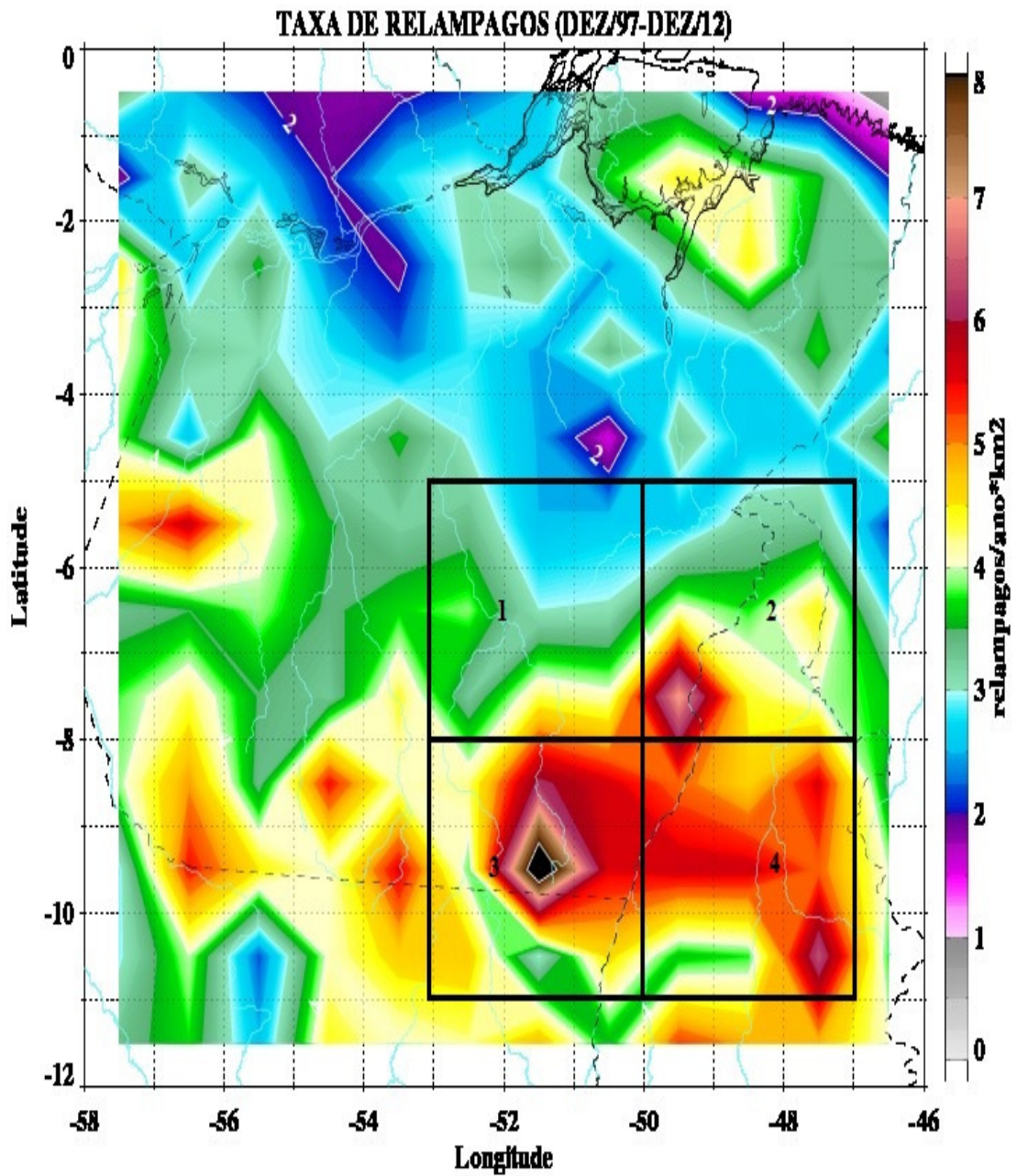
Fonte: Do Autor

Figura 16 - Distribuição média do total mensal do número de relâmpagos pelo LIS do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.



Fonte: Do Autor

Figura 17- Distribuição anual da taxa média de Relâmpagos ao ano/ Km<sup>2</sup>LIS do período de dezembro de 1997 a dezembro de 2012.

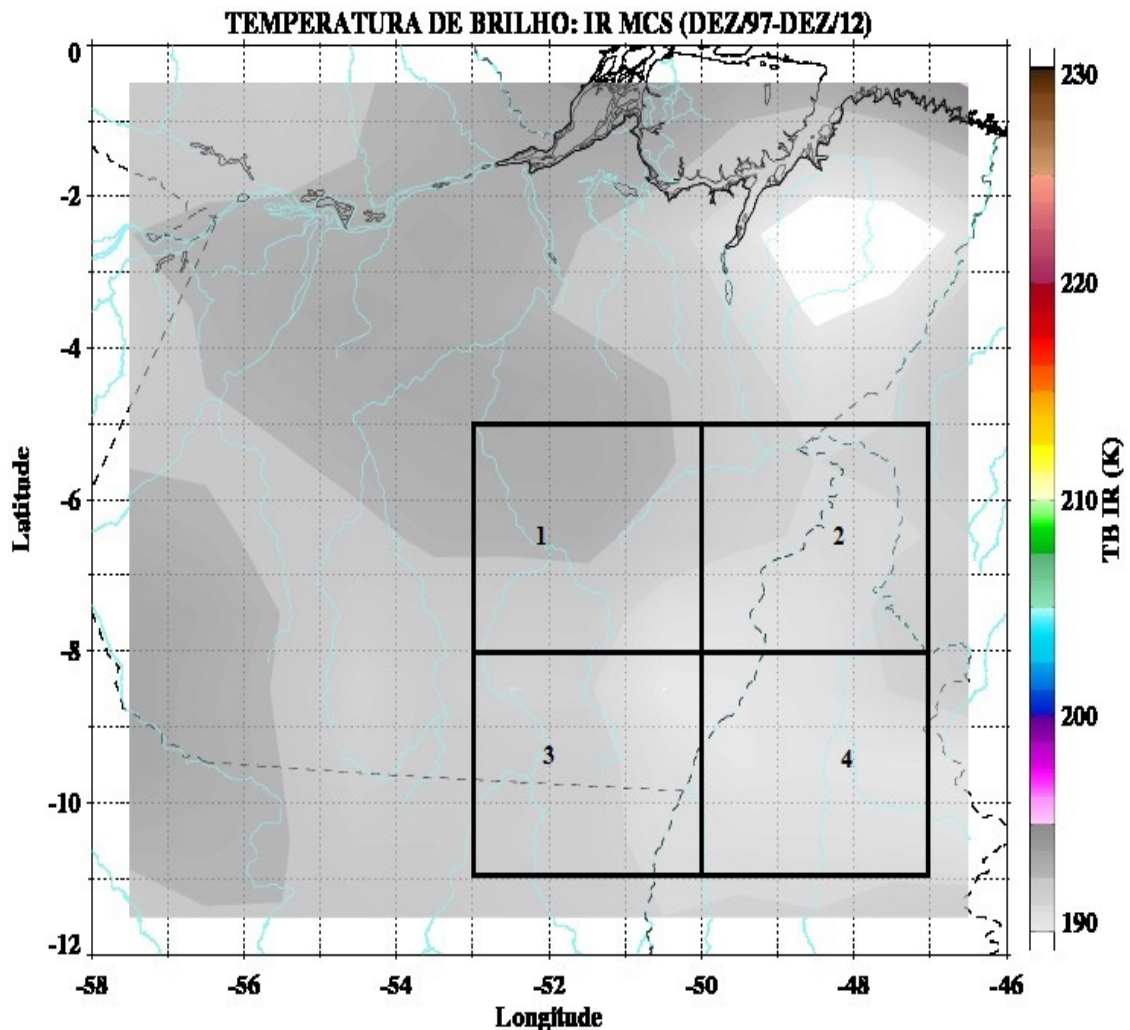


Fonte: Do Autor

#### 5.4 Temperatura de Brilho no canal do Infravermelho

A temperatura de brilho no infravermelho (Figura 18) demonstrou em partes das áreas estudadas temperaturas de 190 K, indicativo de intensos MCSs sobre as regiões. Caracterizando que os sistemas foram mais intensos, mais frios, ou seja, mais convectivos. Os MCSs tem grande influência em sistemas convectivos de Mesoescala, assim como a contribuição de raios nestas regiões. Segundo Mota et. al (2009) observações têm estabelecido que as áreas com maior ocorrência de raios também foram as regiões onde houve uma maior contribuição de MCSs na produção de raios.

**Figura 18: Temperatura de brilho no canal do infravermelho (K) no período de 1997 a 2012 pelo satélite TRMM**

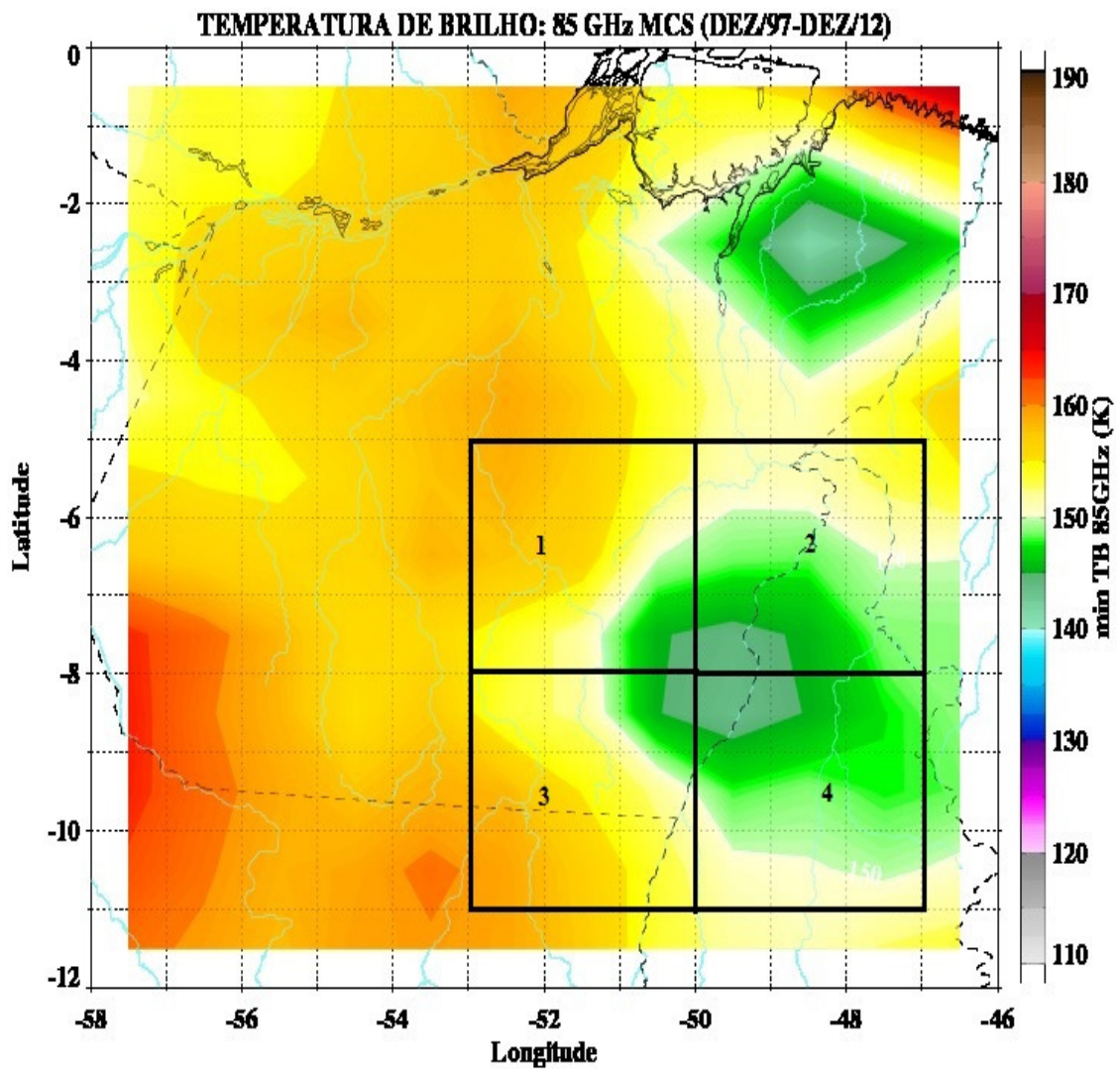


Fonte: Do Autor

### 5.5 Temperatura de Brilho no Canal de Microondas de 85 GHZ

Na Figura 19 de temperatura de brilho no canal do microondas de 85 GHZ mostrou uma temperatura de 140 K sobre a área estudada em algumas partes, ressaltando temperaturas frias, e mais convectiva perante as 4 regiões. Representada pela temperatura de brilho da nuvem que é refletida.

**Figura 19: Temperatura de brilho no canal de 85 GHZ (K) no período de 1997 a 2012 pelo satélite TRMM**

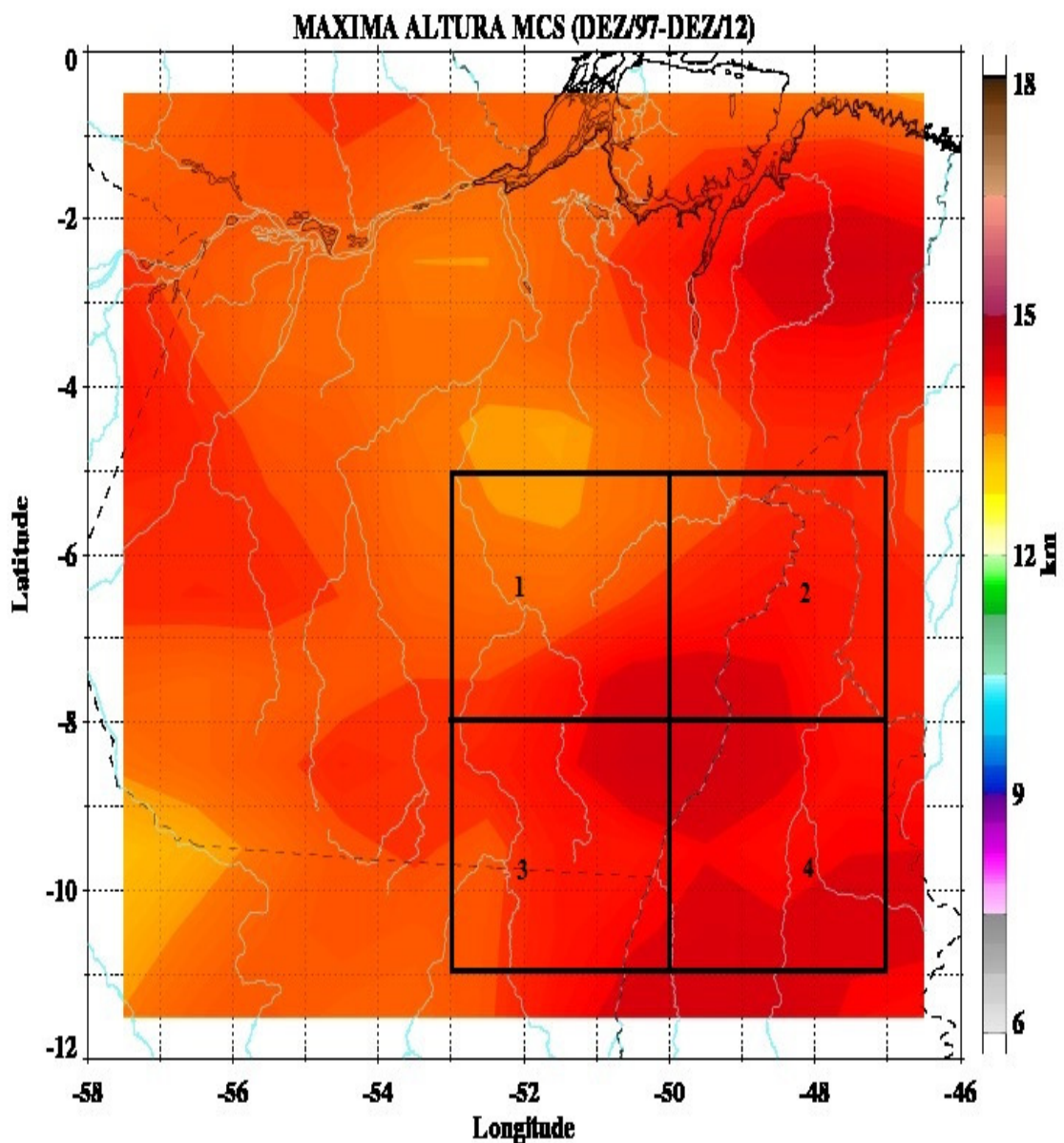


Fonte: Do Autor

### 5.6 Máxima Altura

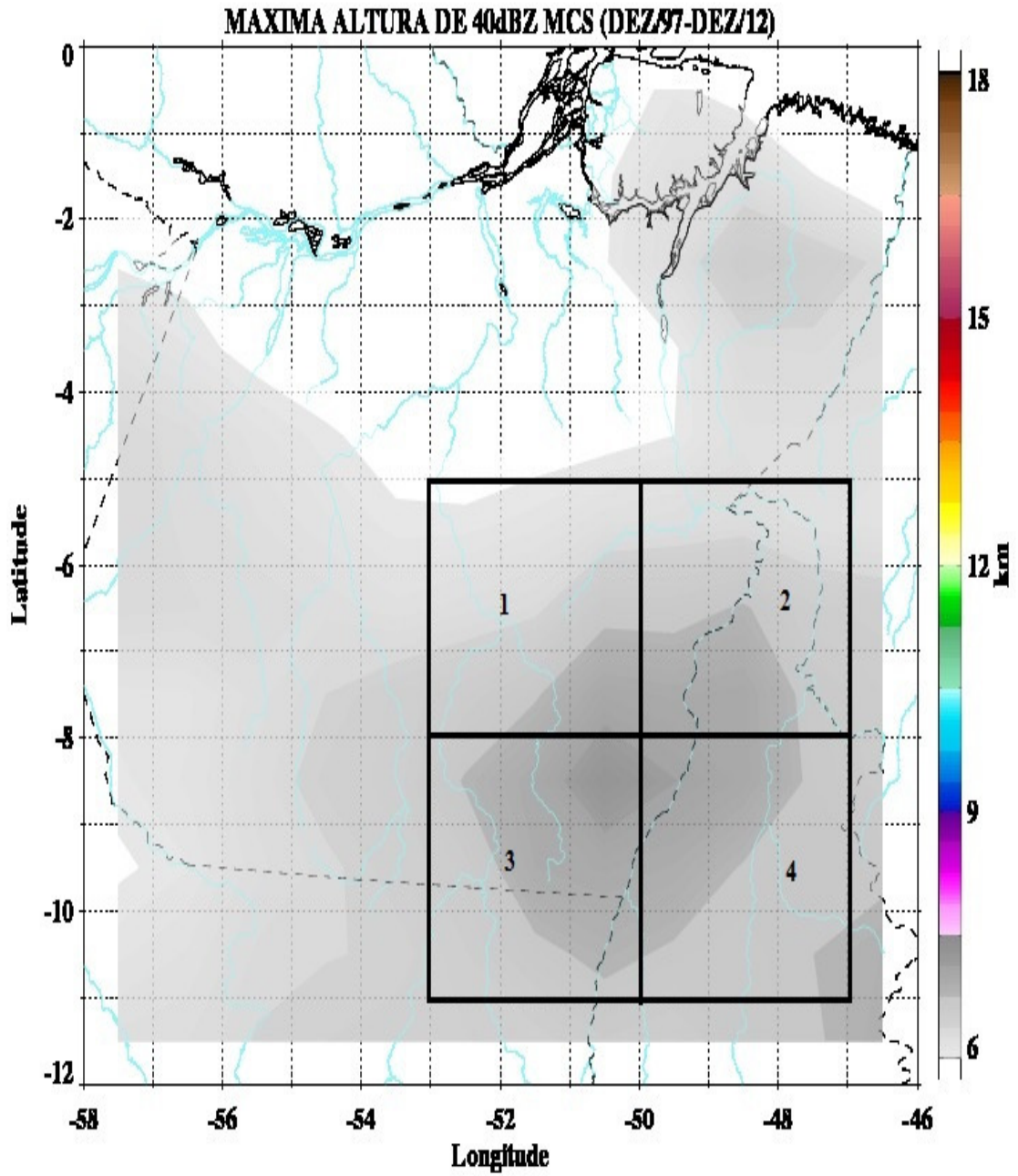
Nas Figuras 20, 21 e 22 indicadas pela máxima altura, e alturas de 30 e 40 DBZ. Indicando a profundidade do sistema, de nuvens profundas com alturas de 15 km, 7 km e 11 km, respectivamente. Nuvens de grande desenvolvimento vertical, provavelmente tipo cumulonimbus. Nuvens de tempestades, caracterizando o MCS, que pode ter colaborado para o grande desenvolvimento vertical, sendo esta área conhecida pelo aparecimento de intensos sistemas.

Figura 20: Altura Máxima dos Sistemas MCS (Km) no período de 1997 a 2012 pelo satélite TRMM.



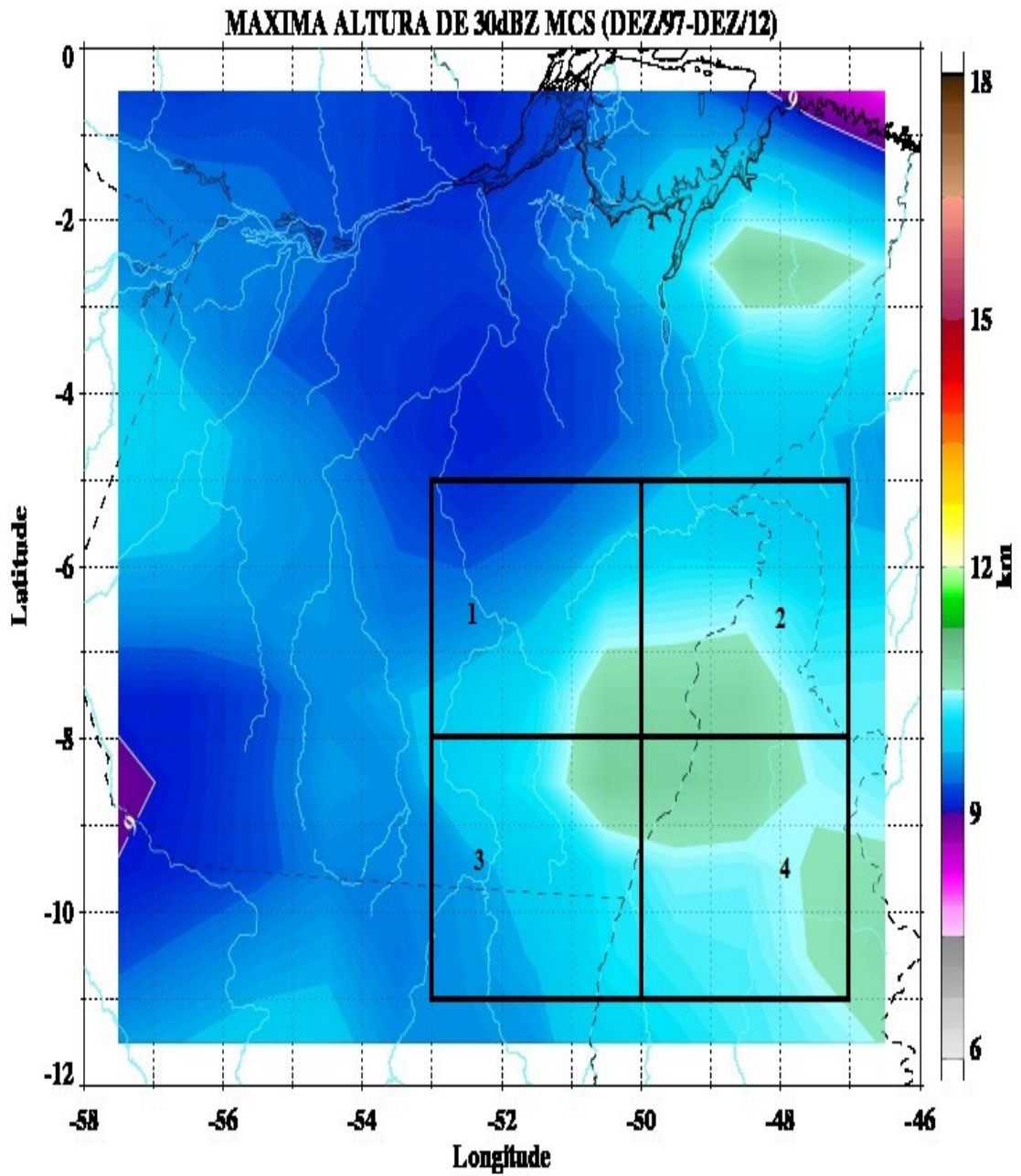
Fonte: Do Autor

Figura 21: Máxima Altura de 40 DBZ (Km) no período de 1997 a 2012 pelo TRMM.



Fonte: Do Autor

Figura 22: Máxima Altura de 30 dBZ (Km) no período de 1997 a 2012 pelo TRMM.



Fonte: Do Autor

## 6 CONCLUSÃO

Durante os anos estudados em um período de 15 anos, as regiões em análise apresentaram um alto índice pluviométrico principalmente sobre as REG\_3 e REG\_4, além de um alto número de ocorrência de relâmpagos nas regiões, assim como o número de sistemas que foram maiores no período chuvoso, a ocorrência de relâmpagos acompanhou o período de maior volume de PRP. Regiões estas favorecidas pelo verão austral, caracterizando a configuração padrão sobre o território Brasileiro durante os meses de maior ocorrência dos sistemas meteorológicos, atuantes neste período. Os sistemas precipitantes mais intensos foram os MCSs, com destaque para as REG\_3 e REG\_4, onde tiveram uma intensidade maior. Vale ressaltar que durante esses meses OND e JFM, é característico da presença das ZCAS e da passagem de Sistemas frontais, que podem adentrar a Região do Sul do Pará, influenciando a variação dos parâmetros meteorológicos. Seguidos dos sistemas com gelo (WICE) que foram elevados, se destacando nas REG\_3 e REG\_4. Os sistemas sem gelo (WOICE) foram os menos intensos com médias de precipitação bem inferiores aos outros sistemas.

Os ALLPFs tiveram um índice pluviométrico bem superior, nas regiões REG\_3 e REG\_4, em comparação com as regiões REG\_1 e REG\_2. As distribuições das médias anuais, sazonais e mensais da PRP mostraram um índice pluviométrico bem elevado sobre as regiões com aproximadamente entre 2250 mm/ano e 1800 mm/ano, sobre as REG\_3 e REG\_4, nos meses de OND e JFM. O número de relâmpagos foi mais ocorrente também nas REG\_3 e REG\_4, com aproximadamente 1600 relâmpagos. Sendo os meses mais incidentes em OND e JFM. E a taxa média ao ano/km<sup>2</sup> foi maior sobre a REG\_3. Como os MCSs com relâmpagos foram os sistemas que mais se destacaram, e por meio de suas temperaturas de brilho no IR e no canal de microondas, e alturas máxima, 85 e 40 DBZ. Que indicaram sistema de alturas profundas, com grande desenvolvimento vertical, com temperaturas baixas, indicativo de nuvens bastante convectivas. As áreas estudadas sofreram com as constantes queimadas durante anos, por isso esta região merece uma atenção maior, fica aqui uma sugestão de um estudo mais detalhado sobre estas regiões para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

- ARTAXO, P. Queimadas deixam o ar da Amazônia mais poluído que o da cidade de São Paulo. **Revista FADESP**, São Paulo, n. 25, p. 6-7, Out. 1997.
- ARTAXO, P., OLIVEIRA, P.H., LARA, L.L., PAULIQUEVIS, T.M., RIZZO, L.V., PIRESJUNIOR, C., PAIXÃO, M.A. (2006). **Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3):168-189.
- ARTAXO, P. et al. **Aerosol Particles in Amazonia: Their Composition, Role in the Radiation Balance, Cloud Formation, and Nutrient Cycles**. American Geophysical Union, 2009. P. 233 – 250. (Amazonia and Global Change Geophysical Monograph Series 186).
- ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DA AERONÁUTICA E DO ESPAÇO (NASA). **Informações sobre os sensores do satélite TRMM**. Disponível em: <[http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview\\_dir/instrumentfacts.html](http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/instrumentfacts.html)>. Acesso em: 15 jun. 2014.
- ALENCAR, A.; ASNER G. P.; KNAPP D. E.; ZARIN D. J., **Temporal variability of forest fires in eastern Amazon**. *Ecological Application* 21:2397-2412. 2011.
- COUTINHO, L.M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J.G. **Ecological studies: Fire in the tropical biota: ecosystem processes and global challenges**, Berlin, Springer-Verlag, 1990.v. 84, p. 82-105.
- FERNANDES, W. A. **Características dos relâmpagos gerados por nuvens de tempestades em ambientes sob a influência das queimadas em Rondônia**, 2005. 182 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2005.
- FERREIRA, N. J., SANCHES, M., DIAS, M. A. F. S. **Composição da Zona de Convergência do Atlântico Sul em Períodos de elNiño e laNiña**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, n.1, 89-98, 2004.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Informações sobre focos de queimadas. Disponível em: <[http://www.inpe.br/queimadas/anima\\_filmes.php](http://www.inpe.br/queimadas/anima_filmes.php)>. Acesso em: 17 de junho de 2014.
- Koren, et, al. **Measurement of the Effect of Amazon Smoke on Inhibition of Cloud Formation**. *SCIENCE*, v 303, 27 de fevereiro de 2004.
- MATOS, E. V. Relações das propriedades físicas das nuvens convectivas com as descargas elétricas. 2009. 245 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2009.
- MOLION, L.C.B. **Climatologia Dinâmica da região Amazônica: Mecanismos de Precipitação**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Rio de Janeiro, Vol. 2. P 107- 117. 1987.
- MOTA et. al. Distribution and Characteristics of Lightning Produced by Mesoscale Convective Systems Within SIPAM'S LDN Coverage Area. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LIGHTNING PROTECTION, 10., 2009, Curitiba.

NESBITT, S. W.; ZISPER E. J.; CECIL, D. J. A Census Of Precipitation Features In The Tropics Using Trmm: Radar, Ice Scattering, And Lightning Observations. *JournalClimate*, V. 13, N. 23, p 4087 – 4106, Dec. 2000.

PINTO JR., O., **A arte da Guerra contra os raios**. Ed. Oficina de texto, 2005. P 5 – 14.

PINTO JR, O., PINTO, I. R. C. A. **Relâmpagos**. Ed: Brasiliense, São Paulo, 1996. P 11 - 38 .

TEIXEIRA, V. A. **CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E DOS SISTEMAS PRECIPITANTES PRODUTORES DE RAIOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL**. 120f. Dissertação mestrado (Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais – PPGCA). Belém - PA, 2010.

WALLACE, M. J; HOBBS, V. P. *Atmospheric science: an introductory survey*. Academic Press, Inc. 2 Edição, 2006.



