



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

NILZELE DE VILHENA GOMES

***ESTUDO COMPARATIVO DA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA
PRECIPITAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL***

Belém – PA
2008

NILZELE DE VILHENA GOMES

**ESTUDO COMPARATIVO DA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA
PRECIPITAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Física Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Galdino Viana Mota

Belém – PA
2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

Gomes, Nilzele de Vilhena

G633e Estudo comparativo da distribuição espaço-temporal da precipitação na Amazônia Oriental. / Nilzele de Vilhena Gomes. – 2008

109 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais.) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências/EMBRAPA/Museu Emílio Goeldi, Belém, 2008.

Orientador: Galdino Viana Mota.

1. Precipitação. 2. *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). 3. 3B42. 4. Caxiuanã. 5. Amazônia Oriental. I.Universidade Federal do Pará II. Mota, Galdino Viana, Orient. III. Título.

CDD 20º ed.: 551.7709811

NILZELE DE VILHENA GOMES

ESTUDO COMPARATIVO DA DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA
PRECIPITAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Data da aprovação: ____/____/____
Conceito:_____

Prof. Dr. Galdino Viana Mota (**Orientador**)
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará - UFPA

Prof. Dr. Everaldo B. de Souza (**Membro**)
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará - UFPA

Prof. Dr. José Henrique Cattânio (**Membro**)
Doutor em Agronomia
Universidade Federal do Pará - UFPA

Dra. Jaci Maria Bilhalva Saraiva (**Membro**)
Doutora em Meteorologia
Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM

À Jesus Cristo, meu Senhor e a minha querida família
Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me dado forças e sabedoria para ter chegado até aqui, sinceramente confesso que em meio a tantos obstáculos que enfrentados no decorrer do desenvolvimento deste trabalho, se não fosse ELE, nada disso seria possível.

Ao meu querido Prof. Dr. Galdino Mota pela paciência e disposição na orientação deste trabalho, e pela oportunidade de usar o Laboratório de Meteorologia Sinótica.

À coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pelas bolsas concedidas no decorrer do mestrado e no período de desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Leonardo Sá e a equipe do escritório do projeto Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) do Museu Paraense Emílio Goeldi; e aos Projetos MILENIOLBA1 e MILENIOLBA2 na pessoa da Prof. Dra. Júlia Cohen pela concessão dos dados para a execução deste trabalho.

Aos Projetos Rede de Monitoramento e Pesquisa de Fenômenos Meteorológicos extremos na Amazônia (REMAM) e Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará (RPCH) pelos computadores utilizados no processamento e desenvolvimento do trabalho.

Aos membros da banca avaliadora desta Dissertação de Mestrado e a prof. Dra. Maria Isabel Vitorino pelas valiosas sugestões.

Ao mestre Dimitrie Nechet pelas valiosas sugestão e pelo o apoio durante a realização deste trabalho

Aos meus pais *Manoel Francisco Gomes e Nilzete Gomes*; e meu irmão *Fábio Gomes* pelo apoio, estrutura, força... E por nunca deixarem de acreditar em mim.

Aos colegas da turma de 2006, especialmente: Daniel, Douglas e Ludmila pelos 4 anos de graduação e 2 anos de mestrado convividos.

Aos amigos do Laboratório de Meteorologia Sinótica da Universidade Federal do Pará Rômulo e Venize, pelo auxílio e pelas conversas que tornaram o ambiente de trabalho agradável durante o desenvolvimento deste trabalho.

As minhas duas queridas grandes amigas *Eliene Rodrigues e Márcia Marques* pelo ombro amigo sempre presente em todos os momentos.

Ao Programa de Premiação de Equipamentos da Comunidade UNIDATA da *University Corporation for Atmospheric Research (UCAR)* através da *National Science Foundation (NSF)* - USA e ao Programa METEOFORUM pelo apoio nos projetos

educacionais na América Latina e pela doação de computadores para o Laboratório de Sinótica.

A coordenação do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, na pessoa do Dr. Leonardo Sá (2006/2007) da Dra. Aurora Mota (2008) e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o final desta jornada.

“Respondeu-lhe Jesus: Amarás o Senhor, teu Deus, de todo o teu coração, de toda a tua alma e de todo o teu entendimento. Este é o grande e primeiro mandamento.”

Mateus 22:37,38

RESUMO

Este trabalho utilizou os dados de precipitação do período de janeiro de 2000 a setembro de 2007 da torre micrometeorológica localizada Estação Científica Ferreira Pena (ECFP) em Caxiuanã e foram comparados com o algoritmo 3B42 que combina dados de satélites no canal de microondas para ajustar aqueles do canal infravermelho. Adicionalmente foi feita uma análise da distribuição temporal e espacial da precipitação na Amazônia Oriental utilizando os dados de cinco algoritmos estimadores de precipitação: *O Geostationary Environmental Satellite Precipitation Index* (GPI); o 3B42; 3A12 e 3A25 que são os algoritmos provenientes dos sensores de microondas e do radar meteorológico à bordo do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM); e o Global Precipitation Climatology Center (GPCC) de janeiro de 1998 a dezembro de 2007. A comparação entre o algoritmo 3B42 com os dados do pluviógrafo da torre mostrou que o estimador 3B42 superestima a precipitação em relação aos dados da torre para todo o período de estudo. Os períodos mais chuvosos foram os trimestres de março-abril-maio (MAM) e dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) e os períodos menos chuvosos foram setembro-outubro-novembro (SON) e junho-julho-agosto (JJA). Esta sazonalidade da precipitação se apresenta principalmente devido à influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que contribui de maneira apreciável para a modulação da estação chuvosa na região. A comparação trimestral entre o algoritmo 3B42 e pluviógrafo da torre, mostra que o algoritmo 3B42 superestimou (subestimou) a precipitação em relação ao pluviógrafo em MAM e JJA (DJF e SON); e DJF é o trimestre que apresenta as estimativas de precipitação com valores mais aproximados a precipitação medida na torre micrometeorológica de Caxiuanã. Na média mensal o 3B42 subestima a precipitação de outubro a janeiro e superestima em relação aos dados medidos na torre, de março a agosto. O algoritmo 3B42 superestimou (subestimou) a precipitação noturna (matutina e vespertina) do ciclo diurno em relação ao pluviógrafo da torre, nas vizinhanças de Caxiuanã. No entanto ambos estimadores mostraram que em média o horário de maior precipitação é por volta das 1800 hora local (HL). Além disso, as análises do ciclo diurno médio sazonal indicam que em DJF nos horários de 0900 HL, 1500 HL e 1800HL têm os valores de precipitação estimada pelo algoritmo 3B42 mais aproximados aos valores da precipitação medida pontualmente em Caxiuanã. Os meses de novembro a fevereiro têm um máximo principal de precipitação no período vespertino, tanto na torre como no algoritmo 3B42. No período de maio à julho o horário os máximos diurnos de precipitação passam do período da tarde para os da noite e madrugada, modificando o ciclo diurno em comparação aos demais meses. A comparação

entre os cinco algoritmos na Amazônia Oriental mostrou diferentes comportamentos entre os estimadores. O algoritmo GPI subestimou a precipitação em relação aos demais algoritmos na região costeira do Amapá e Guiana Francesa e superestimou na região central da Amazônia. Tanto o algoritmo 3A12 quanto o 3A25 apresentaram menor precipitação que os demais algoritmos. O algoritmo 3B42, por ser uma combinação de várias estimativas baseadas no canal de microondas e infravermelho, apresenta padrões semelhantes a Figueroa e Nobre (1990). No entanto, o GPCC mostra menos detalhes na distribuição espacial de precipitação nos lugares onde não há pluviômetros como, por exemplo, no Noroeste do Pará. As diferenças entre os algoritmos aqui considerados podem estar relacionados com as características de cada algoritmo e/ou a metodologia empregada. As comparações pontuais de precipitação de um pluviômetro com a média numa área com dados provenientes de satélites podem ser a explicação para as diferenças entre os estimadores nos trimestres ou ciclo diurno. No entanto não se descartam que essas diferenças sejam devidas à diferente natureza da precipitação entre as subregiões, assim como a existência de diferentes sistemas que modulam o ciclo diurno da precipitação na Amazônia Oriental

Palavras-chave: Precipitação. *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). 3B42. Caxiuanã. Amazônia Oriental.

ABSTRACT

This work used precipitation data during January 2000 to September 2007 from the gauge on the micrometeorological tower located in the Ferreira Pena Scientific Station in the Caxiuanã forest. This data was compared with the 3B42 algorithm, an estimate based on microwave to adjust infrared measurements. Additionally, the comparisons were extended to the Eastern Amazonia using five algorithms: The *Geostationary Environmental Satellite Precipitation Index* (GPI); the 3B42; 3A12 and 3A25 that are based on the sensors of microwave and radar from the *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) satellite; and the Global Precipitation Climatology Center (GPCP), from January 1998 to December 2007. The comparison between the 3B42 estimates with the gauge showed that the 3B42 algorithm overestimates the precipitation from the gauge for all period. The rainy trimonthly periods were in March-April-May (MAM) and December-January-February (DJF) and the less rainy periods were September-October-November (SON) and June-July-August (JJA). This seasonality of precipitation is caused by the different meteorological systems over the region, especially the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) which modulates the rainy season over the region. The seasonal analyses showed that the 3B42 algorithm overestimates (underestimates) the rainfall compared with the gauge in MAM and JJA (DJF and SON); and DJF is the quarter what the estimates of precipitation is closer regarding the gauge measure in micrometeorology tower of Caxiuanã. In the monthly averages, the 3B42 algorithm underestimates the rainfall from October to January and overestimates from March to August compared to the gauge. The 3B42 algorithm overestimated (underestimated) the nocturnal (the morning and the afternoon) precipitation compared to the gauge in the six grids around Caxiuanã Reservation. However, both data showed the maximum period of precipitation of the diurnal cycle around 18:00 local time (LT). Also, the analysis of diurnal cycle seasonal average indicate what in DJF to 0900 LT, 1500 LT and 1800 LT have a precipitation estimated for 3B42 algorithm closer to gauge measured punctually in Caxiuanã. The months of November to February have a major maximum of precipitation in the afternoon in both datasets. In the period from May to July the maximum of precipitation becomes nocturnal and in the early morning, changing the diurnal cycle compared to the other months. The comparisons between the five algorithms over the Eastern Amazonia showed different behaviors among the estimators. The GPI algorithm underestimated the precipitation compared to the other algorithms in the Amapá state and French Guyana; and overestimated in central area of Amazonia. Both estimators from TRMM satellite the 3A12 and 3A25

algorithms, presented less precipitation than the other algorithms. The 3B42 algorithm presented similar pattern of precipitation as that showed by Figueroa e Nobre (1990). However, the GPCC estimator showed less details in the spatial distribution of rainfall in the Northwest of Pará state. The differences between the algorithms here considered might be related to the characteristics of each algorithm and/or the methodology used. The comparison between a locally data from the gauge with the averaged data from satellites might be the explanation for the discrepancies in the seasons or in the diurnal cycle. However, the differences could be due to the differences of the nature of precipitation among the subregions; as systems modulating the diurnal cycle of rainfall over the Eastern Amazonia.

Key words: Precipitation. *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). 3B42. Caxiuanã. Eastern Amazonia.

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Área de estudo e localização das estações pluviométricas utilizadas no estudo de Figueroa e Nobre (1990).....	27
FIGURA 2 - Distribuição anual da precipitação na Amazônia segundo Figueroa e Nobre (1990), adaptada por Mota (2003).....	28
FIGURA 3 - Distribuição sazonal da precipitação na Amazônia. (a) dezembro-janeiro-fevereiro, (b) março-abril-maio (c) junho-julho-agosto, (d) setembro-outubro-novembro segundo Figueroa e Nobre (1990).....	29
FIGURA 4- Área de Estudo: mapa da Amazônia Oriental com rios e topografia (m) para: (a) Amazônia Oriental, (b) Região da Bacia de Caxiuanã, seis grades em torno da Torre Micrometeorológica localizada na Estação Ferreira Pena.....	34
FIGURA 5 -- Ilustrações da órbita e ângulo de precessão do satélite TRMM. (a) Cobertura Global em 24 horas; (b) cobertura em 48 horas e (c) Ilustração do ângulo de precessão.....	37
FIGURA 6- Localização das 50.026 estações utilizadas para os cálculos do GPCC, destacando a área de estudo.....	39
FIGURA 7 - (a) Torre Micrometeorológica de 54 m de altura na Floresta de Caxiuanã,-PA. (b) Pluviógrafo do modelo TB4-L Rain Gauge da Campbell Scientific instalada na torre micrometeorológica de Caxiuanã.....	40
FIGURA 8 - Diferença (%) da precipitação média trimestral mensal estimada pelo 3B42 e medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã.....	45
FIGURA 9 – Média sazonal da precipitação medida na torre em Caxiuanã e estimada através do algoritmo- 3B42 nos setores caxi_NW, caxi_SW, caxi_N, caxi_S, caxi_NE e caxi_NE.....	45
FIGURA 10 – Diferença (%) da precipitação média mensal estimada pelo 3B42 e medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã.....	46
FIGURA 11 - Média mensal da precipitação medida na torre micrometeorológica em caxiana e estimada através do algoritmo 3B42 nos setores caxi_NW, caxi_SW, caxi_N, caxi_S, caxi_NE e caxi_NE.....	46
FIGURA 12 – Diferença (em %) entre o ciclo diurno médio total da precipitação estimada pelo 3B42 e a precipitação medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã.....	48
FIGURA 13 - Ciclo diurno médio anual da precipitação medida na torre em Caxiuanã e estimada através do algoritmo- 3B42 nos setores caxi_NW, caxi_SW, caxi_N, caxi_S, caxi_NE e caxi_NE.....	48
FIGURA 14 – Diferença (em %) entre o ciclo diurno médio trimestral da precipitação estimada pelo 3B42 e a precipitação medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã.....	50

FIGURA 15- Ciclo diurno médio sazonal da precipitação medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã e estimada através do algoritmo- 3B42 nos setores caxi_NW, caxi_SW, caxi_N, caxi_S, caxi_NE e caxi_N.....	52
FIGURA 16 - Ciclo diurno médio mensal da precipitação medida na torre em Caxiuanã e estimada através do 3B42 nos setores caxi_NW, caxi_SW, caxi_N, caxi_S, caxi_NE e caxi_NE.....	54
FIGURA 17 - Distribuição média anual da precipitação na Amazônia Oriental através do 3B42 (Canal de Microondas combinado com cana Infravermelho).....	57
FIGURA 18 - Distribuição média anual da precipitação na Amazônia Oriental através do GPCC (pluviômetros).....	57
FIGURA 19 - Distribuição média anual da precipitação na Amazônia Oriental através do GPI (Infravermelho).....	58
FIGURA 20 - Distribuição média anual da precipitação na Amazônia Oriental através do 3A25 (Radar).....	58
FIGURA 21- Distribuição média anual da precipitação na Amazônia Oriental através do 3A12 (Microondas).....	59
FIGURA 22- Distribuição média trimestral (DEZEMBRO-JANEIRO– FEVEREIRO) da precipitação na Amazônia Oriental através do 3B42 (a), GPI (b), GPCC (c), 3A25 (d) e 3A12 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	61
FIGURA 23- Distribuição média trimestral (MARÇO-ABRIL–MAIO) da precipitação na Amazônia Oriental através do 3B42 (a), GPI (b), GPCC (c), 3A25 (d) e 3A12 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	62
FIGURA 24 - Distribuição média trimestral (JUNHO-JULHO–AGOSTO) da precipitação na Amazônia Oriental através do 3B42 (a), GPI (b), GPCC (c), 3A25 (d) e 3A12 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	63
FIGURA 25 - Distribuição média trimestral (SETEMBRO-OUTUBRO–NOVEMBRO) da precipitação na Amazônia Oriental através do 3B42 (a), GPI (b), GPCC (c), 3A25 (d) e 3A12 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	64
FIGURA 26- Distribuição média da precipitação na Amazônia Oriental para o mês de JANEIRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	67
FIGURA 27- Distribuição média da precipitação na Amazônia Oriental para o mês de FEVEREIRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	68
FIGURA 28- Distribuição média da precipitação na Amazônia Oriental para o mês de MARÇO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	69

FIGURA 29- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de ABRIL através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	70
FIGURA 30- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de MAIO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	71
FIGURA 31- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de JUNHO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	72
FIGURA 32- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de JULHO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	73
FIGURA 33- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de AGOSTO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	74
FIGURA 34- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de SETEMBRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	75
FIGURA 35- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de OUTUBRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	76
FIGURA 36- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de NOVEMBRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	77
FIGURA 37- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de DEZEMBRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	78
FIGURA 38- Distribuição média mensal da precipitação rasa na Amazônia Oriental através do algoritmo 3A25 do período de janeiro de 1998 a dezembro 2007.....	79
FIGURA 39- Distribuição do ciclo diurno médio anual da precipitação na Amazônia Oriental pelo algoritmo 3B42 do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.....	81

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1- Número de dias com falhas nos dados de precipitação medidos na torre micrometeorológica de Caxiuanã durante o período de janeiro de 2000 a setembro de 2007.....	40
TABELA 2- Média da precipitação (mm/ano) na região de Caxiuanã, pelo de pluviógrafo da torre(caxi_torre) e das estimativas do 3B42 das grades em torno da Baía de Caxiuanã no período de 01 de janeiro de 2000 a 30 de setembro de 2007. Também são apresentadas as diferenças percentuais do 3B42 versus pluviógrafo da torre e as médias da precipitação pelo 3B42 no período de 01 de janeiro de 1998 a 31 de dezembro de 2007.....	43

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABLE	Amazon Boundary Layer Experiment
ABRACOS	Anglo-Brasilian Amazonian Climate Observation Study
AMSU-B	Advanced Microwave Sounding Radiometer
AMSR-E	Advanced Microwave Scanning Radiometer
ARME	Amazon Region Micrometeorological Experiment
BOS	Sistemas que ocorrem na bacia
CERES	Clouds and the Earth's Radiant Energy System
COS	Sistemas que ocorrem na costa
DJF	Dezembro-janeiro-fevereiro
GOES	Geostationary Environmental Satellite
GPCC	Global Precipitation Climatology Center
GPI	<i>GOES Precipitation Index</i>
HL	Hora Local
JJA	Junho-julho-agosto
LBA	Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia
LI	Linha de Instabilidade
LIS	Lightning Imaging Sensor
LOS	Sistemas de ocorrência local
MAM	Março-abril-maio
N	Norte
NE	Nordeste
NW	Noroeste
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PR	Precipitation Radar
S	Sul
SCM	Sistema Convectivo de Mesoescala
SE	Sudeste
SON	Setembro-outubro-novembro
SSM/I	Special Sensor Microwave Imager
SW	Sudoeste
T_b	Temperatura de brilho
TIROS	Television and InfraRed Observation Satellite

TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission
TMI	TRMM Microwave Imager
VIRS	Visible and Infrared Scanner
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
WCRP	World Climate Research Program

SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO..... 20
1.1	REFERENCIAL TEÓRICO..... 23
1.2	OBJETIVOS..... 32
1.2.1.	Objetivo Geral..... 32
1.2.2	Objetivos Específicos..... 32
2	DADOS E METODOLOGIA..... 33
2.1	DADOS..... 33
2.1.1	Estimativas dos Satélites geoestacionários: <i>GOES</i> <i>Precipitation Index (GPI)</i>..... 35
2.1.2	Estimativa do Satélite <i>Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)</i> 35
2.1.2.1	Aspectos gerais..... 35
2.1.2.2	Os algoritmos 3A25 e 3A12..... 37
2.1.3	Estimativa do algoritmo 3B42..... 38
2.1.4	Global Precipitation Climatology Center (GPCC)..... 38
2.1.5	Dados Pluviométricos da Torre Micrometeorológica de Caxiuanã..... 39
2.2	METODOLOGIA..... 41
3	ANÁLISES DOS RESULTADOS..... 43
3.1	PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DE CAXIUANÃ..... 43
3.1.1	Medias: anual, trimestral e mensal. 43
3.1.2	Ciclo diurno da precipitação média em Caxiuanã e vizinhança..... 47
3.1.2.1	Total..... 47
3.1.2.2	Trimestral..... 49

3.1.2.3	Mensal.....	53
3.2	DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	56
3.2.1	Distribuição Anual.....	56
3.2.2	Distribuição Trimestral.....	59
3.2.3	Distribuição Mensal.....	65
3.2.4	Ciclo diurno da Precipitação na Amazônia Oriental.....	80
4	CONCLUSÕES.....	82
4.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	83
	REFERENCIAS.....	85
	ANEXO(S)	92

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia compreende nove países da América do Sul: Brasil, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana, Guiana Francesa, Equador, Peru e Bolívia. A maior parte do seu território encontra-se no Brasil, abrangendo os Estados do Amazonas, Pará, Amapá, Acre, Roraima, Rondônia, Tocantins, oeste do Maranhão e norte do Mato Grosso.

A região Amazônica é uma das regiões de maior atividade convectiva do planeta, constituindo assim fonte de umidade e calor que são importantes para os diversos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na interação biosfera-atmosfera local e de regiões remotas. O conhecimento das diversas componentes envolvidas nessa interação é fundamental para a previsão da evolução do clima e da sustentabilidade dos seus ecossistemas como um todo, assim como para tomada de decisão sobre as políticas públicas mais adequadas para minimização de impactos danosos irreversíveis.

Diversos experimentos meteorológicos foram realizados na Amazônia, como o *Amazon Region Micrometeorological Experiment* (ARME) de 1983 a 1985; o *Amazon Boundary Layer Experiment* (ABLE) de 1985 a 1987; e o *Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study* (ABRACOS) de 1990 a 1994, a fim de aprimorar o conhecimento do clima da região.

O Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) tem como objetivo a compreensão do clima e da hidrologia da Amazônia, além do impacto e das interações entre a Amazônia e o complexo sistema biogeofísico da terra. O subprojeto do grupo de meteorologia da Universidade Federal do Pará inserido no projeto Milênio LBA-UFGPA deu continuidade nas coletas de dados meteorológicos nos ecossistemas de manguezal, floresta nativa, pastagem e cultivo agrícola, respectivamente nas localidades de Bragança, Caxiuanã, Soure e Igarapé-Açu, todas localizadas na Amazônia Oriental. A partir de 2006 iniciou-se o projeto MilênioLBA2 (Integração de Abordagens do Ambiente, Uso da Terra e Dinâmica Social na Amazônia: as Relações Homem Ambiente e o Desafio da Sustentabilidade), que tem como um dos seus objetivos estudar a variabilidade espacial e temporal da precipitação a partir dos dados de pluviômetros ou pluviógrafos e das estimativas de satélites. As campanhas intensivas e as coletas contínuas de dados meteorológicos e hidrológicos realizadas na Amazônia têm buscado suprir a deficiência de dados na região,

possibilitando diagnosticar vários processos físicos envolvidos no sistema solo – planta – água- atmosfera.

A precipitação, componente aéreo do ciclo hidrológico, é o principal elemento meteorológico nos trópicos. Tendo isso em vista, é importante o conhecimento da sua distribuição e variabilidade na Amazônia; sendo de suma importância para o melhor entendimento dos sistemas locais, de meso e grande escala que atingem a região. Marengo (1992) mostra que a distribuição da precipitação também está sincronizada com as variações das descargas do Rio Amazonas e seus afluentes; que vem a ser a maior bacia hidrográfica do mundo representando 16-20% do total de água doce na superfície do planeta. Esta percentagem é significativa uma vez que a água doce constitui somente 2,95% (aproximadamente) do volume total de água na terra, sendo que $\frac{3}{4}$ do total estão concentrados nos glaciares e calotas de gelo (POSTEL et. al., 1996 apud FREITAS e CASTRO JÚNIOR, 2006); além de ser via de transporte para os diversos municípios adjacentes. Segundo Molion (1987) a produção agrícola na Região amazônica é controlada principalmente pela quantidade e distribuição de chuva. As características do regime de precipitação também influenciam variações na temperatura e umidade do ar, nebulosidade e quantidade de radiação incidente à superfície.

Uma melhor compreensão da variabilidade espaço-temporal das variáveis meteorológicas como, por exemplo, a precipitação; auxilia tanto no planejamento da ação de combate à degradação do meio ambiente, quanto fornece elementos para a preservação e desenvolvimento sustentável de uma região de modo a lidar com episódios adversos (NOBRE, SELLERS e SHUKLA 1991). Em virtude da importância da precipitação na Amazônia, vários estudos foram realizados para analisar sua distribuição espaço-temporal (FIGUEROA e NOBRE, 1990; LIEBMAN e MARENGO, 2001; MOTA, 2003).

Diversos trabalhos mostram que dentro do território amazônico existem diferenças significativas na distribuição temporal, espacial e da natureza da precipitação de um lugar para o outro da região (NIMER, 1979; MOLION, 1987; MOTA, 2003; MARENGO et al., 2001; MARENGO, 2005). No entanto, o conhecimento acurado da distribuição espaço-temporal da precipitação em uma região é totalmente dependente de uma densa rede de pluviômetros. Porém, isto ainda não é completamente observado, quer seja pela inacessibilidade às vastas áreas da região ou pelo imenso custo da instalação e manutenção de radares meteorológicos para descrever detalhadamente a distribuição espaço-temporal da precipitação na Amazônia.

Alternativamente são utilizados, a fim de descrever o perfil da precipitação na América do Sul, dados estimados por satélites meteorológicos (NEGRI e ADLER, 2002; MOTA, 2002; MOTA, 2003; GOMES, MOTA e ARTAXO, 2006). O uso de dados provenientes de satélites meteorológicos para a estimativa da precipitação, identificação e caracterização de sistemas precipitantes proporciona importante contribuição no entendimento da distribuição e variação, e.g., dos aerossóis e da convecção tropical – parâmetros inerentes ao complexo sistema biosfera-atmosfera (MORAES et al., 2006; ARTAXO et al., 2006; SILVA DIAS, 2006). Além disso, as estimativas de precipitação através de satélites podem servir como uma ferramenta favorável na substituição de falhas no conjunto de dados de chuva medida que são utilizados como dados de entrada em modelos numéricos meteorológicos.

Portanto, este trabalho propõe analisar e comparar as estimativas de precipitação provenientes de satélites meteorológicos nos canais: infravermelho, microondas passivo e de radar com os dados medidos por pluviômetros e pluviógrafo na Amazônia Oriental; e em uma maior resolução comparar as estimativas de precipitação no canal de microondas com os dados medidos na Floresta de Caxiuanã, localizada no município de Melgaço no Estado do Pará, a fim de contribuir no melhor entendimento da distribuição da precipitação e análise comparativa entre as diversas fontes de dados.

1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

A Região Amazônica possui uma atmosfera com grande atividade convectiva, devido à grande disponibilidade de vapor d'água e energia solar que chega à superfície, sendo uma das mais importantes fontes de calor latente do planeta (MOHR, FAMIGLIETTI e ZIPSER, 1999).

As variações pluviométricas na Amazônia Oriental é principalmente modulada por mecanismos de escala interanual como o El Niño Oscilação Sul (ENOS) que na sua fase negativa é denominado El Niño e é definido como o aquecimento anômalo das águas superficiais do Pacífico Equatorial Tropical e a fase positiva do ENOS, denominado La Niña, é por sua vez o resfriamento anômalo das águas superficiais do Pacífico Equatorial Tropical. O El Niño/La Niña está associado com as anomalias negativas/positivas de precipitação na Amazônia Oriental, principalmente no verão austral (ACEITUNO, 1988).

Na escala intrasazonal o a Oscilação de Madden-Julian é o principal mecanismo modulador de precipitação na Amazônia Oriental. A Oscilação de Madden-Julian é definida como uma onda de escala planetária que se propaga para leste com máxima atividade na região equatorial; esta oscilação ocorre num período de 30 a 70 dias, e estão associadas com os máximos de precipitação durante a estação chuvosa no leste da Amazônia (SOUZA E AMBRIZZI, 2006).

Um dos fatores que influenciam diretamente a precipitação na Amazônia são os diversos sistemas meteorológicos que a atingem. Molion (1987) mostra que as circulações de meso e grande escala que atuam na Amazônia e os processos dinâmicos que as organizam, promovem a precipitação naquela área. Os mecanismos que provocam chuva na Amazônia podem ser agrupados em três tipos:

- a) Convecção diurna resultante do aquecimento da superfície e condições de larga escala favoráveis;
- b) Linhas de Instabilidade (LIs) originadas na costa N-NE da América do Sul; e
- c) 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 distribuição espacial da precipitação possui uma marcha anual bem definida e influenciada principalmente pelo deslocamento norte-sul da Zona de Convergência

Intertropical (ZCIT). Este sistema de escala planetária definido como uma zona de confluência dos ventos alísios de nordeste (NE) e de sudeste (SE) no Oceano Atlântico 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 na 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, durante o mês de janeiro e fevereiro em Rondônia. Com base em análises das imagens do satélite Geostationary Environmental Satellite (GOES) e Radar TOGA, durante janeiro e fevereiro de 1999, em Rondônia, notou-se que durante o período de atuação da ZCAS, a precipitação era em sua grande parte de origem estratiforme e os ventos em baixos níveis eram de oeste; e durante o período em que não atuou a ZCAS, a precipitação era em sua grande maioria de origem convectiva e o vento em baixos níveis era de leste.

É observada também a atuação de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs) que é definido como aglomerados de nuvens convectivas e profundas com a presença de gelo na média e alta troposfera (MORH e ZIPSER, 1996). No entanto, os SMSs que ocorrem na Amazônia são numerosos, porém menos intensos que aqueles ocorrentes na bacia do Rio da Prata e no noroeste da América do Sul (MADDOX, 1980; MOHR e ZIPSER, 1996; MOHR, FAMIGLIETTI e ZIPSER, 1999; VELASCO e FRITISH, 1999 e MOTA, 2003).

Grecco et al. (1990) classificou os aglomerados convectivos atuantes Amazônia, durante o ABLE 2B, em três tipos:

- Sistemas que ocorrem na costa (COS) com uma extensão de aproximadamente 3500 km. A formação ocorre durante a tarde e se desloca para o interior do continente com uma velocidade média em torno de 55 km/h.

- Sistemas que ocorrem na bacia (BOS) com uma área de 1000 a 10000 km². A formação ocorre na Bacia Amazônica, principalmente ao norte e leste de Manaus e movem-se com uma velocidade média entre 10 e 40 km/h em direção a estação de mesoescala (17 km à nordeste de Manaus). Maior parte da chuva produzida por estes sistemas está provavelmente associada às nuvens estratiformes que fazem parte de sua estrutura.

- Sistemas de ocorrência local (LOS) com área inferior a 1000 km², e ciclo de vida em torno de uma hora, produzindo menos chuva que o COS e o BOS.

As LIs (inserida na classificação de COS) são sistemas convectivos formados pelo contraste de temperatura entre o continente e o oceano juntamente com a confluência dos ventos alísios na região costeira do norte do Brasil (HASTENRATH e HELLER, 1977; KOUSKY, 1980; COHEN, SILVA DIAS e NOBRE, 1995). Estudos preliminares feitos por Cutrin (1987), apud Cohen, Silva Dias e Nobre (1989) mostraram que estas LIs contribuem com 45% da chuva que cai durante o período chuvoso no nordeste paraense (de cinco anos analisados); podem permanecer ativas por mais de 48 horas, tendo o seu deslocamento ente 6° a 13° de longitude por dia e sua maior ocorrência se dá nos meses de abril e agosto. Durante a noite sua atividade convectiva diminui, voltando a intensificar-se durante o dia devido o aquecimento solar (MOLION e KOUSKY, 1981).

As Ondas de Leste ou Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) são perturbações atmosféricas superposta na corrente dos Alísios, que provocam precipitação na Amazônia Oriental (MOTA, 2002; COUTINHO e FISCH, 2007). Kagano (1979), ao estudar o clima e a circulação através de radiossondagens de Belém e Manaus, sugere que oscilações no campo de vento com periodicidade de 3 a 5 dias, nos baixos níveis, relacionam-se com as ondas de leste que afetam esta região. Além disso, os DOLs podem intensificar outros sistemas convectivos como as LIs, por exemplo (BARBOSA, 2005).

Figuroa e Nobre (1990) estudaram a distribuição de precipitação na América do Sul tropical e utilizaram séries temporais de precipitação proveniente de 226 estações pluviométricas provenientes dos Serviços Meteorológico Nacional (no Brasil: o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, do Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE, do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE). As estações de coleta de dados estão distribuídas na região de estudo conforme mostra a Figura 1. As séries temporais dos dados de precipitação das 226 estações estão entre 1960 a 1989, aproximadamente, pois cerca de 50% são de um período maior ou igual a 20 anos, 34% entre 20 e 10 anos e somente 16% entre 10 e 7 anos.

Os resultados de Figuroa e Nobre (1990) mostram uma variação entre 1500 mm/ano a 3500 mm/ano dentro da Região Amazônica. No período de dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) observa-se, no sul e oeste da região, elevadas taxas de chuva (cerca de 300 mm/mês). Em março-abril-maio (MAM) os centros de máxima precipitação localizam-se no setor norte da região (nordeste e noroeste) e junho-julho-agosto (JJA) é o período menos chuvoso em grande parte da região, entretanto, no nordeste da Amazônia a chuva ainda chega a 250

mm/mês. E setembro-outubro-novembro (SON) pode ser considerado o período de transição, o qual os valores de precipitação começam a aumentar, principalmente no setor sul e oeste (ver FIGURA 2 e FIGURA 3a-d).

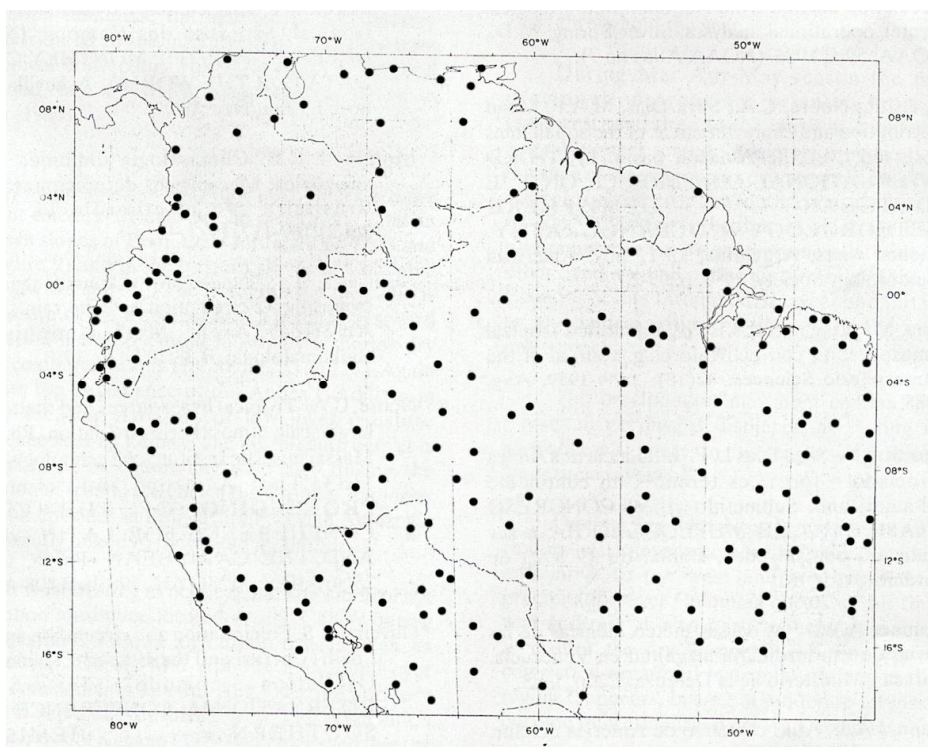


FIGURA 1 – Área de estudo e localização das estações pluviométricas utilizadas no estudo de Figueroa e Nobre (1990).

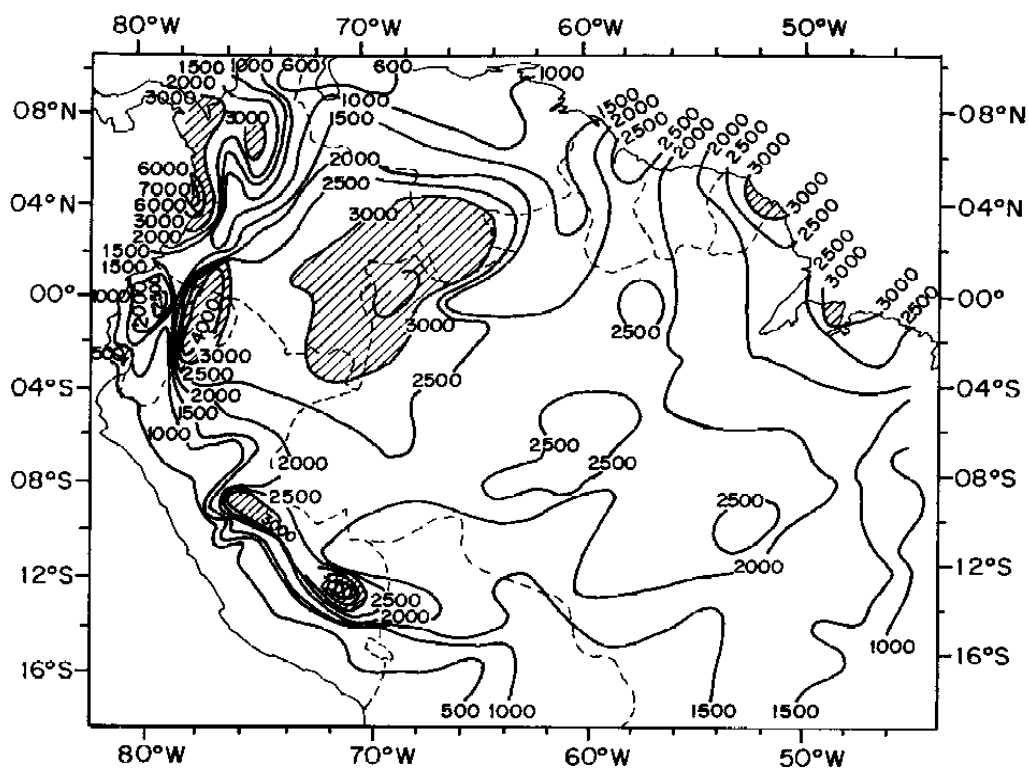


FIGURA 2 - Distribuição anual da precipitação na Amazônia em mm/ano, segundo Figueroa e Nobre (1990).

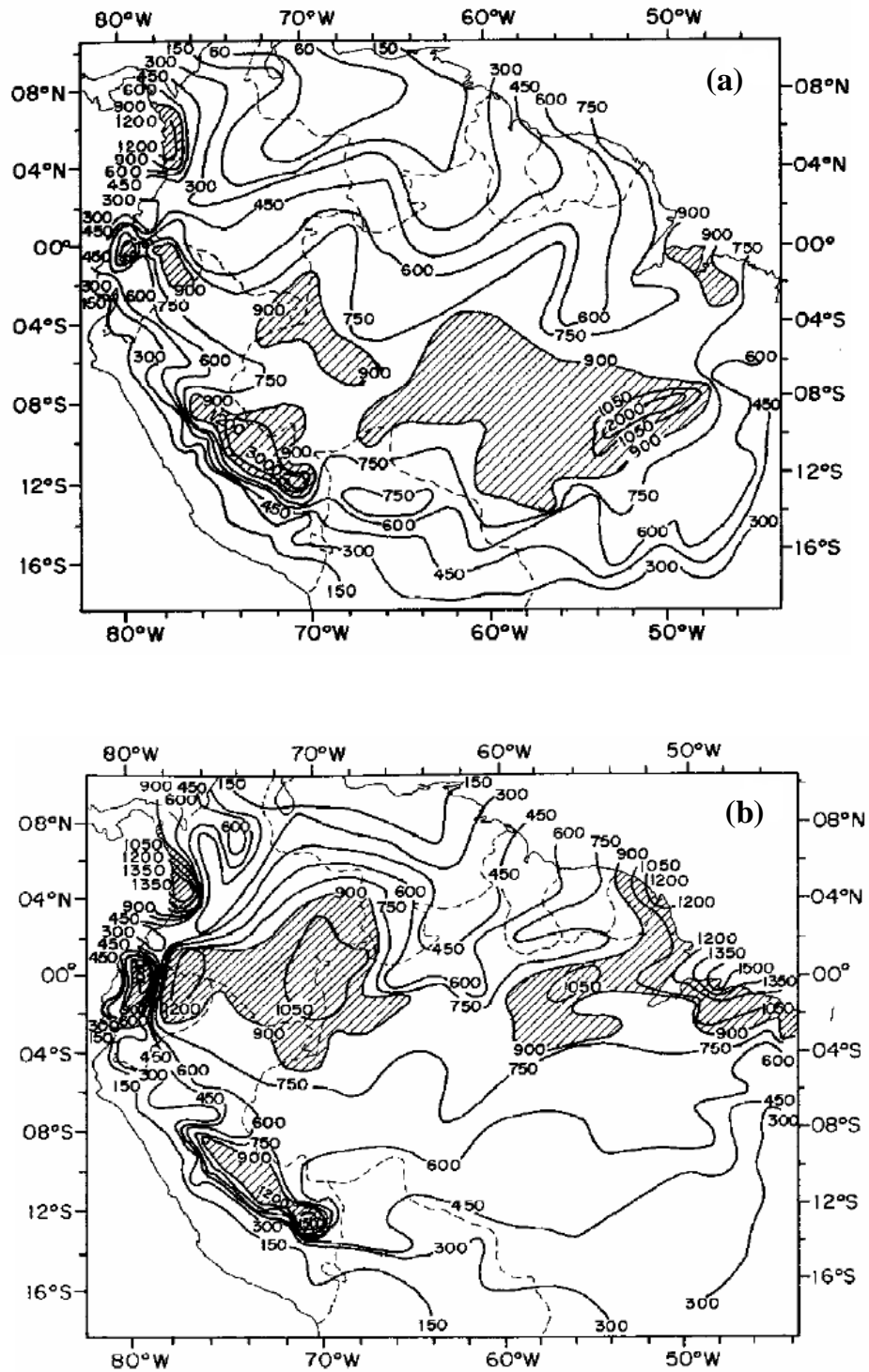


FIGURA 3 - Distribuição sazonal da precipitação na Amazônia em mm/3meses. (a) dezembro-janeiro-fevereiro, (b) março-abril-maio segundo Figueroa e Nobre (1990).

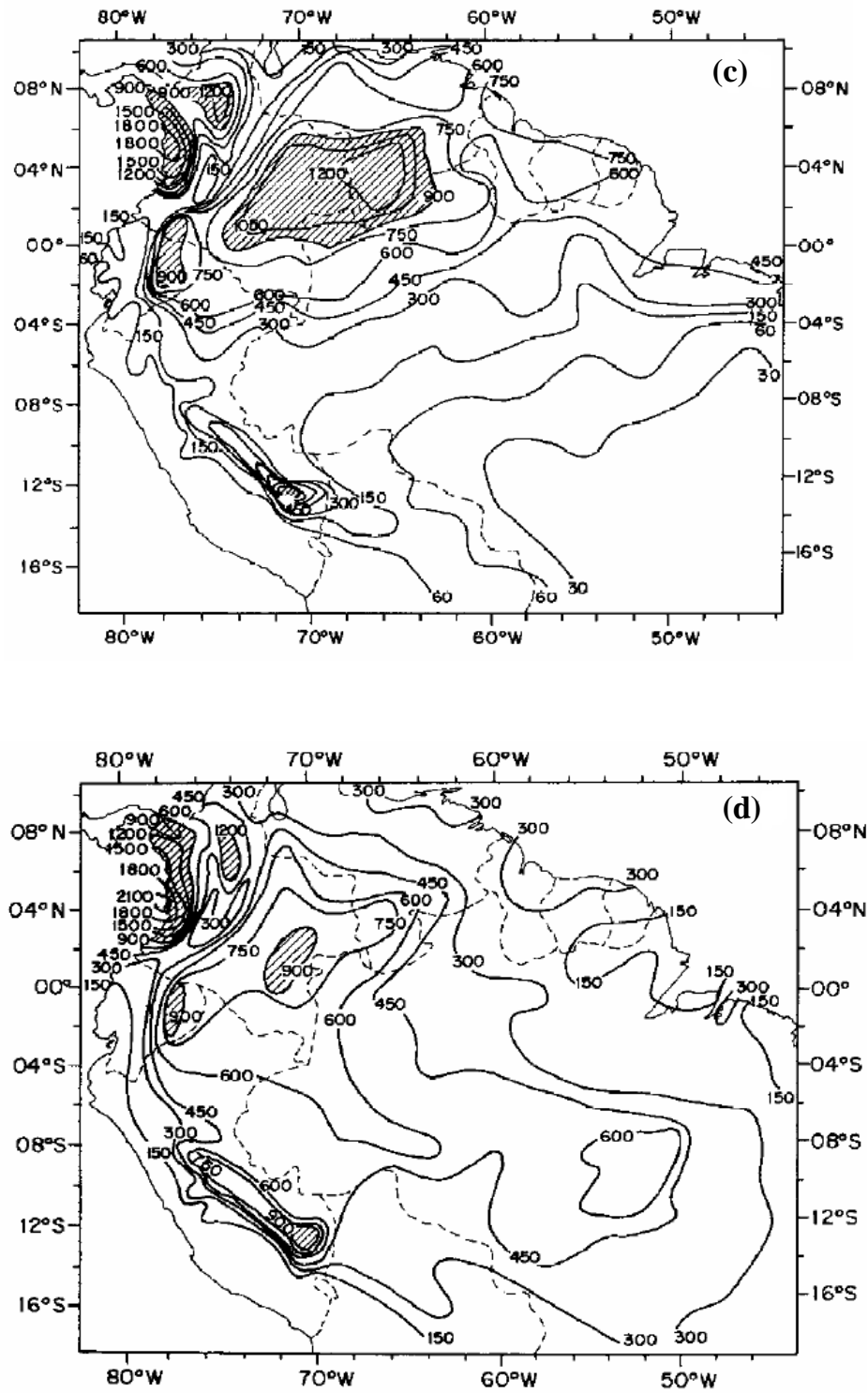


FIGURA 3 – (continuação) Distribuição sazonal da precipitação na Amazônia em mm/3meses. (c) junho-julho-agosto e (d) setembro-outubro-novembro segundo Figueroa e Nobre (1990).

Mota (2003) usou três anos de dados do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) na estimativa de chuva e sistemas precipitantes sobre a América do Sul. Ele observou que a distribuição de chuva e sistemas precipitantes na Amazônia varia de região para região. As sub-regiões de maiores índices pluviométricos, durante o período de dezembro de 1997 a novembro de 2000, foram sobre o setor noroeste da região, nas proximidades da Ilha do Marajó, Estado do Amapá e sobre a região central da Amazônia. No entanto, são identificadas nítidas diferenças de intensidade da precipitação e ocorrência de relâmpagos nas sub-regiões. Assim foi sugerido que natureza da chuva, sistemas precipitantes e ciclo diurno da região possuem características diferentes nas sub-regiões.

Além da variação espacial da precipitação nas sub-regiões amazônicas existem também, notáveis variações da precipitação no decorrer do dia (KOUSKY, 1980; BETTS e JACOB, 2002; NEGRI e ADLER, 2002, SOUZA e ROCHA, 2006). Negri e Adler (2002), utilizando estimativas de precipitação no canal de microondas e radar, mostraram que o máximo diário de precipitação ocorre no período vespertino. Oliveira e Mota (2006) verificaram, usando estimativas de precipitação, proveniente da combinação de estimativas provenientes do canal de microondas com o infravermelho, que o ciclo diurno da precipitação sobre o nordeste da Amazônia apresentou uma banda de precipitação formada sobre o Oceano Atlântico durante a madrugada afetando a precipitação sobre o litoral até o fim da manhã. No início da tarde a atividade convectiva é intensa provocando a maior parte da precipitação sobre as regiões continentais, próximo à região costeira no final da tarde e início da noite. As bandas de máxima precipitação que se formam no período vespertino se deslocam para o interior da Amazônia causando máximos secundários noturnos sobre estes setores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é compreender a distribuição espaço-temporal da precipitação na Amazônia Oriental através de estimativas de precipitação por satélites.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Comparar a precipitação estimada no canal combinado de microondas e infravermelho com a medida na torre micrometeorológica de Caxiuanã, definindo a distribuição anual, trimestral, mensal e o ciclo diurno médio do período de janeiro de 2000 a setembro de 2007.

- Analisar as diversas estimativas de precipitação provenientes de satélite nos canais de microondas, infravermelho, radar e pluviômetro na Amazônia Oriental, mostrando a distribuição anual, trimestral, mensal e ciclo diurno no período de 1998 a 2007.

2. DADOS E METODOLOGIA

O estudo da distribuição e variabilidade espaço-temporal da precipitação na Amazônia Oriental é realizado, na área que compreende as latitudes de 10°S e 5°N; e as longitudes entre 60°W e 45°W, abrangendo os estados do Pará, Amapá, Leste do Amazonas, Oeste do Maranhão, Guiana Francesa e Suriname. Para o estudo da precipitação na área da Bacia de Caxiuanã foram utilizadas 36 grades de 0,25° × 0,25° de latitude e longitude, com maior destaque nas 6 grades localizadas na vizinhança da torre micrometeorológica localizada na Floresta de Caxiuanã como pode ser visto na FIGURA 4.

2.1 DADOS

As imagens de satélite têm se constituído uma ferramenta imprescindível nos estudos das componentes do ciclo hidrológico. Mesmo antes do primeiro satélite meteorológico, *Television and InfraRed Observation Satellite* (TIROS) fornecer as primeiras imagens de topos de nuvens, em abril de 1960, já se supunha que a ocorrência e mesmo a intensidade de eventos chuvosos poderia ser inferida a partir da resposta espectral de conjuntos de nuvens (PETTY, 1995).

Assim, métodos de estimativa de precipitação utilizando informações disponíveis nos canais espectrais dos satélites meteorológicos tornam-se alternativas cada vez mais desejadas em virtude de oferecerem alta resolução temporal, e espacial e podem, em alguns casos, apresentar-se como a única forma de observação, em regiões de baixa distribuição de pluviômetros. Em virtude disso, são utilizados neste estudo quatro tipos de estimativas de precipitação através de satélites meteorológicos, que são aquelas baseadas nos canais de infravermelho, microondas, microondas combinado com infravermelho e radar, que são comparados com os dados de pluviômetros.

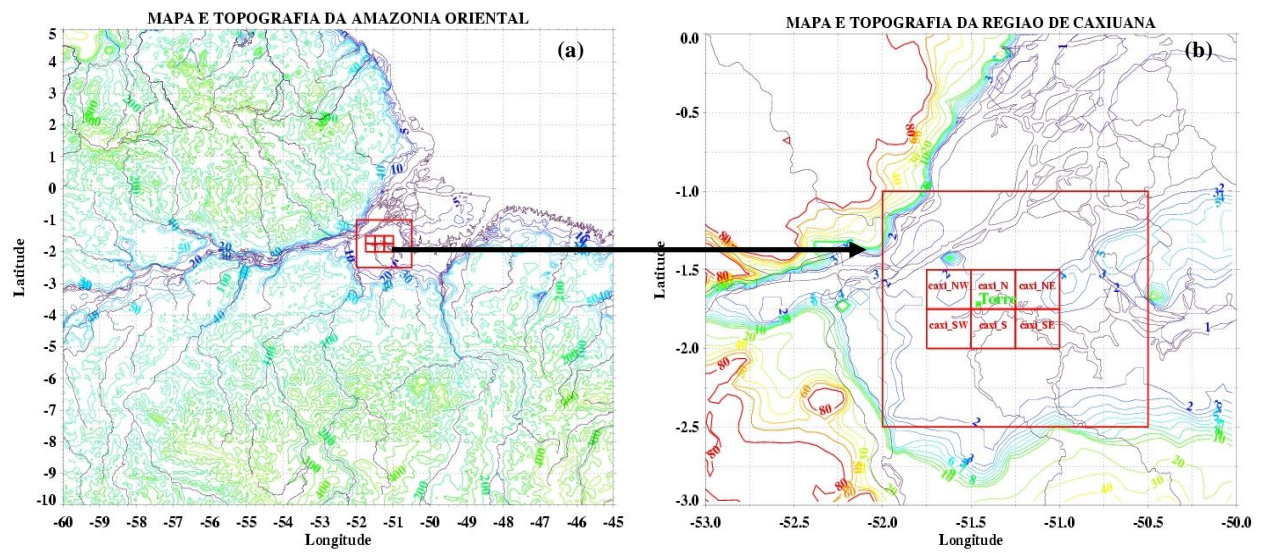


FIGURA 4- Área de Estudo: mapa da Amazônia Oriental com rios e topografia (m) para: (a) Amazônia Oriental, (b) Região da Bacia de Caxiuanã, seis grades em torno da Torre Micrometeorológica localizada na Estação Ferreira Pena.

2.1.1 Estimativas dos Satélites geostacionários: *GOES Precipitation Index (GPI)*

O *GOES Precipitation Index (GPI)* é um algoritmo de estimativa de precipitação no canal infravermelho, proveniente de satélites geostacionários. Este método de estimativa de precipitação foi desenvolvido por Arkin e Meisner (1987) e utiliza limiares de temperaturas de brilho (T_b) do topo das nuvens (com $T_b \leq 235$ K) em uma grade de $1,0^\circ \times 1,0^\circ$ de latitude e longitude, e as associa a uma taxa constante de precipitação de 3 mm hr^{-1} . Em outras palavras, o algoritmo estimador de precipitação GPI é baseado na seguinte fórmula:

$$GPI = 3F_c t$$

Onde: *GPI*: representa a precipitação estimada em mm.

F_c : fração da cobertura de nuvens, valor adimensional (entre 0 e 1).

t : período que F_c é aplicada (se o período entre imagens é de 3 horas, então $t=3$ horas).

Estas estimativas cobrem todas as longitudes (180°W a 180°E) e o intervalo de latitude entre 40°N e 40°S . Sua resolução temporal é diária e será utilizada para analisar a distribuição espaço-temporal da precipitação na Amazônia oriental o período de Janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

2.1.2 Estimativa do Satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)*

2.1.2.1- Aspectos gerais

O satélite TRMM é parte de um projeto entre os Estados Unidos da América e Japão, para coleta de dados meteorológicos de forma aproximadamente contínua. O satélite foi lançado em 27 de novembro de 1997 com uma altura orbital de 350 km e um ângulo de precessão de 35° (FIGURA 5c) cobrindo, originalmente, as latitudes entre 35°N e 35°S , com a função de monitorar a precipitação sobre os trópicos e subtropicais (Kummerow et al. 2000). A partir de 2001 a altura da órbita foi modificada elevada para 402,5 km e o grau de precessão para 40° , ou seja, cobrindo as latitudes entre 40°N e 40°S . O TRMM possui uma órbita senoidal ou geocêntrica; devido a essa configuração da órbita do satélite, em 24 horas,

TRMM não cobre toda a região tropical como pode ser visto na FIGURA 5a, entretanto, a Figura 5b mostra no período de 2 dias toda a região tropical e subtropical teve a cobertura do satélite.

O satélite TRMM possui cinco instrumentos a bordo: 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):

- O PR é o primeiro radar meteorológico no espaço, opera na frequência de 13,8 GHz, com uma varredura de 220 km, resolução horizontal de 5 km, resolução vertical 0,25 km e possui um perfil tridimensional da estrutura e intensidade das tempestades, distribuição horizontal, vertical e tipo da precipitação. O algoritmo estimador de precipitação e das demais variáveis de refletividade denomina-se 3A25 (KUMMEROW et al., 2000).
- O TMI é um instrumento que utiliza os 9 canais de microondas passivo para estimar a precipitação. O Algoritmo estimador de precipitação do TMI é o 3A12. A precipitação estimada pelo 3A12 sobre o continente é baseada principalmente sobre o limiar de temperatura de brilho (T_b) associadas com as assinaturas do espalhamento de gelo pelos hidrometeoros. Sobre a superfície de água a saída deste algoritmo é proveniente de um modelo de nuvens (KUMMEROW, et. al. 2001)
- O VIRS é um instrumento indireto de observação da precipitação. Ele mede a Radiação emitida da Terra em cinco bandas espectrais do visível ao infravermelho (KUMMEROW et al., 1998).
- O LIS é o Instrumento detector de relâmpagos. O LIS fornece o número e o tempo de ocorrência de todos os tipos de relâmpagos ao longo da trajetória do satélite (CHRISTIAN, 1999).
- O CERES mede a energia radiativa emitida e refletida pela superfície terrestre, pela atmosfera e pelos seus constituintes (WIELICKI et al. 1995; WIELICKI et al. 1996 e LEE et al. 1998).

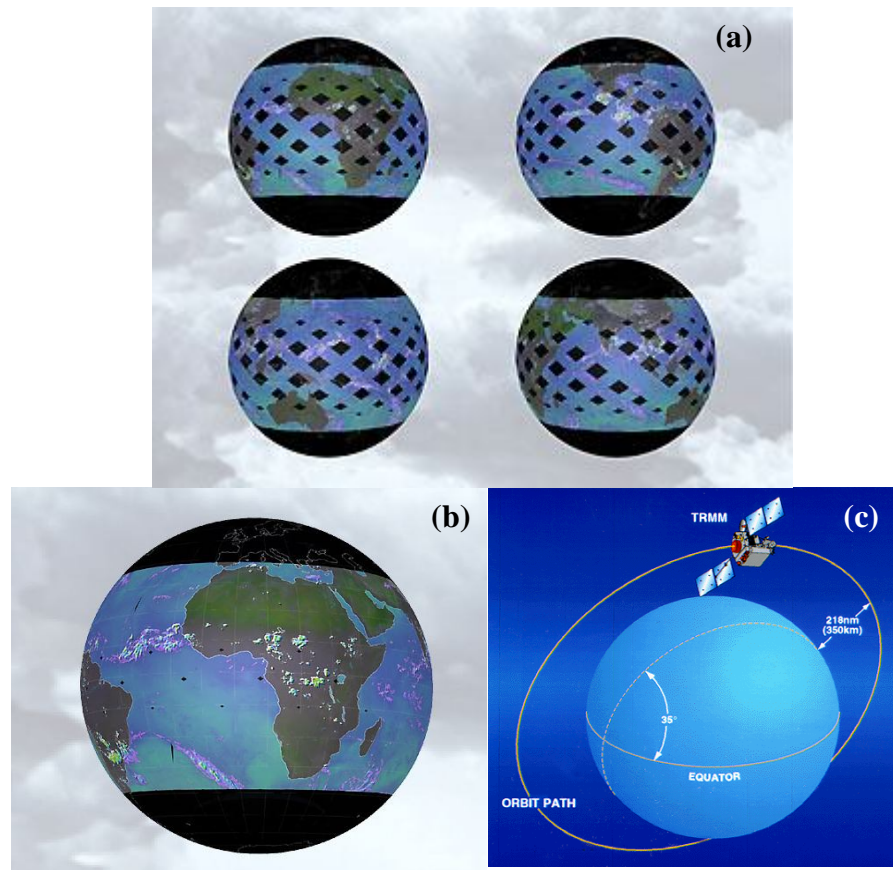


FIGURA 5 - Ilustrações da órbita e ângulo de precessão do satélite do satélite TRMM. (a) Cobertura Global em 24 horas; (b) cobertura em 48 horas e (c) Ilustração do ângulo de precessão. FONTE (a) home1.gte.net, (b) e (c) svs.gsfc.nasa.gov

2.1.2.2- Os algoritmos 3A25 e 3A12.

O algoritmo 3A25 produz dados médios mensais da taxa de chuva em superfície, perfil vertical de chuva, fração de chuva convectiva e estratiforme, máxima refletividade da banda brilhante e outros parâmetros relacionados, provenientes do PR. A resolução espacial do algoritmo é de $5^\circ \times 5^\circ$ e $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ de latitude e longitude. Neste trabalho são utilizadas somente as estimativas com resolução de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ de latitude e longitude, pois esta maior resolução proporcionará uma melhor visualização da distribuição da precipitação em microrregiões da Amazônia Oriental como na região de Caxiuaná e sua vizinhança.

O 3A12 fornece a taxa de precipitação e o perfil vertical de hidrometeoros e calor latente baseado em nove canais do TMI. A precipitação estimada pelo 3A12 sobre o continente é baseada principalmente sobre o limiar de temperatura de brilho (T_b) associadas com as assinaturas do espalhamento de gelo pelos hidrometeoros. Sobre a superfície de água a

saída deste algoritmo é proveniente de um modelo de nuvens. A resolução temporal, assim como do 3A25, é mensal e a resolução espacial do algoritmo é de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ graus.

2.1.3 Estimativa do algoritmo 3B42

Serão utilizadas neste estudo as estimativas de precipitação do algoritmo 3B42, que é uma combinação de estimativas de precipitação do canal de microondas provenientes do TRMM (TMI), *Special Sensor Microwave Imager* (SSM/I), *Advanced Microwave Scanning Radiometer* (AMSR-E), *Advanced Microwave Sounding Radiometer* (AMSU-B) e com aqueles do canal infravermelho (HUFFMAN et. al., 1995).

O 3B42 foi desenvolvido com o objetivo de ajustar as estimativas de precipitação no canal infravermelho. As estimativas pelo 3B42 estão disponíveis em grades de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ a cada 3 horas, e este trabalho usa os dados do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

2.1.4 Global Precipitation Climatology Center (GPCC)

O GPCC foi fundado e operado pelo “Deutscher Wetterdienst” (Serviço de Tempo Alemão) com a contribuição do World Climate Research Program (WCRP) e estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) em 1986 (e.g., RUDOLF, 1993; SCHENEIDER, 1993; RUDOLF et. al., 1996; e SUSSKIND et. al. 1997)

Os dados utilizados pelo GPCC são de pluviômetros provenientes dos Serviços Meteorológico e/ou Hidrológico Naciona (no Brasil: Agencia Nacional de Águas- ANA, INPE e INMET) com o total de aproximadamente 50.026 estações de coleta de dados em todo o globo. Entretanto, este conjunto de dados apresenta uma baixa densidade de pluviômetros na Amazônia Oriental em relação às demais localizações do globo, o que pode resultar em falhas na real distribuição de chuvas na região (FIGURA 6).

As análises do GPCC são baseadas na interpolação SPHEREMAP (WILLMOTT; ROWE e PHILPOT, 1985). Os dados do GPCC são mensais e a resolução espacial é de $1^\circ \times 1^\circ$ de latitude - longitude e neste trabalho será utilizado o período de janeiro de 1998 até dezembro de 2007.

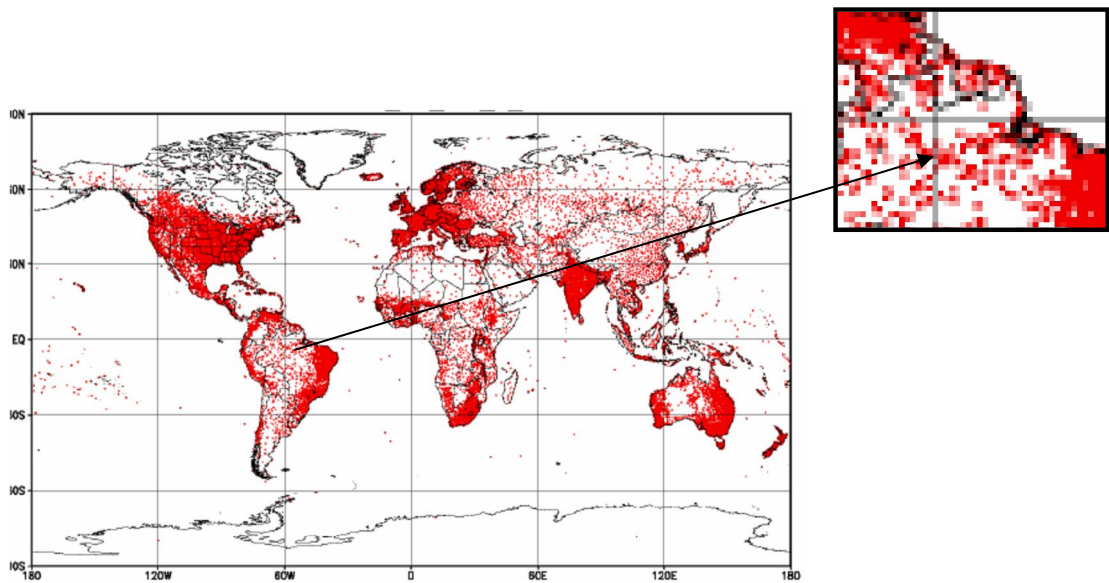


FIGURA 6- Localização das 50.026 estações utilizadas para os cálculos do GPCP, destacando a área de estudo. FONTE: Fuchs, 2007; Relatório anual do GPCP para o ano de 2006.

2.1.5 Dados Pluviométricos da Torre Micrometeorológica de Caxiuanã

A Reserva Florestal de Caxiuanã abrange uma área de 33000 hectares, a cerca de 500 km do Atlântico, no município de Melgaço-Pa. Essa reserva é constituída, em 85% de sua área por floresta densa de terra firme. O clima de Caxiuanã é do tipo Am da classificação de Köppen, que representa um clima tropical quente, com curto período de estiagem. Segundo a classificação de Thornthwaite, é do tipo B'1W'A'a', isto é, clima megatérmico, com moderada deficiência de precipitação na primavera (COSTA e MORAES, 2002)

A torre micrometeorológica de coleta contínua de dados do projeto MilenioLBA, localizada na Floresta de Caxiuanã possui 54 m de altura (FIGURA 7a). Os parâmetros atmosféricos medidos são: velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa do ar, radiação global, precipitação pluviométrica, temperatura do solo em 2 níveis (1 e 2 cm).

Os dados de precipitação foram medidos na torre utilizando o pluviógrafo do modelo TB4-L Rain Gauge da Campbell Scientific, conforme mostra a Figura 7b, e estão organizados de 30 em 30 minutos e compreendendo o período de 1 de janeiro de 2000 a 30 de setembro de 2007. Através de uma análise subjetiva no conjunto de dados de precipitação da torre micrometeorológica de Caxiuanã foi estimado o número de dias com falhas nos dados de

precipitação usando como critério para determinar como 0,5 dia no mínimo 11 horas ininterruptas de dados de precipitação (TABELA 1).



FIGURA 7 – (a) Torre Micrometeorológica de 54 m de altura na Floresta de Caxiuanã,-PA
 Fonte: www.mileniolba.ufpa.br, (b) Pluviógrafo do modelo TB4-L Rain Gauge da Campbell Scientific instalada na torre micrometeorológica de Caxiuanã.

TABELA 1- Número de dias com falhas nos dados de precipitação medidos na torre micrometeorológica de Caxiuanã durante o período de janeiro de 2000 a setembro de 2007.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	TOTAL	TOTAL EM %
JAN	9,0	0,0	6,0	3,0	0,0	31,0	0,0	11,0	60,0	24,2
FEV	24,0	9,0	12,0	0,0	0,0	28,0	13,0	0,0	86,0	38,1
MAR	15,5	3,5	29,0	0,0	0,0	3,5	2,0	0,0	53,5	21,6
ABR	25,5	4,5	3,5	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	38,5	16,0
MAI	9,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	32,0	12,9
JUN	30,0	29,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	60,0	25,0
JUL	2,5	14,0	2,5	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	32,5	13,1
AGO	0,0	17,5	0,0	5,0	9,0	0,0	1,0	0,0	32,5	13,1
SET	0,0	26,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,5	11,0
OUT	4,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	4,6
NOV	0,0	7,0	0,0	2,0	0,0	0,0	3,0	0,0	12,0	5,7
DEZ	4,0	6,0	0,0	31,0	0,0	0,0	31,0	0,0	72,0	33,2

2.2 METODOLOGIA

A investigação do ciclo diurno foi realizada através das estimativas do 3B42, que são os acumulados de três horas numa área de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ de latitude e longitude. A chuva estimada a cada 3 horas equivale à média no intervalo de 1,5 horas antes e 1,5 horas depois da hora cheia. Para efeito de comparação, como os dados da torre estão de meia em meia hora, foi utilizado o mesmo intervalo de somatória para definir a precipitação total da hora cheia com as estimativas do 3B42 foi feito para os dados medidos através do pluviógrafo em Caxiuanã.

As médias de um conjunto de dados estimados do 3B42 de 1998 a 2007 (sem falhas) serão utilizadas para efeito de comparação, pois dependendo da quantidade de dados retirados do conjunto das estimativas do 3B42, correspondentes aos faltosos da torre, pode ocorrer a distorção do aspecto real na distribuição temporal da precipitação.

A partir dos totais de 3 horas, foi composto o ciclo diurno médio de todo o período, para os trimestres DJF, MAM, JJA e SON e mensal para análises das diferenças da marcha diária de precipitação para cada escala temporal, levando em consideração os intervalos de falhas nos dados da torre micrometeorológica que foram eliminados nos dados estimados a fim de que a comparação seja feita utilizando a mesma amostra de dados pluviométricos do 3B42 e de pluviógrafo, podendo se observar assim as suas principais diferenças.

Os cálculos do percentual da diferença entre a estimativa do 3B42 e a precipitação medida na torre é feita através da fórmula:

$$PERC = \frac{(PRP_{3B42} - PRP_{torre})}{PRP_{torre}} \times 100$$

Onde:

PERC: Percentual da diferença entre a precipitação estimada entre o 3B42 e a medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã

PRP_{3B42}: Precipitação estimada pelo algoritmo 3B42.

PRP_{torre}: Precipitação medida na torre micrometeorológica de Caxiuanã

Para o estudo da distribuição espacial e temporal da precipitação na Amazônia Oriental foram produzidos gráficos com as médias aritméticas do total de precipitação anual; sazonal para DJF, MAM, JJA e SON e mensal dos algoritmos estimadores de precipitação dos

dados do GPCC. Em seguida foram feitas análises e comparações de forma a encontrar as principais diferenças entre os estimadores de precipitação através de satélites e os dados medidos em pluviômetros utilizados pelo GPCC.

3 – ANÁLISES DOS RESULTADOS

3.1 PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DE CAXIUANÃ

3.1.1 Médias: anual, trimestral e mensal.

A precipitação média do período de janeiro de 2000 à setembro de 2007 medida na torre micrometeorológica de Caxiuanã foi de 2203,6 mm/ano. A média da precipitação estimada pelo 3B42 em seis grades de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ de latitude e longitude nas vizinhanças da Baía de Caxiuanã no período correspondente aos dados da torre, e as diferenças percentuais entre as médias do 3B42 com as médias do 3B42 com a torre são apresentadas na Tabela 2. Observa-se que a média da precipitação em todo o período estudado foi maior nas seis grades do que na torre. A precipitação do 3B42 nas grades ao sul (caxi_S) e ao norte (caxi_N) superestimam a média da torre em respectivamente, 13,7% e 20%. A média de 2203,6 mm/ano na torre aproxima-se das médias climatológicas apresentadas por Nimer (1979), Figueroa e Nobre (1990) são 2300 mm/ano e 2304 mm/ano, respectivamente.

TABELA 2- Média da precipitação (mm/ano) na região de Caxiuanã, pelo de pluviógrafo da torre(caxi_torre) e das estimativas do 3B42 das grades em torno da Baía de Caxiuanã no período de 01 de janeiro de 2000 a 30 de setembro de 2007. Também são apresentadas as diferenças percentuais do 3B42 versus pluviógrafo da torre e as médias da precipitação pelo 3B42 no período de 01 de janeiro de 1998 a 31 de dezembro de 2007

Estação / Grade	Média 2000-2007 (mm/ano)	Média 1998-2007 (mm/ano)	Diferença do 3B42 (8 anos) em relação à torre (%)
caxi_torre	2203,6	-	-
caxi_S	2505,7	2636,0	13,7
caxi_N	2643,2	2710,5	19,9
caxi_SW	2561,2	2655,2	16,2
caxi_NW	2644,5	2696,2	20,0
caxi_SE	2592,5	2746,5	17,6
caxi_NE	2681,2	2816,7	21,7

As grades localizadas nos setores ao norte da torre têm as maiores médias anuais em comparação a precipitação nas grades situadas nos setores ao sul. A grade no setor NE (caxi_NE) é a que possui a maior precipitação média anual (2816,7 mm/ano) no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007. As grades localizadas mais ao norte estão mais próximas ao máximo de precipitação da Amazônia oriental em direção a Ilha do Marajó (MOTA, 2003) em comparação com àquelas do sul.

A precipitação trimestral média pelo 3B42 no período de 2000 a 2007 superestima àquela do pluviógrafo da torre nas seis grades nos trimestres de MAM e JJA e subestima a precipitação nos trimestres DJF e SON em todas as grades (exceto na grade caxi_NE para SON). As diferenças entre o algoritmo 3B42 nas seis grades e o pluviógrafo são apresentadas na Figura 8. As diferenças positivas (superestimativas de precipitação) entre o algoritmo 3B42 e o pluviógrafo nas grades caxi_S e caxi_N foram, respectivamente, 67,5% e 93,9% em JJA e 25,3% e 27,3% em MAM. As diferenças negativas (subestimativa de precipitação) ocorreram em SON com valores de -29,5% e -4,4% nas grades caxi_S e caxi_N, respectivamente, e em DJF com valores de -9,6% e -12,3%. Portanto a precipitação média medida na torre micrometeorológica de Caxiuanã e a precipitação estimada através do algoritmo 3B42 tem os valores mais aproximados no trimestre DJF em relação aos demais trimestres (MAM, JJA e SON).

É possível que estes resultados sejam explicados com base na desigual natureza dos sistemas precipitantes que ocorrem nos diferentes trimestres, pois o tipo, distribuição de tamanhos e densidade dos hidrometeoros dentro das nuvens precipitantes interferem na resposta pelos canais de microondas (MOHR e ZIPSER, 1996) e infravermelho, utilizados no algoritmo 3B42, devido a presença dos diferentes hidrometeoros que são peculiares a cada tipo de sistema precipitante. E ainda a semelhança entre a precipitação medida e estimada no trimestre DJF pode ser justificada pela predominância de sistemas precipitantes durante este período do ano que se caracterizam por ocupar grandes áreas, tornando assim a precipitação pontualmente medida semelhante à precipitação estimada numa grade de $0,25 \times 0,25$ de latitude e longitude pelo 3B42 em Caxiuanã.

A Figura 9 mostra a ocorrência de dois períodos distintos tanto nos dados do pluviógrafo quanto pelo 3B42, um período chuvoso nos trimestres de DJF e MAM; e o menos chuvoso nos trimestres de JJA e SON. Esta sazonalidade da precipitação se apresenta principalmente devido à influência da ZCIT, que contribui de maneira apreciável para a modulação da estação chuvosa na região. Em geral, às médias da precipitação a partir do pluviógrafo são maiores que os estimados pelo 3B42 somente nos trimestres de SON e DJF.

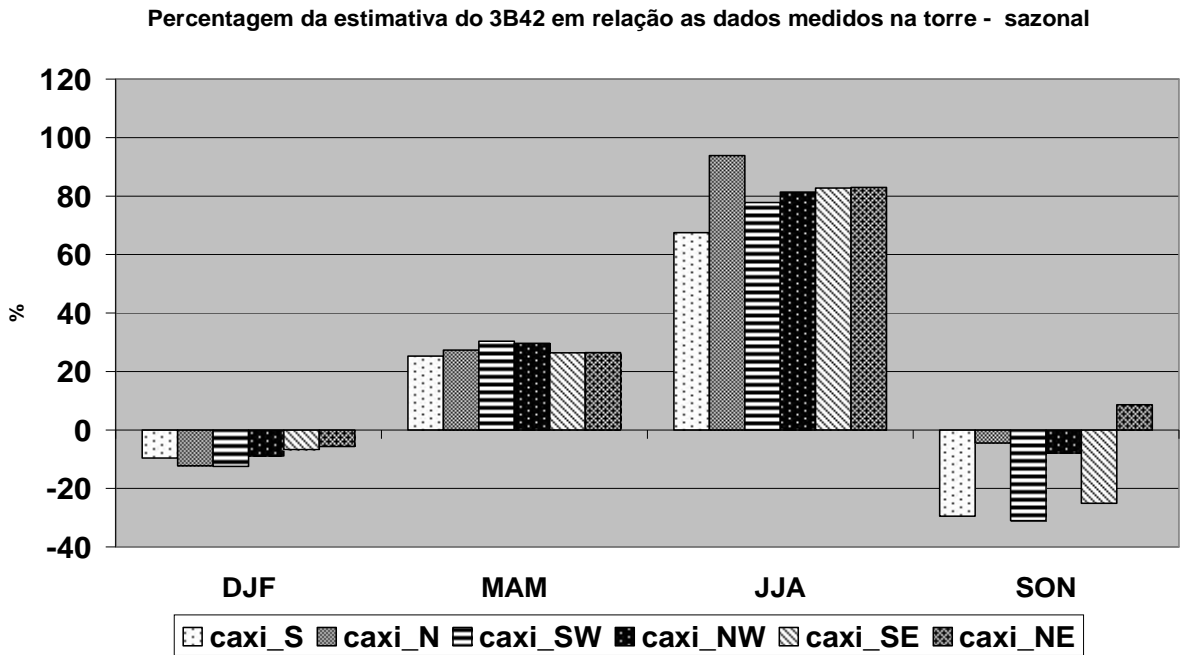


FIGURA 8 – Diferença (%) da precipitação média trimestral mensal estimada pelo 3B42 e medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã

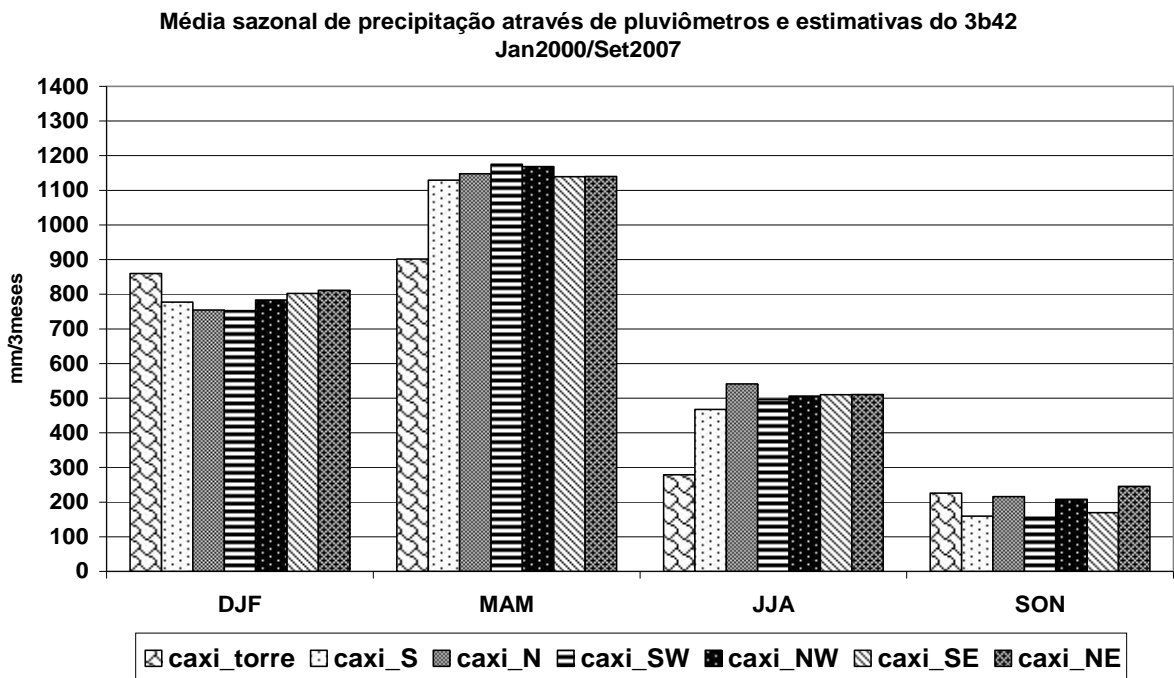


FIGURA 9 - Média sazonal da precipitação medida na torre em Caxiuanã e estimada através do algoritmo- 3B42 nos setores caxi_NW, caxi_SW, caxi_N, caxi_S, caxi_NE e caxi_NE

A Figura 10 apresenta as diferenças das médias mensais entre o algoritmo 3B42 e o pluviógrafo no período de 2000 a 2007. Observa-se que o algoritmo 3B42 subestima a precipitação de outubro a janeiro (com exceção a grade caxi_NE em novembro e caxi_SE em janeiro, com superestimativas de 0,9% e 3,7%, respectivamente) e superestima em relação as ao pluviógrafo entre os meses de março a agosto em todas as grades utilizadas neste estudo.

Com relação à média mensal de precipitação (FIGURA 11), o mês março é o aquele com maior índice pluviométrico com exceção da grade caxi_NW que tem o mês de abril como o mais chuvoso. O mês menos chuvoso é agosto para os dados medidos e para as estimativas do algoritmo 3B42 é outubro em todas as seis grades de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ de latitude e longitude vizinhas da região da torre micrometeorológica de Caxiuanã.

Percentagem da estimativa do 3B42 em relação as dados medidos na torre - mensal

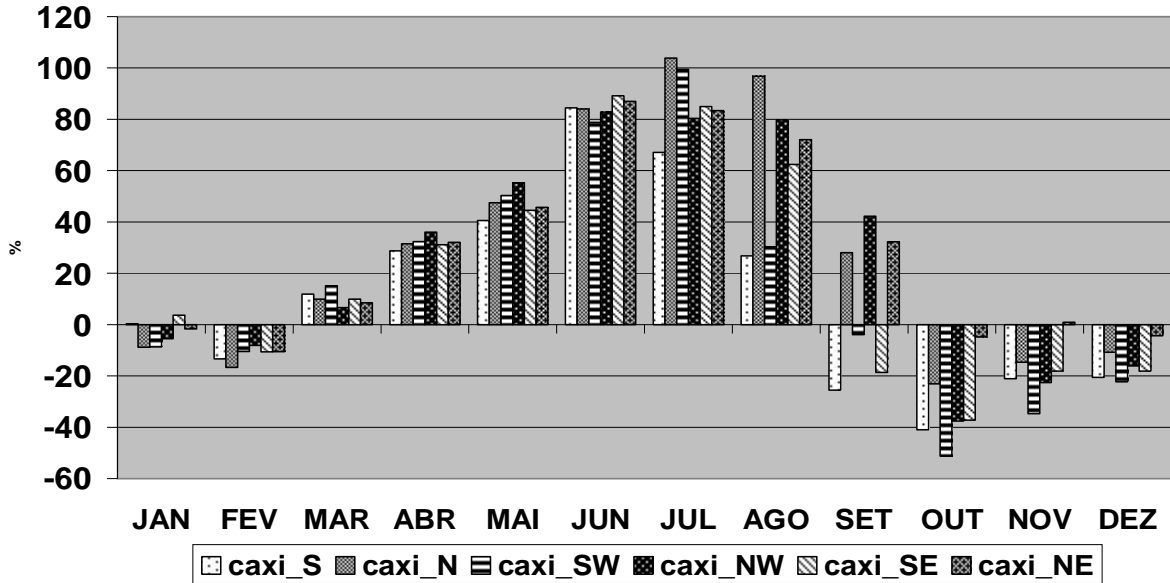


FIGURA 10 – Diferença (%) da precipitação média mensal estimada pelo 3B42 e medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã

Média mensal de precipitação através de pluviômetros e estimativas do 3b42
Jan2000/Set2007

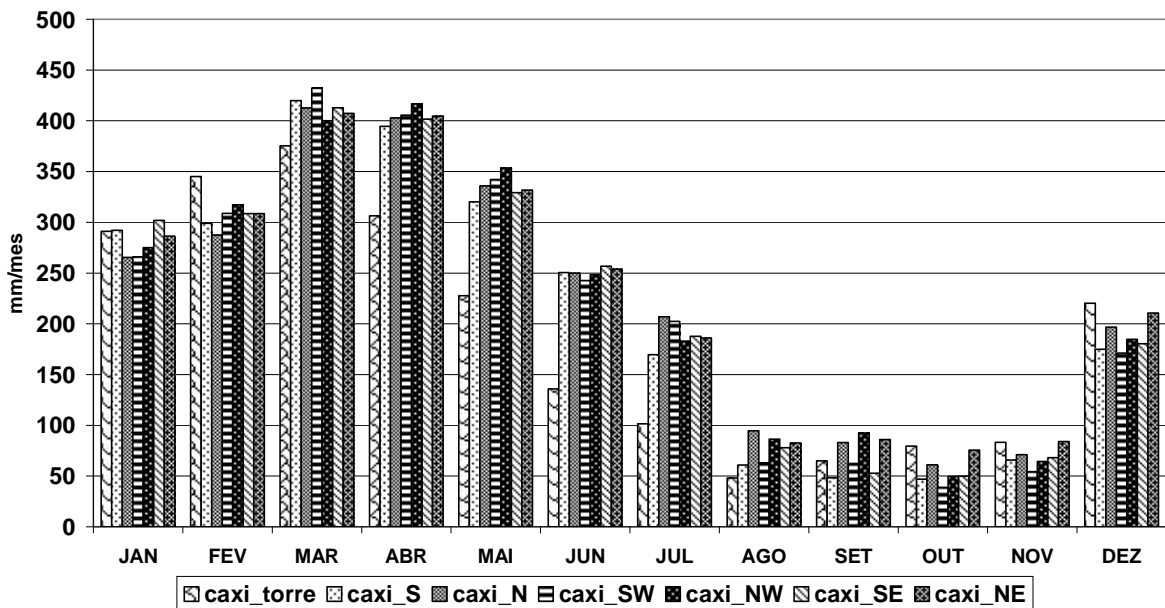


FIGURA 11 - Média mensal da precipitação medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã e estimada através do algoritmo 3B42 nos setores caxi_NW, caxi_SW, caxi_N, caxi_S, caxi_NE e caxi_NE

Os valores das médias mensais de precipitação aproximam-se das climatologias, prévias, de precipitação e.g, Figueroa e Nobre (1990); para a região de Breves, localizada a NE de Caxiuanã, em que definiram os meses de agosto e outubro como os menos chuvosos da região.

3.1.2 Ciclo diurno da precipitação média em Caxiuanã e vizinhança

3.1.2.1- Total

Esta secção considera a chuva estimada pelo algoritmo 3B42 nas seis grades localizadas em torno de Caxiuanã e as compara coma as médias da precipitação pelo pluviógrafo na torre a cada três horas. A Figura 12 mostra que durante o período noturno o 3B42 superestima, em todas as grades, a precipitação em relação aos dados medidos e subestima durante os períodos da manhã e tarde, exceto às 0900 HL para a grade caxi_SW e às 1500 HL para a grade NW, superestimando a precipitação em 3,93% e 5,90 %, respectivamente. Embora os valores de precipitação média de 3 horas da torre não sejam iguais aos estimados pelo 3B42, o horário de máxima precipitação (FIGURA 13) é coincidente às 1800 HL em todas a seis grades estimadas e com os dados medidos no pluviógrafo, sendo que neste horário a precipitação é superestimada em cerca de 24% em relação ao dado pontualmente medido na torre nas caixas localizadas no setor sul.

O mínimo de precipitação ocorre em horários diferentes, às 0900 HL nos dados da torre e às 1200 HL no 3B42, entretanto a diferença entre a precipitação medida às 0900 e 1200 é de apenas 0,02 mm, o que torna aceitável a semelhança entre os mínimos de precipitação medida na torre e do 3B42. Às 1500 HL a precipitação medida é similar a estimada nas grades localizadas ao norte (caxi_NW, caxi_N e caxi_NE) e às 1800 HL esse comportamento se inverte, ou seja, a precipitação medida é similar a estimada nas grades localizadas ao sul (caxi_SW, caxi_S e caxi_SE).

Assim como nas análises da média trimestral de precipitação, especula-se que as diferenças entre a estimativa do algoritmo 3B42 e os dados de pluviógrafos da torre tenham relação aos tipos, distribuição de tamanhos e densidade dos hidrometeoros dentro das nuvens causador da precipitação que pode interferir na resposta pelos canais de microondas e infravermelho, utilizados no algoritmo 3B42, devido a presença dos diferentes hidrometeoros que são peculiares a cada tipo de sistema precipitante (MOHR e ZIPSER, 1996).

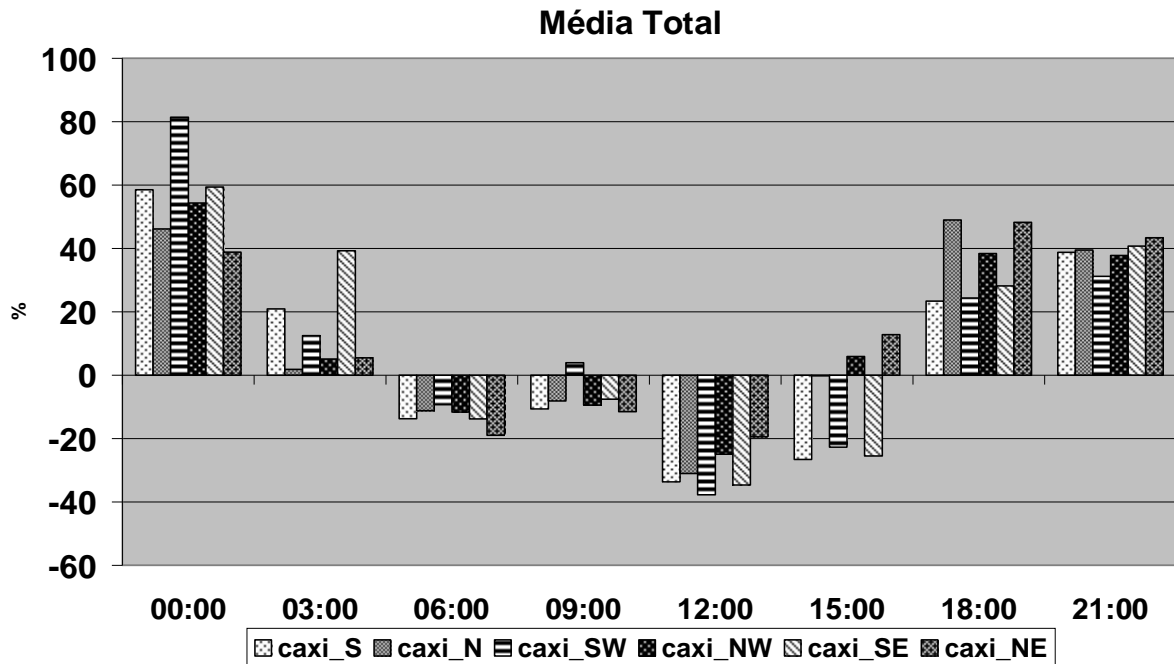


FIGURA 12 – Diferença (em %) entre o ciclo diurno médio total da precipitação estimada pelo 3B42 e a precipitação medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã.

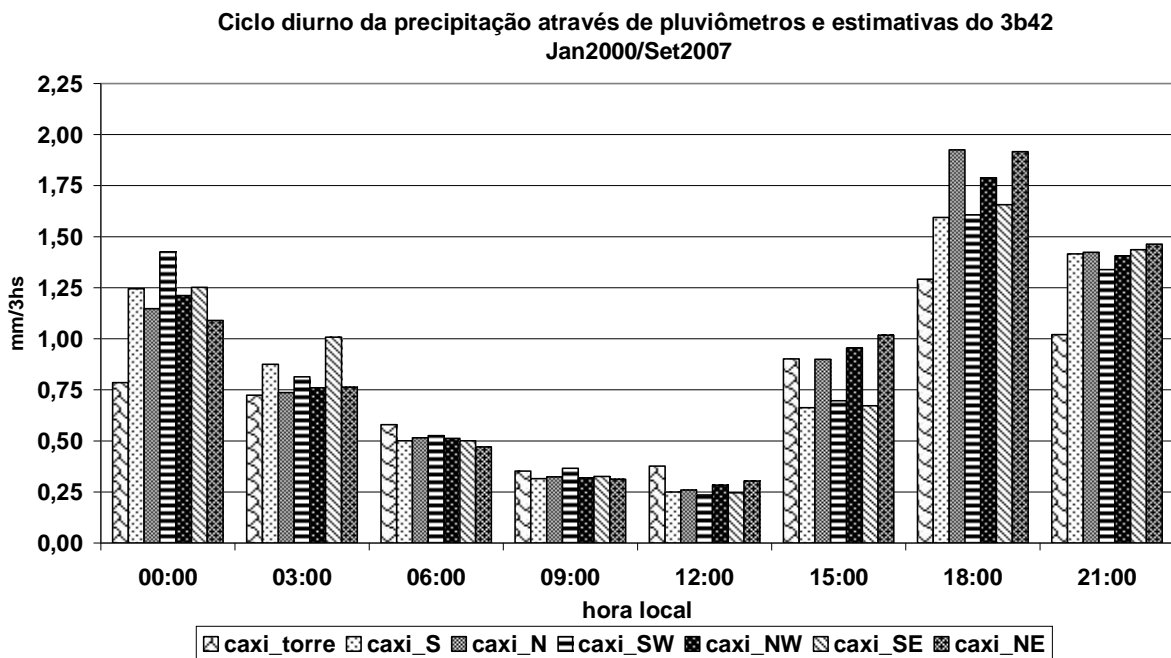


FIGURA 13 - Ciclo diurno médio anual da precipitação medida na torre em Caxiuanã e estimada através do algoritmo- 3B42 nos setores caxi_NW, caxi_SW, caxi_N, caxi_S, caxi_NE e caxi_NE.

A distribuição diária do total de três horas da precipitação média de janeiro de 2000 a setembro de 2007 (FIGURA 13) mostra que o máximo de precipitação ocorre no final da tarde e início do período noturno, ou seja, o ciclo diurno da precipitação em Caxiuanã é tipicamente do tipo continental. Esse regime continental, historicamente segue o padrão

criado por Hann (1901) apud Asnani (1993). Serra (1975) amplia mais a descrição do regime continental como tendo maior instabilidade que ocorre pelo aquecimento à tarde e, assim, o máximo valor da precipitação se verifica às 1500 e as 1800 HL.

Portanto, o máximo de precipitação às 1800 HL (ou 2100 UTC) ocorre devido à convecção máxima sobre a região no fim da tarde e início da noite como resposta ao aquecimento diurno da superfície (SUI et al., 1997). Sugere-se também a influência da brisa terrestre da Baía de Caxiuanã caracterizando a marcha diurna da precipitação na região.

O máximo da precipitação mostrado na Figura 13 ocorre em conformidade com o que é observado no anexo 1 (A1), que representa a precipitação estimada pelo 3B42 no período entre 1998 a 2007. Isso representa que apesar da retirada de dados do conjunto das estimativas (2000 a 2007), devido os períodos de falhas existentes nos dados de precipitação da torre, a amostra restante é representativa do ciclo diurno total da precipitação na Região de Caxiuanã.

Além disso, nota-se que as grades localizadas no norte (caxi_N, caxi_NW e caxi_NE) apresentam no período da tarde e início da noite [1500 e 1800 (HL)], maior precipitação que as grades localizadas nos setores sul (caxi_S, caxi_SW e caxi_SE). Por outro lado; durante a noite, (0000HL e 0300 HL) nota-se o inverso do período vespertino, ou seja, os maiores valores de precipitação concentram-se nos setores sul (FIGURA 13). Este efeito deve-se a circulação de brisa marítima no litoral do norte do Pará, que formam LIs no período vespertino e alcançam a região de Caxiuanã durante o período noturno.

3.1.2.2- Trimestral

A Figura 14 mostra a diferença entre as estimativas de precipitação média do 3B42 e a precipitação média medida (de janeiro de 2000 a setembro de 2007) na torre durante DJF, MAM, JJA e SON. Nos horários de 2100 HL e 0000 HL o 3B42 superestima a precipitação em DJF, MAM e JJA, e durante SON a situação se inverte, ou seja, a precipitação do 3B42 é subestimada em relação a precipitação do pluviógrafo em Caxiuanã nestes dois horários noturnos para todas as grades, exceto para o setor caxi_NE que superestima a precipitação às 2100 HL em apenas 2,53% em relação a torre. Observa-se também que o ciclo diurno da precipitação média trimestral tem um percentual de diferença entre a precipitação medida e a precipitação estimada em DJF nos horários de 0900 HL, 1500 HL e 1800 HL.

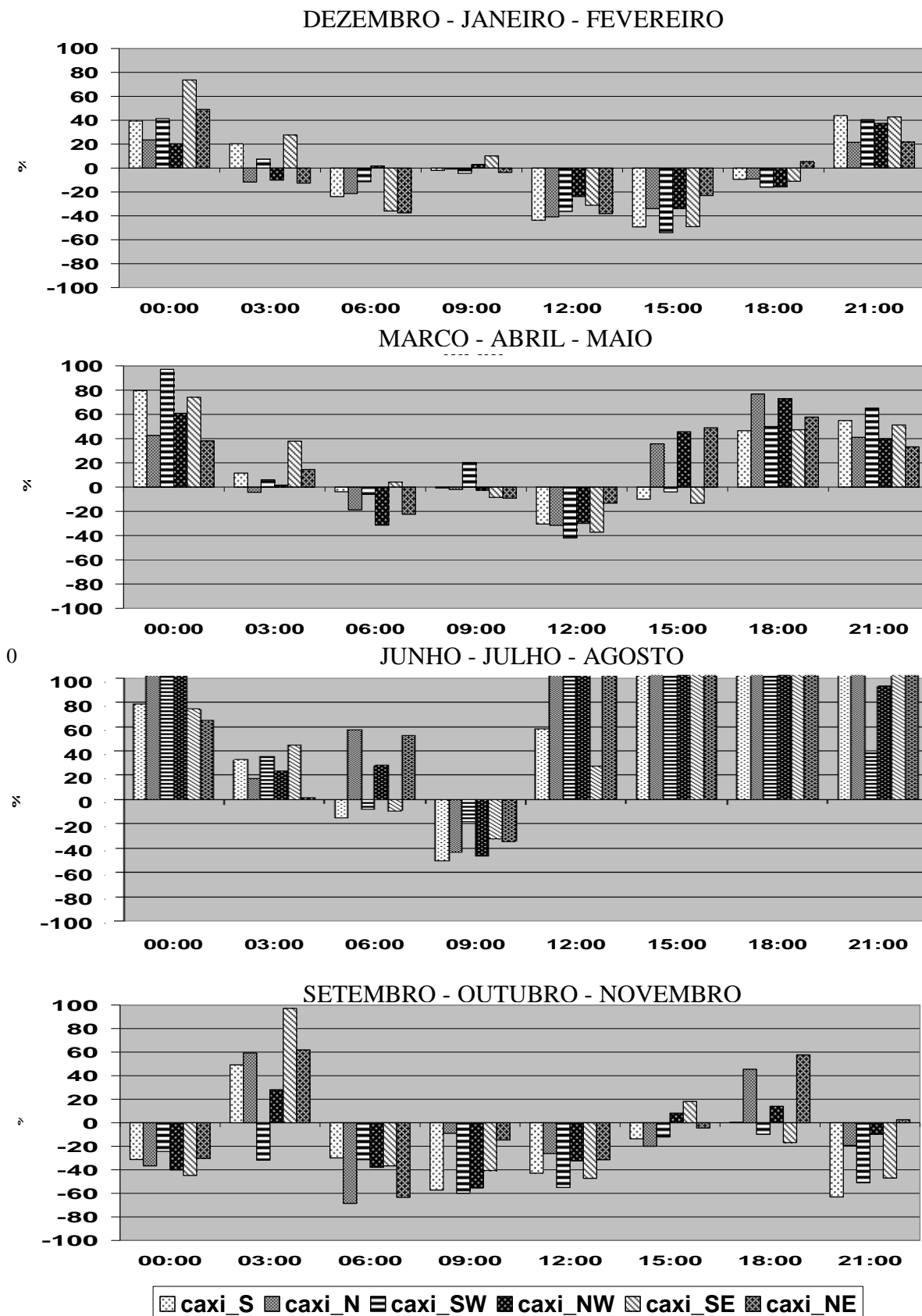


FIGURA 14 – Diferença (em %) entre o ciclo diurno médio trimestral da precipitação estimada pelo 3B42 e a precipitação medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã.

Além disso, a figura 14 mostra que SON é o trimestre que o 3B42 subestima em relação à torre a precipitação média durante quase todos os horários (com exceção de alguns setores nos horários de 15:00 HL, 18:00 HL, 21:00 HL e 03:00 HL) num percentual maior que 25% na maioria dos casos. JJA é o trimestre que o 3B42 superestima a precipitação média durante quase todos os horários (exceto às 0600 HL para as grades localizadas nos setores ao norte e às 0900 HL para todas as grades). Em geral, DJF apresenta a precipitação do 3B42 subestimada durante desde as 0600 HL até às 1800 HL em relação a torre; em MAM o mesmo acontece somente durante a manhã (0600 HL às 1200 HL).

O ciclo diurno médio da precipitação para os trimestres é apresentado na Figura 15. Durante DJF, início do período chuvoso na Amazônia oriental existem dois máximos diários de precipitação: um principal às 1800 HL e um máximo secundário as 0300 HL (o máximo secundário ocorre às 0600 HL, na grade caxi_NW), bem menor que o principal, uma vez que no final da noite e madrugada a precipitação apresenta menores valores que durante a tarde. MOTA (2003) sugeriu que este máximo principal está ligado a células convectivas locais formadas através do aquecimento diurno da superfície e o máximo secundário está relacionado com a atuação de SCMs na região.

MAM é o trimestre mais chuvoso nos intervalos de 3 horas (FIGURA 15). A principal diferença entre o ciclo diurno de MAM e DJF é que em MAM a precipitação nos horários de 15:00 HL 18:00 HL, 21:00 HL e 00:00 HL são maiores que em DJF. Este resultado pode ser atribuído à maior atuação da ZCIT e as LIs que se deslocam para o interior da Amazônia durante o trimestre de MAM que em DJF (COHEN, SILVA DIAS e NOBRE 1989).

O início do período menos chuvoso apresenta um comportamento diurno diferente em relação aos demais trimestres (FIGURA 15). O ciclo diurno de JJA apresenta, relativamente, uma maior amplitude diária de precipitação em relação às demais estações. Os valores mais elevados de precipitação encontram-se no período noturno e início da madrugada, como pico às 00:00 HL. Neste período do ano a ZCIT que está localizada no Hemisfério Norte. Sugere-se que a precipitação neste trimestre seja modulada principalmente pela atuação de Ondas de leste (MOTA, 1997) e LIs que são predominantes neste trimestre (COHEN, SILVA DIAS e NOBRE, 1995), juntamente com os efeitos locais de brisa terrestre, sendo estes sistemas responsáveis pelos maiores índices pluviométricos noturno durante o trimestre JJA. Os menores índices pluviométricos diurnos ocorrem em SON que é o trimestre menos chuvoso na região com o máximo de precipitação às 18:00 HL relacionado, principalmente com o aquecimento diurno local, e secundariamente com alguns sistemas convectivos de mesoescala que atingem Caxiuanã neste período.

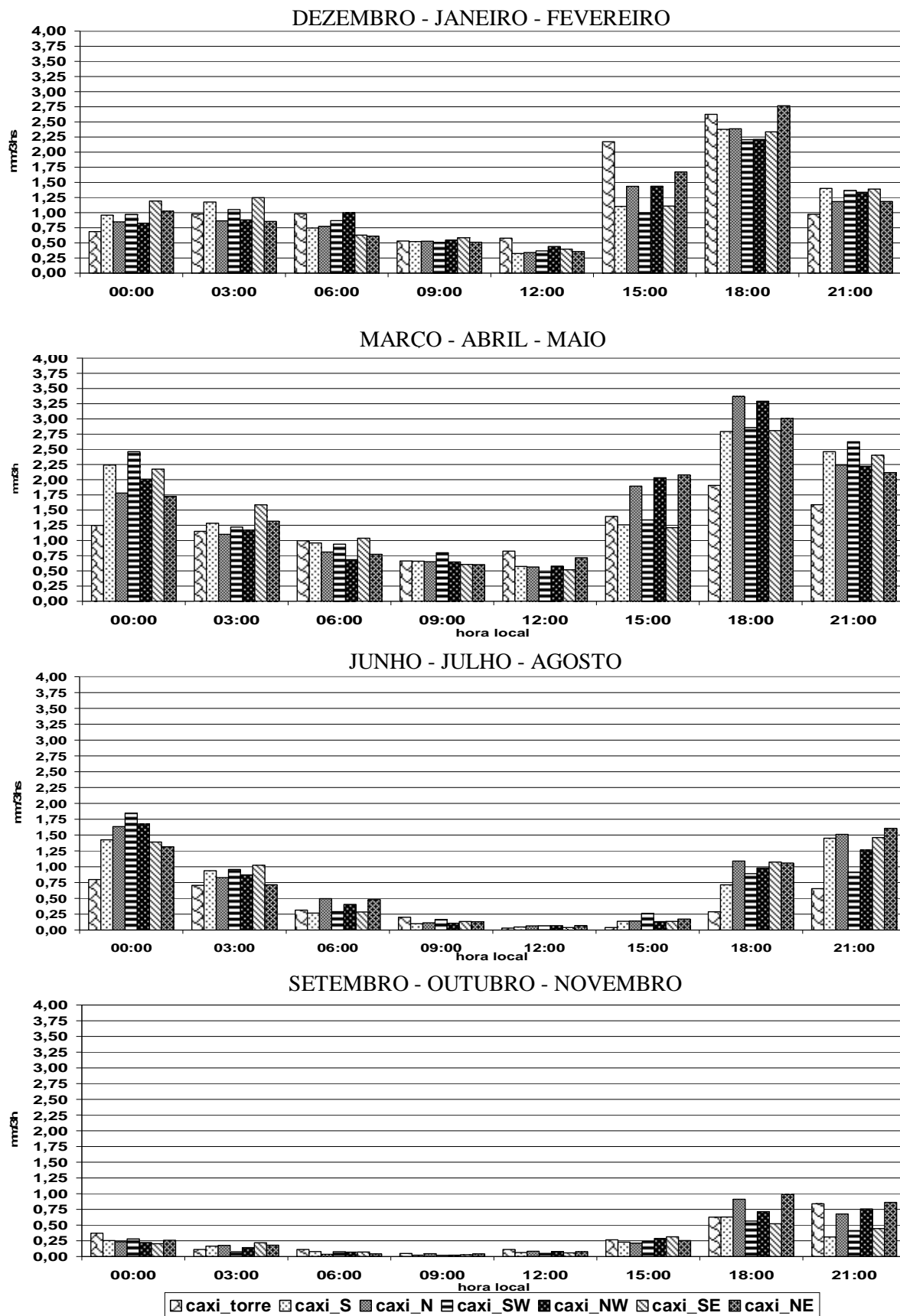


FIGURA 15- Ciclo diurno médio sazonal da precipitação medida na torre micrometeorológica em Caxiuanã e estimada através do algoritmo- 3B42 nos setores caxi_NW, caxi_SW, caxi_N, caxi_S, caxi_NE e caxi_NE.

Os ciclos diurnos sazonais médios, do período de janeiro de 2000 a setembro de 2007, aproximam-se daqueles apresentados para o período de 1998 a 2007 (A2 a A5). Assim, observa-se que apesar da retirada dos dados do 3B42 nos períodos em que os dados da torre são ausentes os dados da torre e o conjunto de dados coincidentes do 3B42 com aqueles da torre e todo o conjunto das estimativas do 3B42 de 10 anos, apresentam, aproximadamente, as mesmas características do ciclo diurno da precipitação nos quatro trimestres

3.1.2.3- Mensal

Os valores de precipitação estimados e medidos no ciclo diurno mensal não demonstram uma clara semelhança entre si, ou seja, em poucos casos os valores são aproximados e durante todos os horários são coincidentes somente com um dos setores estudados. Levando em consideração que as estimativas são médias em uma área, e os dados medidos são pontuais esta diferença é esperada (FIGURA 16).

Os meses de maio, junho e julho apresentam, em geral, durante todos os horários a precipitação superestimada pelo 3B42 em relação aos dados medidos na torre. Os meses de agosto, setembro e outubro mostram algumas estimativas do 3B42 em relação aos dados medidos na torre com um percentual de $\pm 100\%$ (figura não mostrada), isto acontece quando não há precipitação registrada na torre na média mensal dos aproximados 8 anos de dados e há no conjunto de dados estimados. Da mesma forma como ocorre em todos os meses menos chuvosos quando existem altos percentuais (maiores que 350%) das diferenças entre o algoritmo e o dado medido como, por exemplo: o mês de junho apresenta, na grade caxi_NW, às 15:00 HL uma estimativa do 3B42 1290% maior do que o dado médio para esse mês e horário na torre, entretanto o valor da precipitação média na torre é de 0,02 mm/3hs e na grade caxi_NW é de 2,28 mm/3hs, demonstrando assim que durante o período menos chuvoso, nos horários de menores índices pluviométricos, devido os menores valores de precipitação as percentagens entre a diferença dos dados estimados pelo 3B42 e medidos na torre serão elevadas.

O ciclo diurno da precipitação mensal é apresentado na Figura 16. As médias da precipitação nos meses de dezembro a maio apresentam valores em todos os períodos de três em três horas. Os meses de novembro a fevereiro tem um pico principal vespertino tanto na torre como nas estimativas, mais precisamente às 18:00 horas para o mês de novembro a janeiro, e em fevereiro nos setores caxi_SW, caxi_S, caxi_SE e caxi_N (nas demais grades e na torre no mês de fevereiro o máximo vespertino ocorre às 15:00 HL).

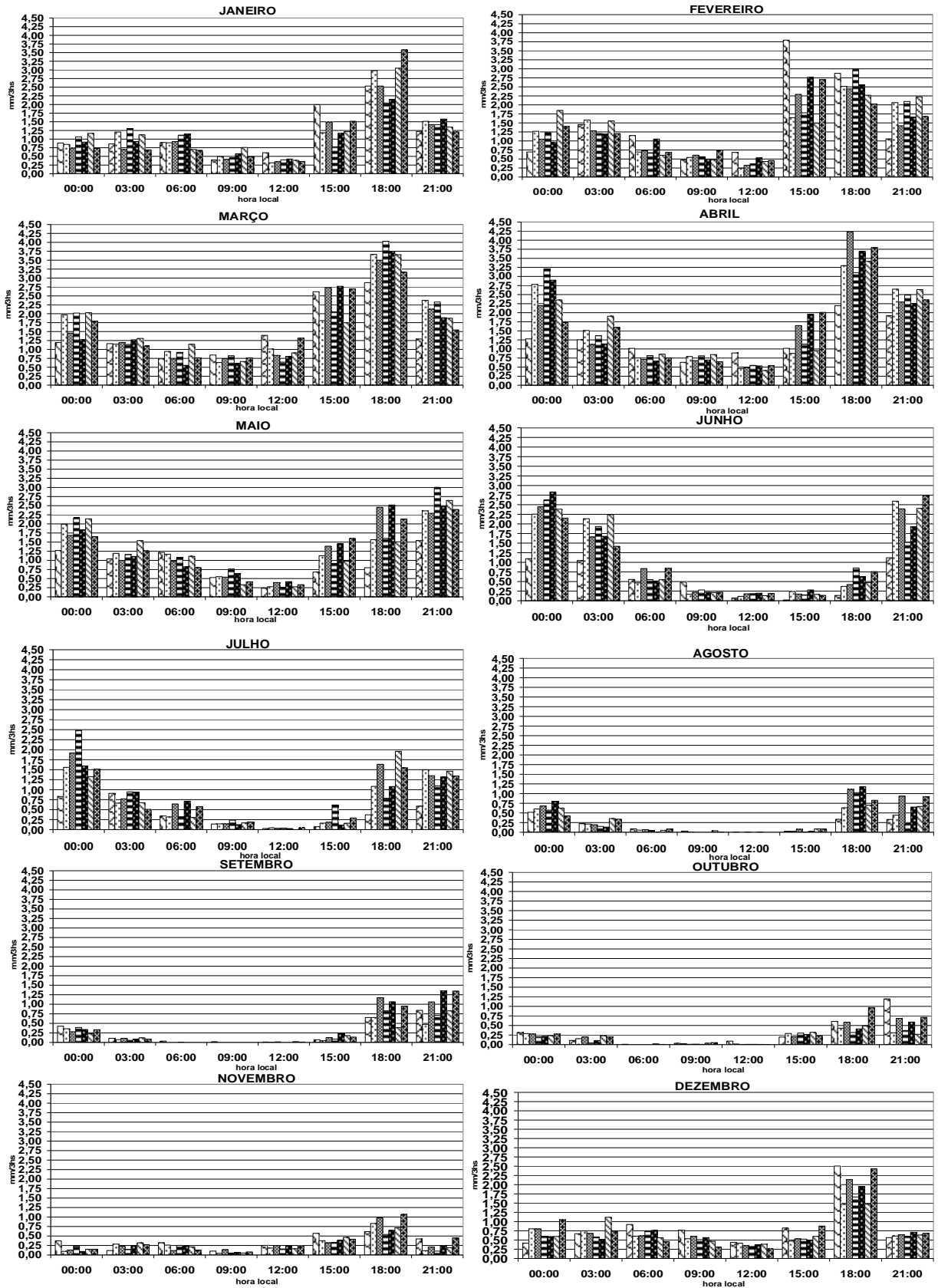


FIGURA 16 - Ciclo diurno médio mensal da precipitação medida na torre em Caxiuanã e estimada através do 3B42 nos setores caxi_NW, caxi_SW, caxi_N, caxi_S, caxi_NE e caxi_NE.

Assim como nas análises do ciclo diurno médio trimestral, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, além do máximo principal vespertino, existe um máximo secundário noturno ligado a atuação de SCMs.

Nos meses de fevereiro e agosto o valor da precipitação é maior no período da tarde, com valores menores para o período noturno e madrugada. (porém, ainda elevados quando comparado nos demais meses no mesmo horário) Cohen, Silva Dias e Nobre (1989) mostraram que a maior ocorrência de LIs ocorre entre os meses de abril a agosto. Assim sugere-se que esta precipitação noturna ocorre devido a presença de LIs formadas na região costeira da Amazônia Oriental e atinge a Caxiuanã no período noturno aumentando os índices pluviométricos noturnos durante este período. Nos meses de maio a setembro é verificado que os máximos principais diurnos de precipitação passam de vespertinos para noturnos. Especula-se que a passagem das LIs na região de Caxiuanã determine estes máximos noturno nestes meses.

Assim como na análise trimestral, observou-se que os ciclos diurnos mensais médios, do período de janeiro de 2000 a setembro de 2007, aproximam-se daqueles apresentados para o período de 1998 a 2007 (A6 a A17). Portanto, observa-se que apesar da retirada dos dados do 3B42 nos períodos em que os dados da torre são ausentes os dados da torre e o conjunto de dados coincidentes do 3B42 com aqueles da torre e todo o conjunto das estimativas do 3B42 de 10 anos, apresentam, aproximadamente, as mesmas características do ciclo diurno da precipitação nos quatro trimestres.

De forma geral percebe-se que o ciclo diurno de precipitação na Região de Caxiuanã está ligado ao aquecimento convectivo diurno da superfície associado com a disponibilidade de umidade; atuação de sistemas de mesoescala, como as LIs e durante o período chuvoso ambos os sistemas de mesoescala interagindo com a ZCIT, entre outros. Sugere-se que o ciclo diurno da precipitação média mensal pode estar relacionado também com efeitos de circulação local, pois como a superfície do setor norte é composta na sua maior parte por porção terrestre e o setor sul por sua vez apresenta a maior parte do seu território composta de rios faz com que haja o aquecimento diferencial das superfícies. Com isso é possível que haja diferentes respostas na formação de nuvens e conseqüente precipitação na região

3.2 DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

A precipitação em um local está ligada à complexos mecanismos que partem desde a microescala até a escala sinótica, em virtude disto, a partir deste ponto será estudada a distribuição da precipitação em toda a Amazônia Oriental analisando e comparando de forma espaço-temporal, a precipitação através de cinco algoritmos estimadores que são: 3B42, GPI, 3A25 e 3A12 e GPCC.

3.2.1 Distribuição Anual

A Região Amazônica possui, alta pluviosidade distribuída diferentemente ao longo do ano e com características regionais distintas. A distribuição média anual da precipitação no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007 na Amazônia Oriental mostra os maiores valores de precipitação na região costeira da Amazônia, desde o Amapá até o nordeste paraense, chegando, através das estimativas do 3B42 (FIGURA 17) e dos dados de pluviômetros do GPCC (FIGURA 18), a 3000 mm/ano, semelhante à Figura 2 de Figueroa e Nobre (1990). Esta área de alta pluviosidade deve-se, principalmente à atuação de Linhas de Instabilidade ao longo da região costeira e com a ZCIT (COHEN, SILVA DIAS e NOBRE, 1995). Porém, o algoritmo GPI (FIGURA 19) subestima estes valores em relação aos demais algoritmos, em média mais de 50%, na faixa litorânea do Amapá e Guiana Francesa.

O 3A25 (FIGURA 20) apresenta a precipitação subestimada em relação ao 3A12 (FIGURA 21) na região da Ilha do Marajó e o oposto acontece na faixa litorânea do Amapá e Guianas. Tanto o 3A12 quanto o 3A25 mostram menor taxa pluviométrica que as demais fontes de dados aqui mostradas, o que pode estar relacionado com a órbita do TRMM que faz com que a amostragem dos dados estimados do 3A12 e 3A25 seja diferente da amostragem das demais estimativas.

A região sudoeste da Amazônia Oriental também apresenta altos valores de precipitação média anual, cerca de 2000 a 2500 mm/ano (FIGUEROA e NOBRE, 1990). Figueroa, Satyamurty e Silva Dias (1995) afirmam que os elevados índices pluviométricos nesta região são provavelmente devido aos efeitos topográficos causado pela Cordilheira dos Andes sobre a circulação de baixos níveis. As estimativas 3A12 (FIGURA 21) e GPI (FIGURA 19) superestimam a precipitação nessa região. O primeiro ocorre devido a erros de amostragem e o segundo devido à presença de nuvens altas (com temperaturas do topo da nuvem menores que 235 K) que não precipitam e o GPI às associam com precipitação.

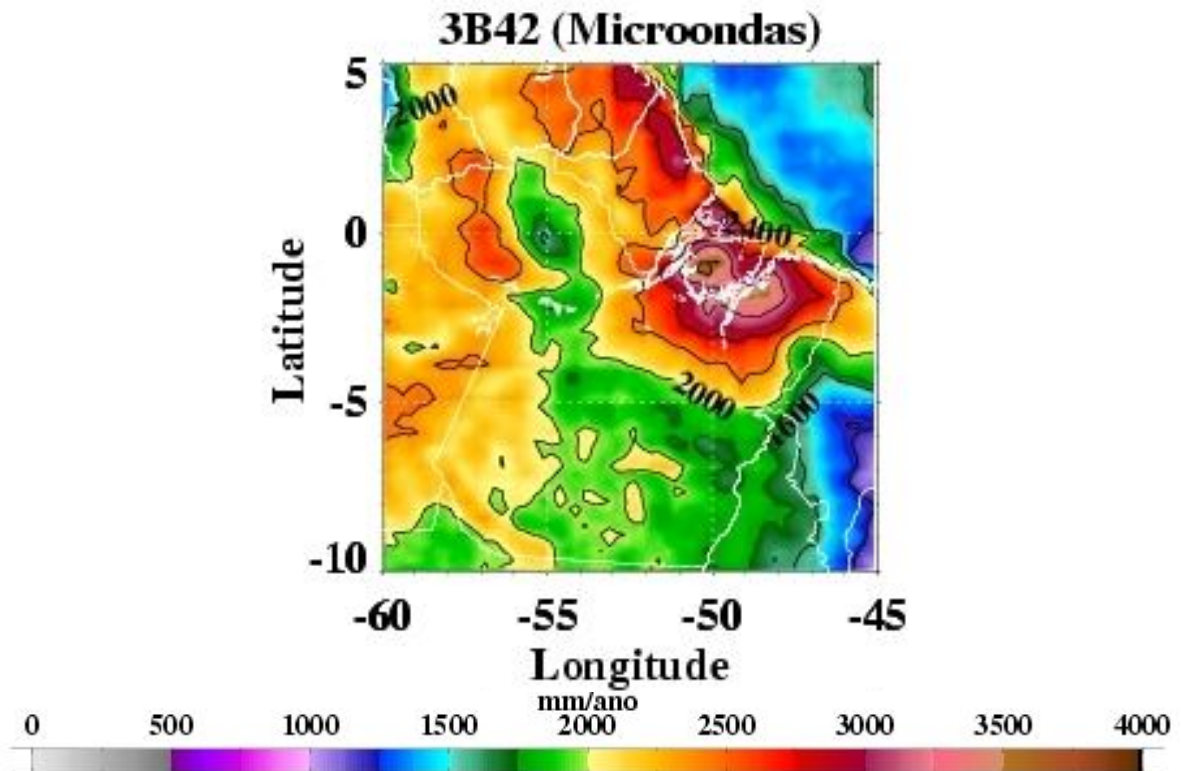


FIGURA 17 - Distribuição média anual da precipitação na Amazônia Oriental através do 3B42 (Canal de Microondas combinado com canal infravermelho).

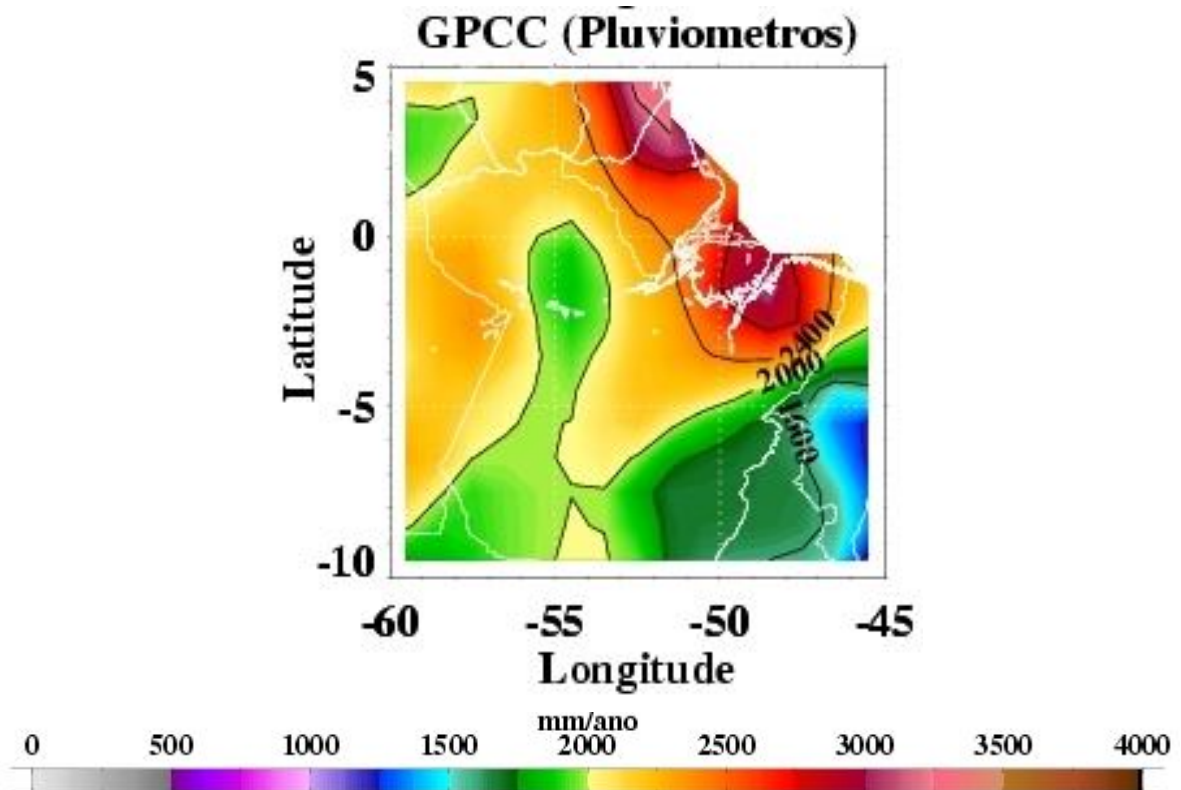


FIGURA 18 - Distribuição média anual da precipitação na Amazônia Oriental através do GPCC (pluviômetros)

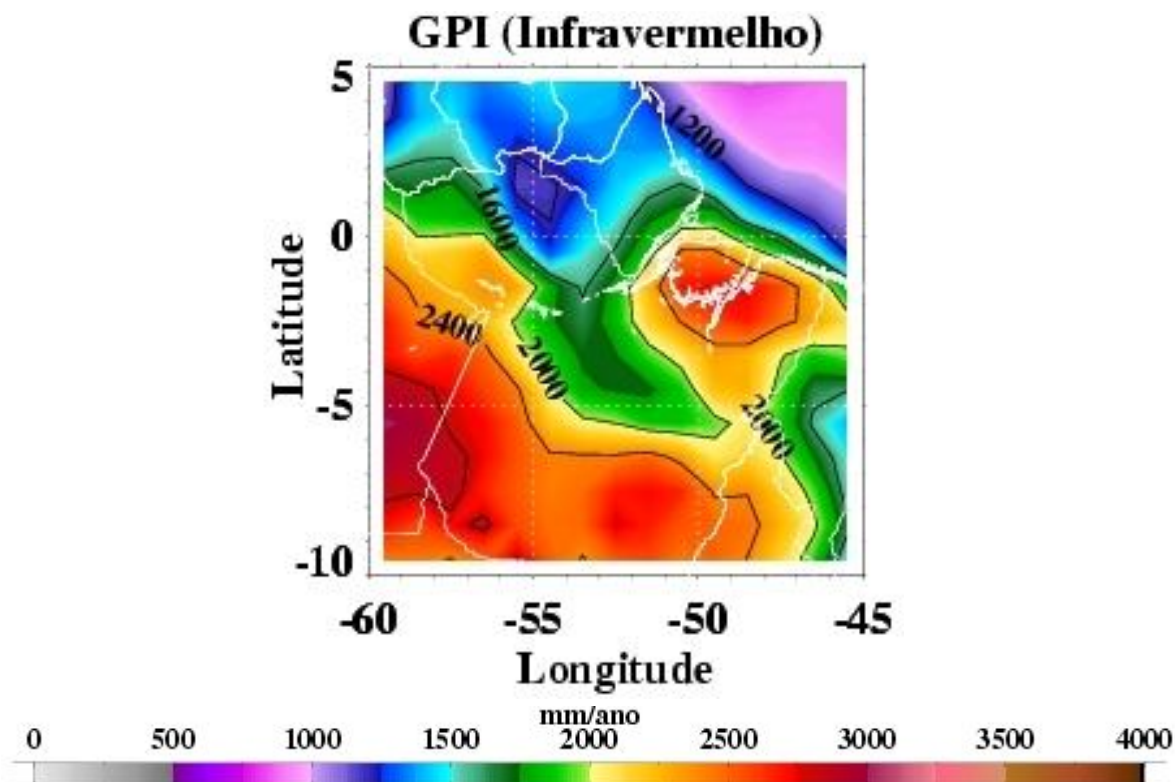


FIGURA 19 - Distribuição média anual da precipitação na Amazônia Oriental através do GPI (Infravermelho)

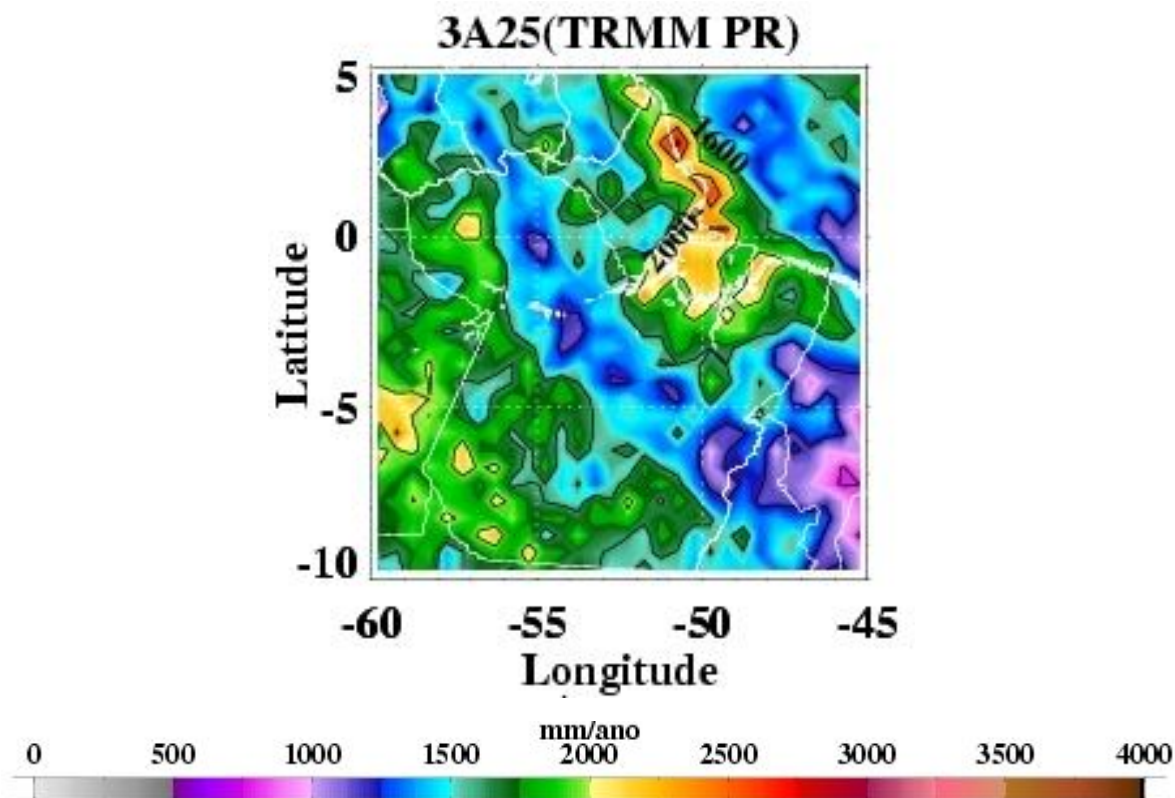


FIGURA 20 - Distribuição média anual da precipitação na Amazônia Oriental através do 3A25 (Radar).

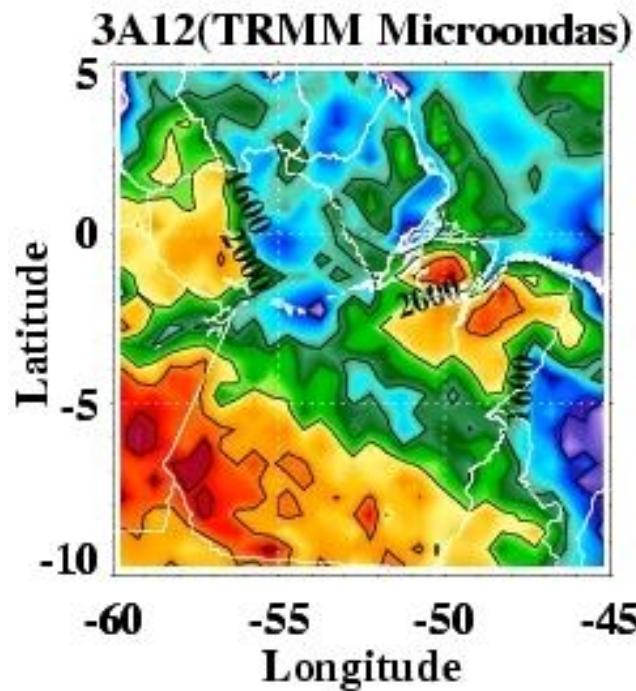


FIGURA 21- Distribuição média anual da precipitação na Amazônia Oriental através do 3A12 (Microondas).

3.2.2 –Distribuição Trimestral

A Região Amazônica possui uma marcha anual de precipitação bem definida e influenciada principalmente pelo deslocamento norte-sul da ZCIT (RAO e HADA, 1990). Durante o verão austral (DEZEMBRO-JANEIRO-FEVEREIRO), que representa o início da estação chuvosa, a Amazônia apresenta altos índices pluviométricos tanto nos algoritmos estimadores dos satélites 3B42 (FIGURA 22a), GPI (FIGURA 22b), 3A25 (FIGURA 22d) e 3A12 (FIGURA 22e), quanto no GPCC (FIGURA 22c) na região central, na faixa de orientação NW-SE, que estão relacionados com a ZCAS, que é um dos sistemas meteorológicos que tem forte influência na precipitação Amazônica neste período do ano. Entretanto o GPI e o 3A12 superestimam a precipitação nessa região. Outro núcleo de máxima precipitação é observado Amazônia oriental na faixa litorânea da Amazônia Oriental nos dados estimados, que utilizam o canal de microondas, radar e GPCC, porém nos dados estimados que utilizam o canal infravermelho os valores de máximas precipitações estão subestimados e não abrangem a região costeira das Guianas e Amapá.

No trimestre de MARÇO-ABRIL-MAIO, estação chuvosa na Amazônia oriental, as isoetas de maiores valores estão no setor norte da Amazônia oriental, associado com a interação da ZCIT na formação de LIs (COHEN, SILVA DIAS e NOBRE, 1995) Isso pode

ser notado tanto nas estimativas de satélite (FIGURAS 23a, 23c, 23d, 23e) quanto nos dados provenientes de pluviômetros (FIGURA 23c). Os índices de precipitação oscilam entre 300 mm/mês e 350 mm/mês; no entanto o GPI (FIGURA 23b) subestima todos os máximos valores em relação às demais fontes de dados apresentadas.

Em JUNHO-JULHO-AGOSTO, período em que a ZCIT situa-se na sua posição mais ao norte, é o período menos chuvoso na Amazônia, e está claramente representado na FIGURA 24. Entretanto, existem regiões em que a precipitação apresenta índices significativos (cerca de 150 mm/mês) na Ilha do Marajó relacionados com a formação de LIs (COHEN, SILVA DIAS e NOBRE,1995). Novamente o GPI (FIGURA 24b) e o 3A12 (FIGURA 24e) subestimam a precipitação na região costeira do Amapá e Guianas durante este trimestre.

Com o início do período de aumento da atividade convectiva na Amazônia a média de precipitação do trimestre SETEMBRO-OUTUBRO-NOVEMBRO tem o aumento nos valores de precipitação na região central da Amazônia nas cinco fontes de dados (FIGURA 25). No entanto, o GPI (FIGURA 25b) e o 3A12 (FIGURA 25e) estão superestimando a precipitação nesta região em comparação ao 3B42 (FIGURA 25a), GPCC (FIGURA 25c) e 3A25 (FIGURA 25d).

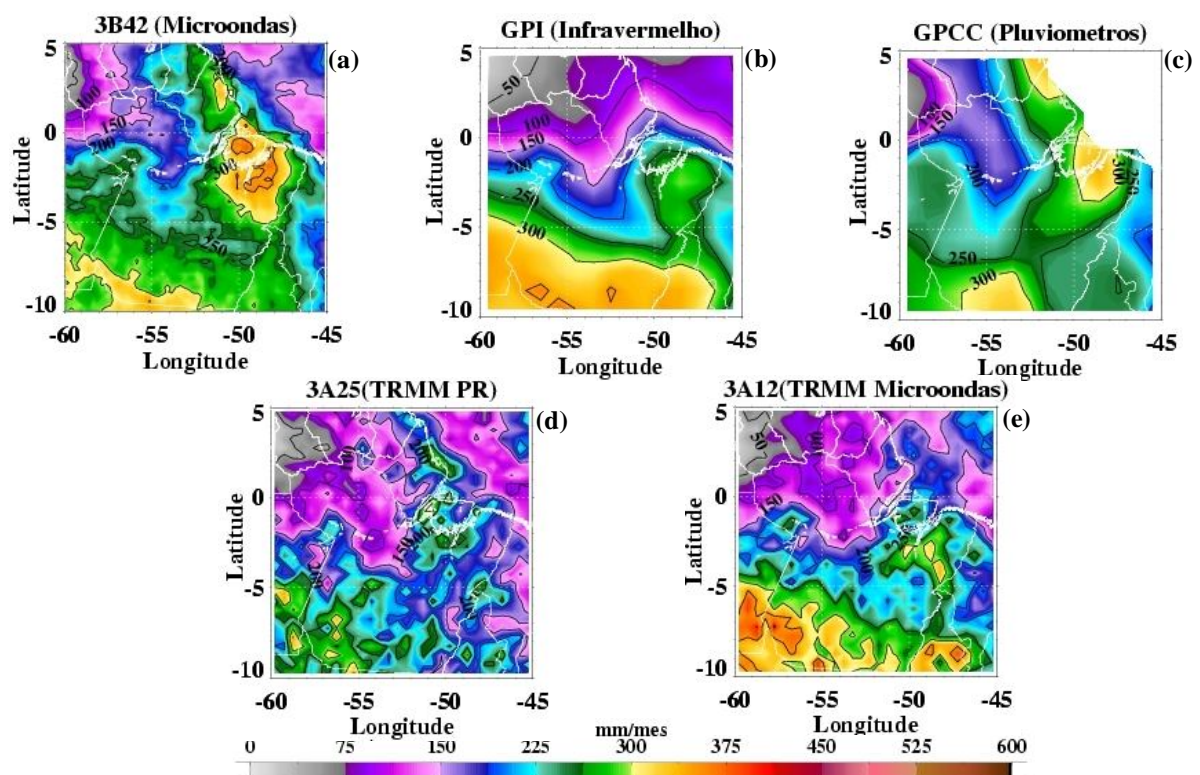


FIGURA 22- Distribuição média trimestral (DEZEMBRO - JANEIRO - FEVEREIRO) da precipitação na Amazônia Oriental através do 3B42 (a), GPI (b), GPCC (c), 3A25 (d) e 3A12 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

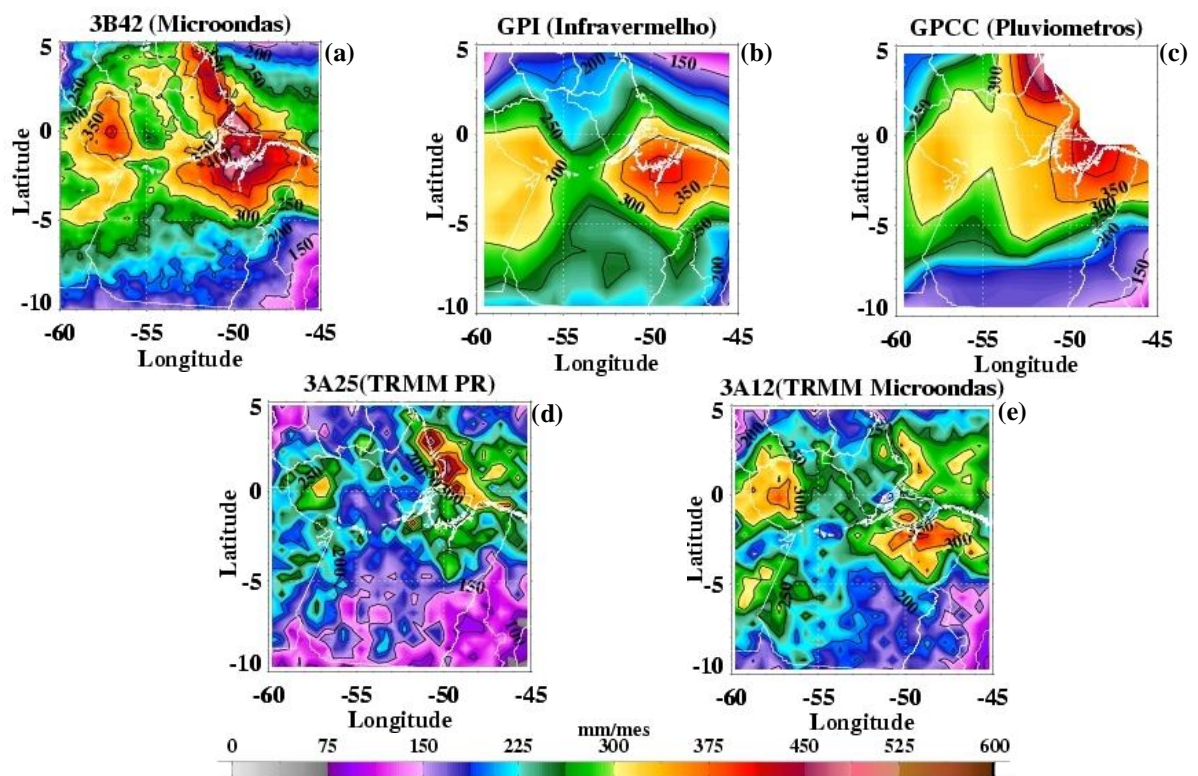


FIGURA 23- Distribuição média trimestral (MARÇO - ABRIL - MAIO) da precipitação na Amazônia Oriental através do 3B42 (a), GPI (b), GPCC (c), 3A25 (d) e 3A12 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

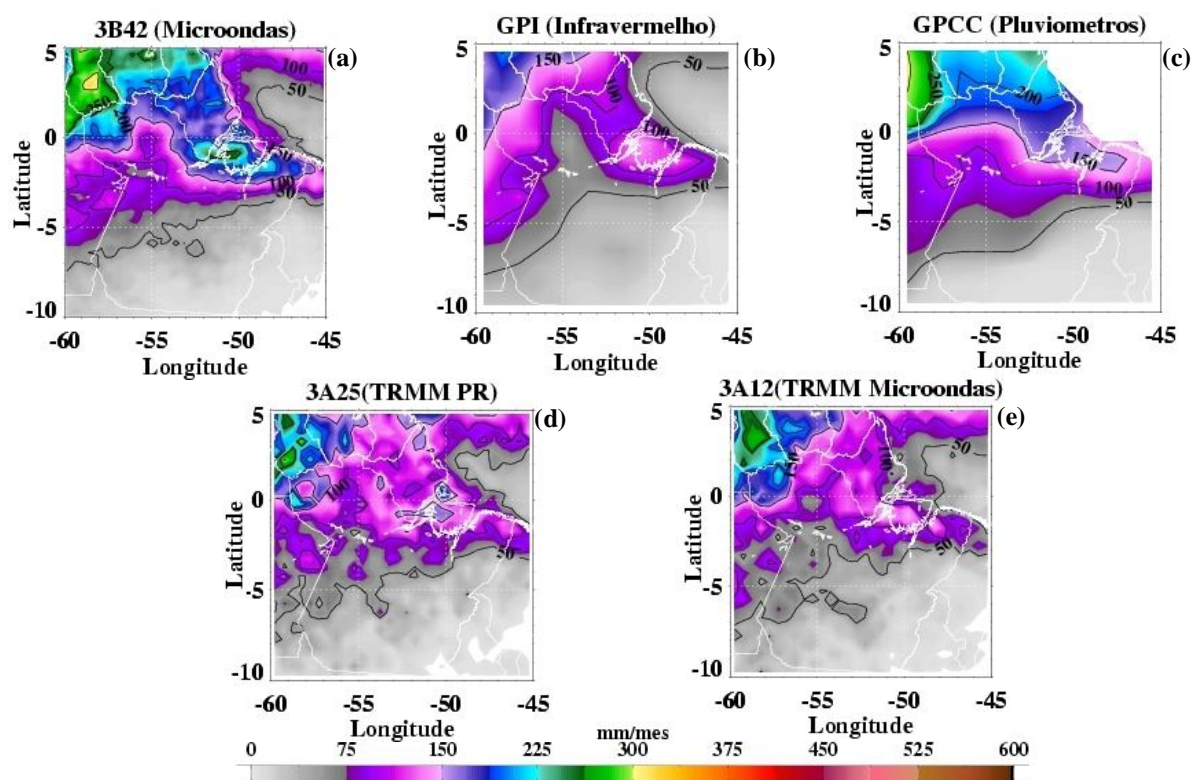


FIGURA 24- Distribuição média trimestral (JUNHO - JULHO - AGOSTO) da precipitação na Amazônia Oriental através do 3B42 (a), GPI (b), GPCC (c), 3A25 (d) e 3A12 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

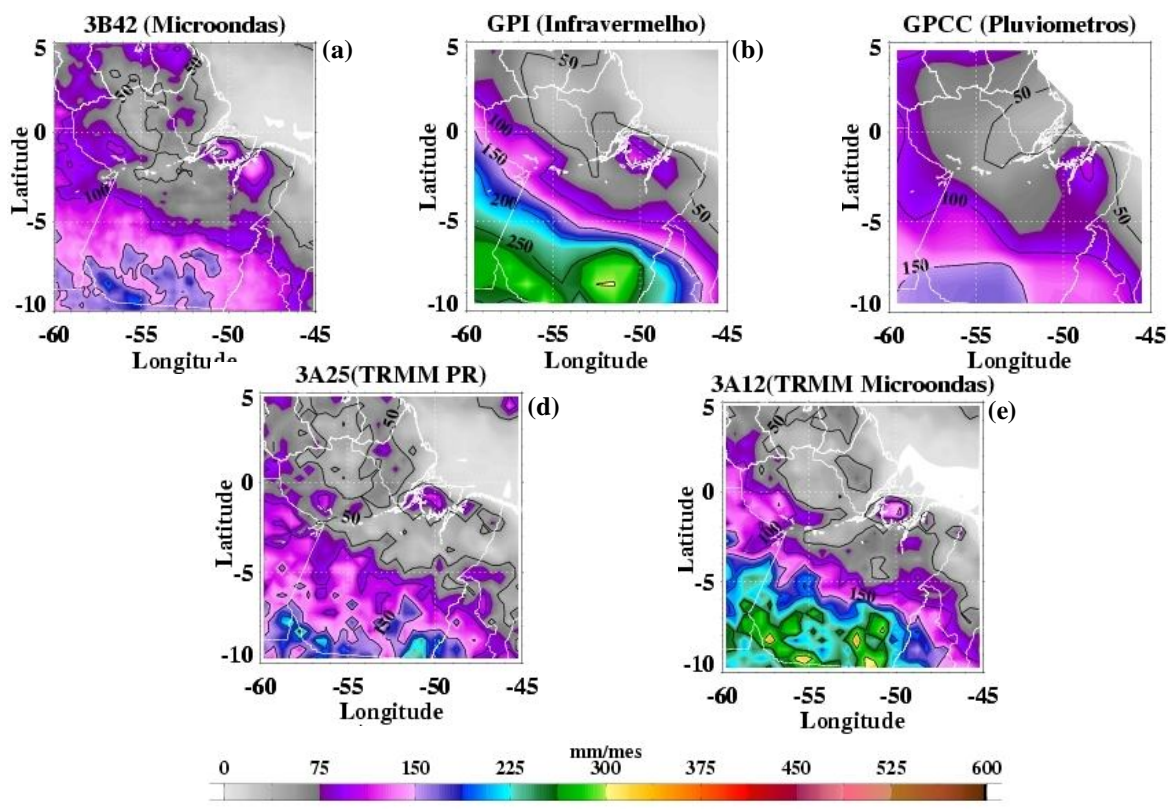


FIGURA 25- Distribuição média trimestral (SETEMBRO - OUTUBRO – NOVEMBRO) da precipitação na Amazônia Oriental através do 3B42 (a), GPI (b), GPCC (c), 3A25 (d) e 3A12 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

3.2.3 Distribuição Mensal

A distribuição da precipitação mensal na Amazônia Oriental mostra de forma mais clara os máximos de precipitação ligados com o posicionamento da ZCIT. Isto sugere a influência da grande escala na variabilidade espacial da precipitação na região. Os meses de dezembro a maio têm os maiores valores de precipitação na Amazônia oriental, sendo fevereiro o mês mais chuvoso para o centro da Amazônia Oriental, e março na faixa ao longo da região costeira do Pará e Amapá.

No mês de janeiro (FIGURA 26) a distribuição mensal do 3B42 (FIGURA 26a), GPCC (FIGURA 26b) e o 3A25 (FIGURA 26b) são semelhantes (porém, o GPCC mostra algumas diferenças nos locais onde há falta de estações como no NW do Pará). Ambos mostram o máximo de precipitação no setor sul-sudoeste e no litoral da Amazônia Oriental. O 3A12 (FIGURA 26d) e o GPI (FIGURA 26c) subestimam a precipitação nas guianas e superestimam no sul-sudoeste da Amazônia Oriental. Ao longo dos meses de fevereiro (FIGURA 27), março (FIGURA 28) e abril (FIGURA 29) os máximos de precipitação se deslocam para a região costeira da Amazônia Oriental e nos três meses, como mostram as FIGURAS 27d, 28d e 29d, a distribuição mensal da precipitação parece estar acima do normal próximo ao Amapá e Guiana Francesa e abaixo dos demais algoritmos sob a Ilha do Marajó.

O mês de maio (FIGURA 30) apresenta o máximo de precipitação sobre a Guiana Francesa e Amapá, entretanto no algoritmo GPI (FIGURA 30c) há um padrão diferente das demais fontes de dados apresentadas, assim como a distribuição através dos pluviômetros (FIGURA 30b), que não destaca o máximo de precipitação na região litorânea do Pará.

Os valores mais elevados de precipitação estão localizados próximo a latitude de 5°N nos meses de junho (FIGURA 31) e julho (FIGURA 32). Todavia todas as estimativas mostram ainda altos valores de precipitação na zona costeira do Pará, principalmente o 3B42. Os meses de junho julho e agosto (FIGURA 33) são aqueles que registram menos precipitação na Amazônia Oriental, porém a região da ilha do Marajó e costa do Amapá tem influência de sistemas de circulação local, como linhas de instabilidade (COHEN, SILVA DIAS e NOBRE, 1995) provocando precipitação durante esse período.

A distribuição da precipitação no mês de setembro (FIGURA 34) apresenta um acréscimo nos valores de precipitação no setor SW da Amazônia Oriental estando superestimado no GPI (FIGURA 34c) e 3A12 (FIGURA 34d). Assim, é notado o início no aumento da atividade convectiva na circulação de baixos níveis, pôde ser na distribuição média sazonal. Isto é mais perceptível ainda no decorrer dos meses de outubro (FIGURA 35)

e novembro (FIGURA 36) (MARENGO et al., 2001) com o aumento dos índices pluviométricos na faixa de atuação de sistemas meteorológicos como ZCAS e Alta da Bolívia que contribuem para produção de precipitação na região. As FIGURAS 35c e 35d mostram valores próximos a 350 mm/mês na região sul-sudoeste da Amazônia Oriental diferente das demais fontes de dados que apresentam valores abaixo de 250 mm/mês. O mês de dezembro (FIGURA 37) apresenta o aumento da precipitação na zona costeira da Amazônia oriental, com exceção ao GPI (FIGURA 37c) e 3A12 (FIGURA 37c).

De forma geral, a precipitação estimada através do canal infravermelho em todos os casos (médias anual, trimestral e mensal) em relação aos demais algoritmos estimadores e pluviômetros, aparecem subestimada na região costeira do Amapá e Guiana Francesa.

A FIGURA 38 apresenta a taxa de precipitação rasa, aquela proveniente de nuvens com pouco desenvolvimento vertical, média dos dez anos de dados estimados (janeiro 1998 a dezembro de 2007) pelo PR (3A25) mês a mês. A região litorânea do Amapá e Guiana Francesa é se destaca na maioria dos meses (exceção de setembro, outubro e novembro, pois durante esse período os índices de precipitação são abaixo de 35 mm/mês) com precipitação proveniente de nuvens com baixo desenvolvimento vertical. Este resultado corrobora com Mota (2003) que usou a análise de distribuição de relâmpagos na América do Sul e sugeriu que grande parte da precipitação nesta região é de natureza oceânica, com pouca profundidade e confinada na baixa troposfera.

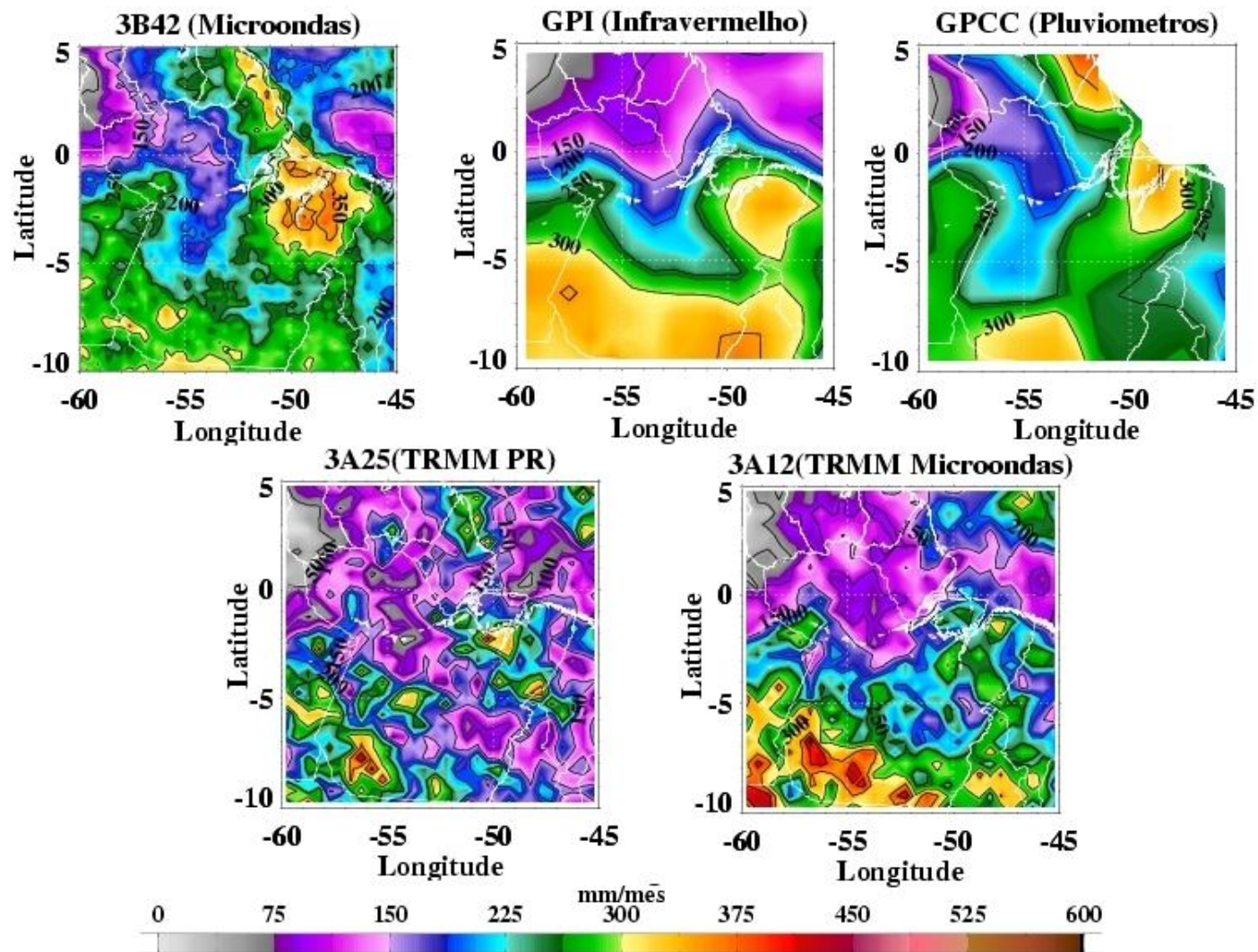


FIGURA 26- Distribuição média da precipitação na Amazônia Oriental para o mês de JANEIRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

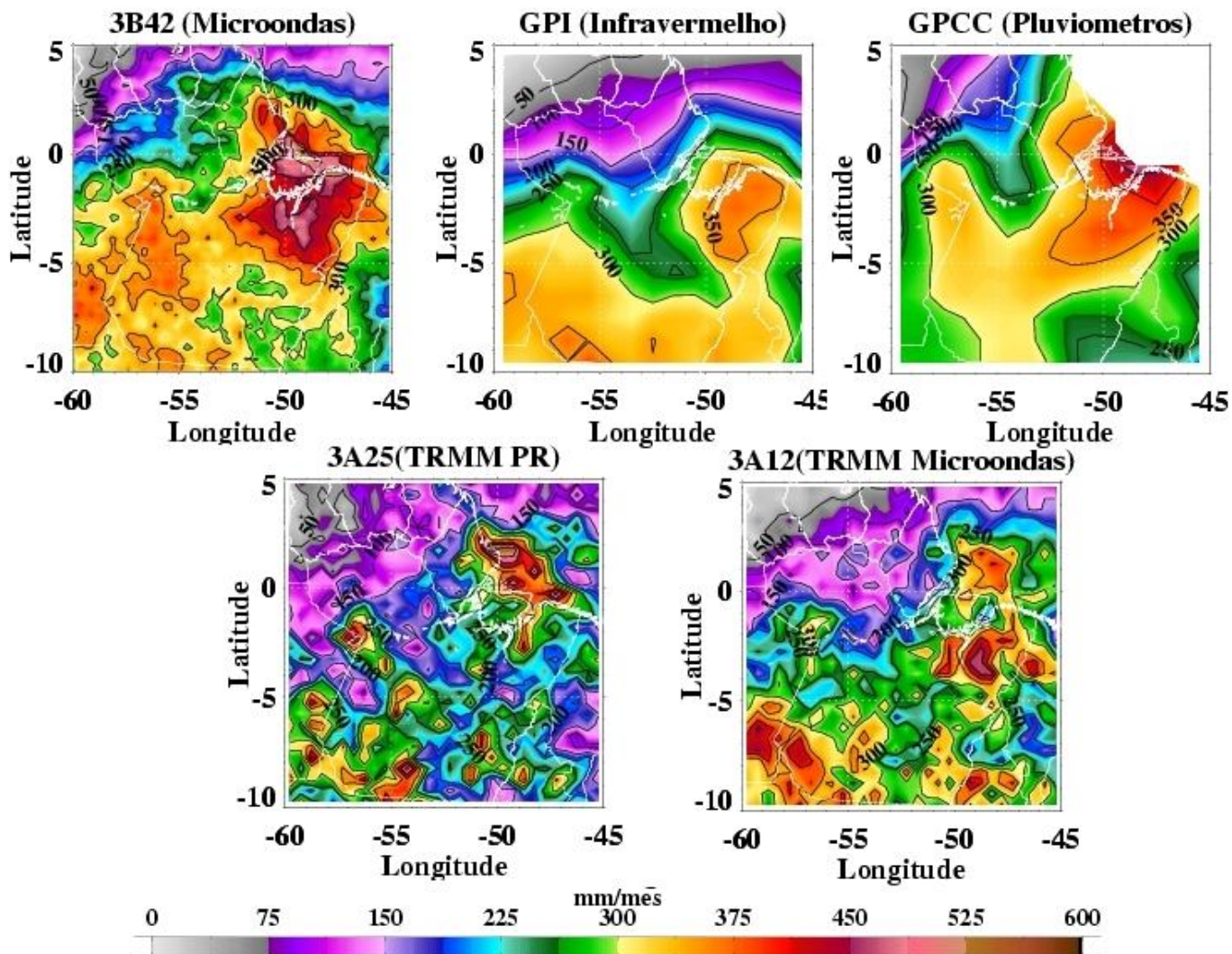


FIGURA 27- Distribuição média da precipitação na Amazônia Oriental para o mês de FEVEREIRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

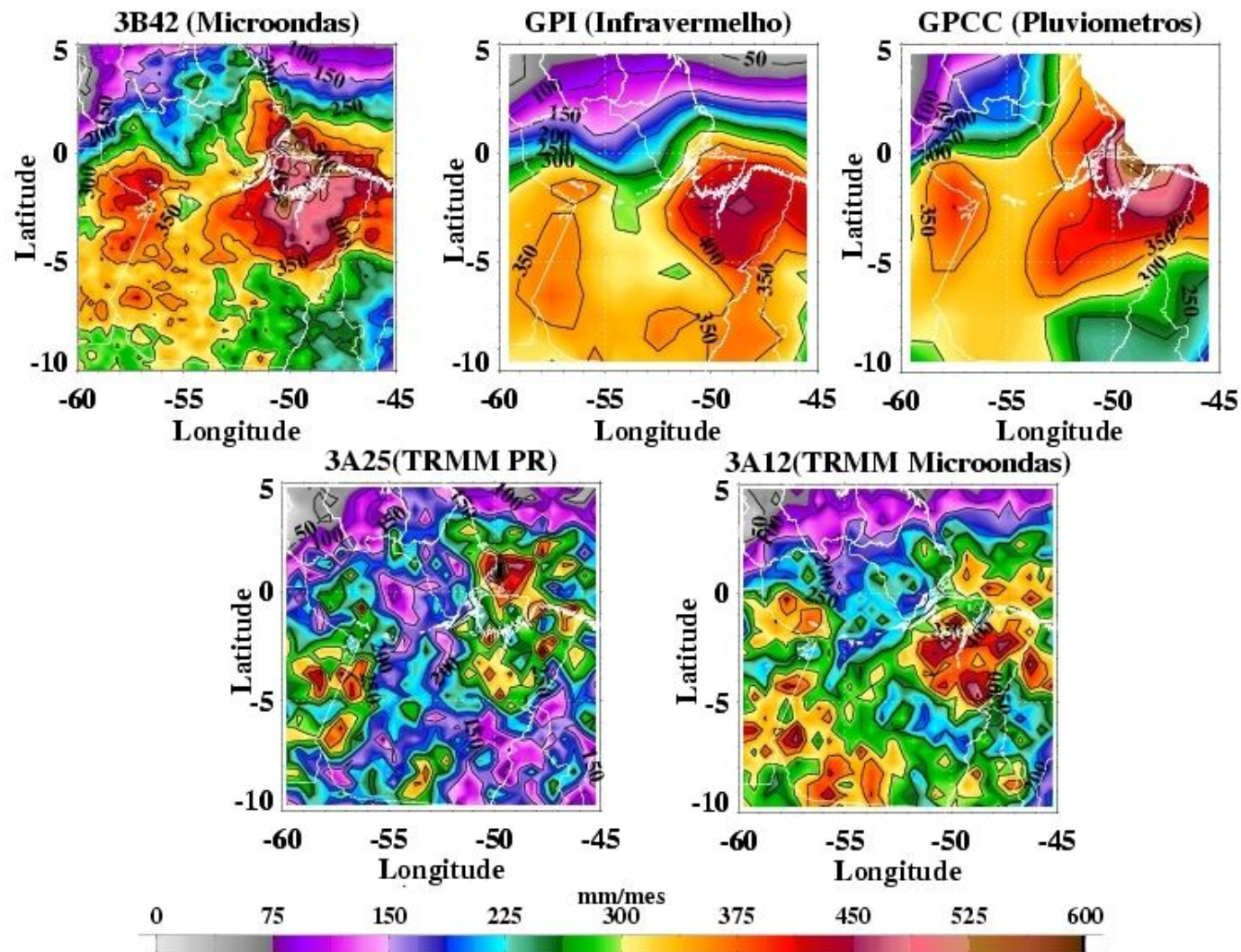


FIGURA 28- Distribuição média da precipitação na Amazônia Oriental para o mês de MARÇO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

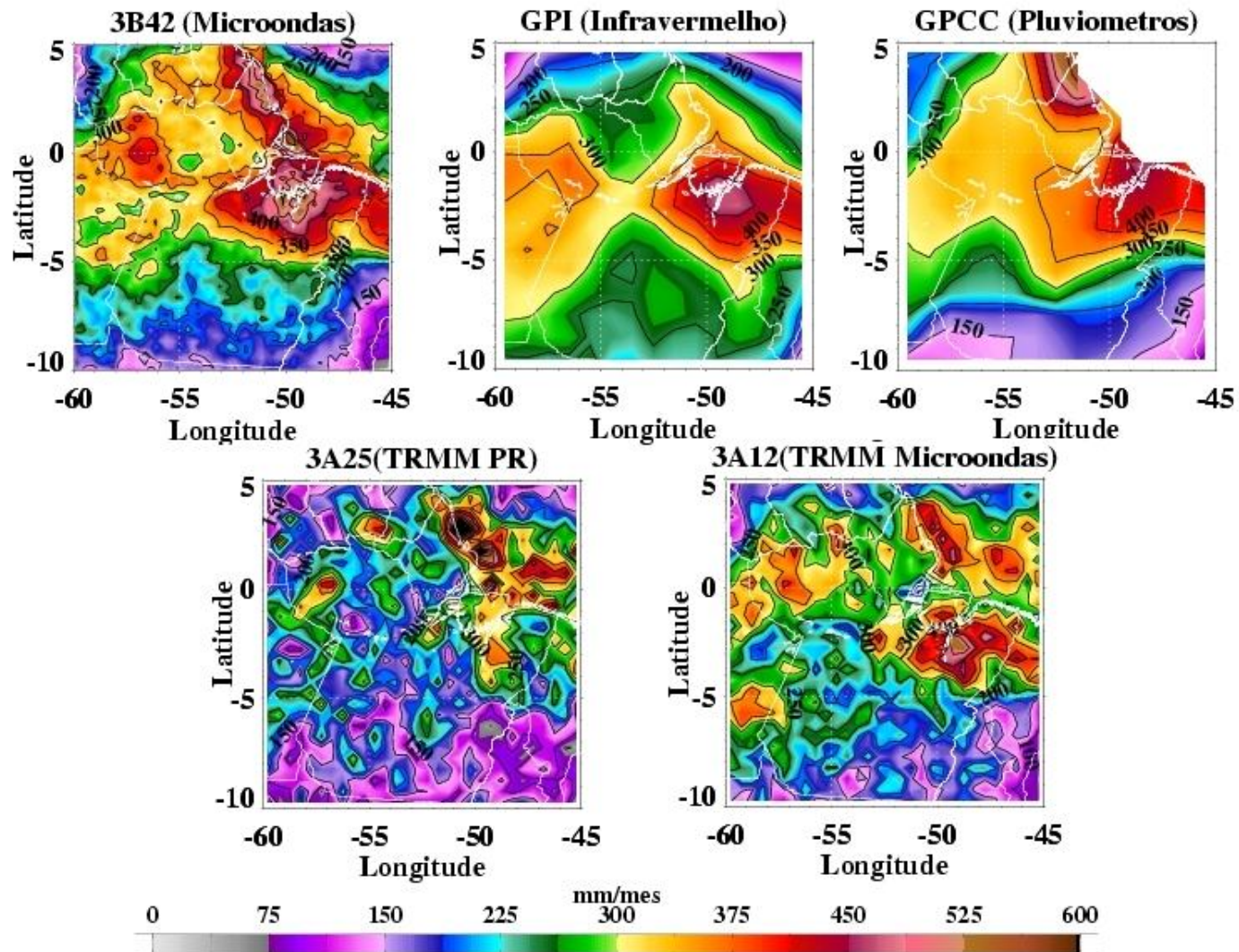


FIGURA 29- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de ABRIL através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

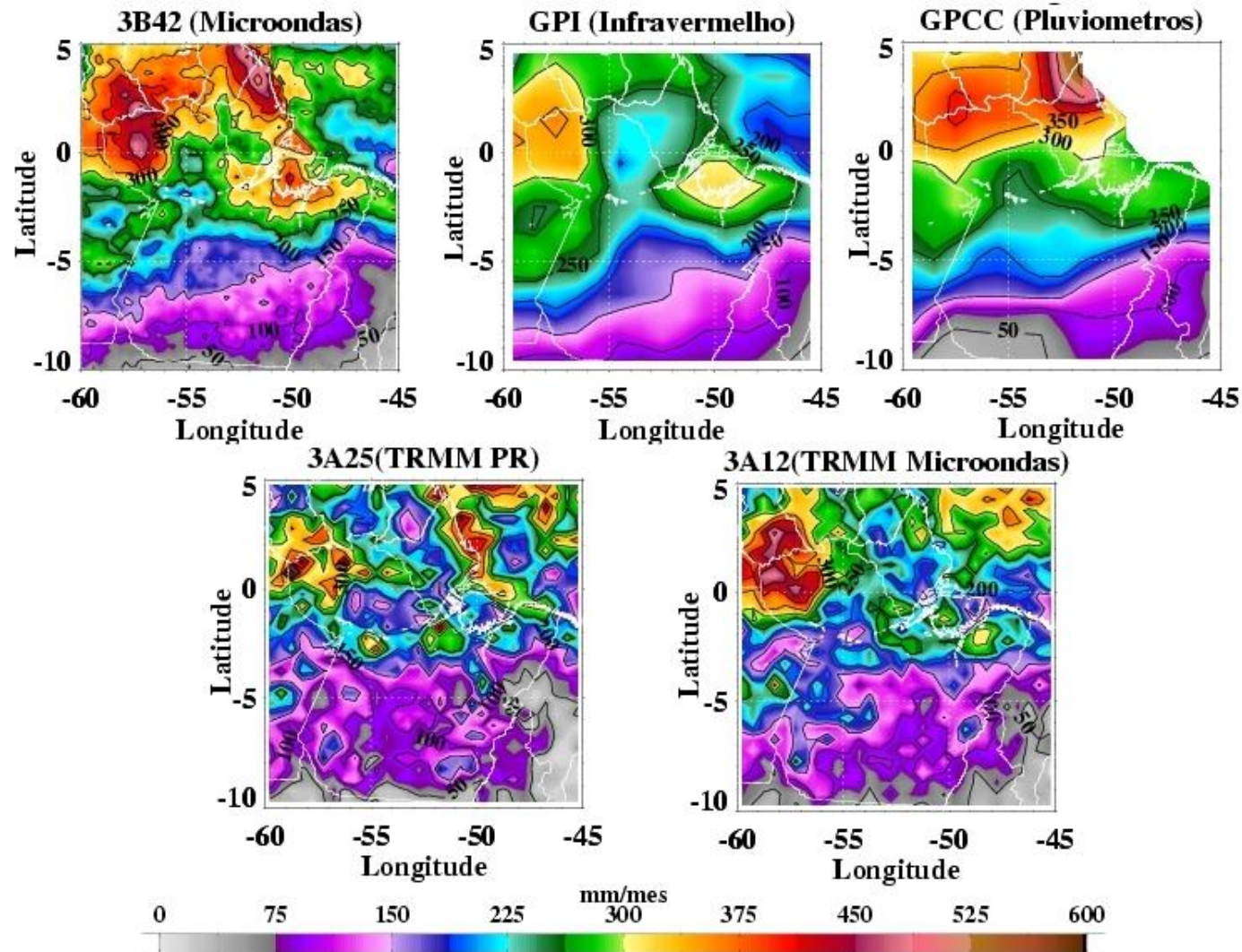


FIGURA 30- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de MAIO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

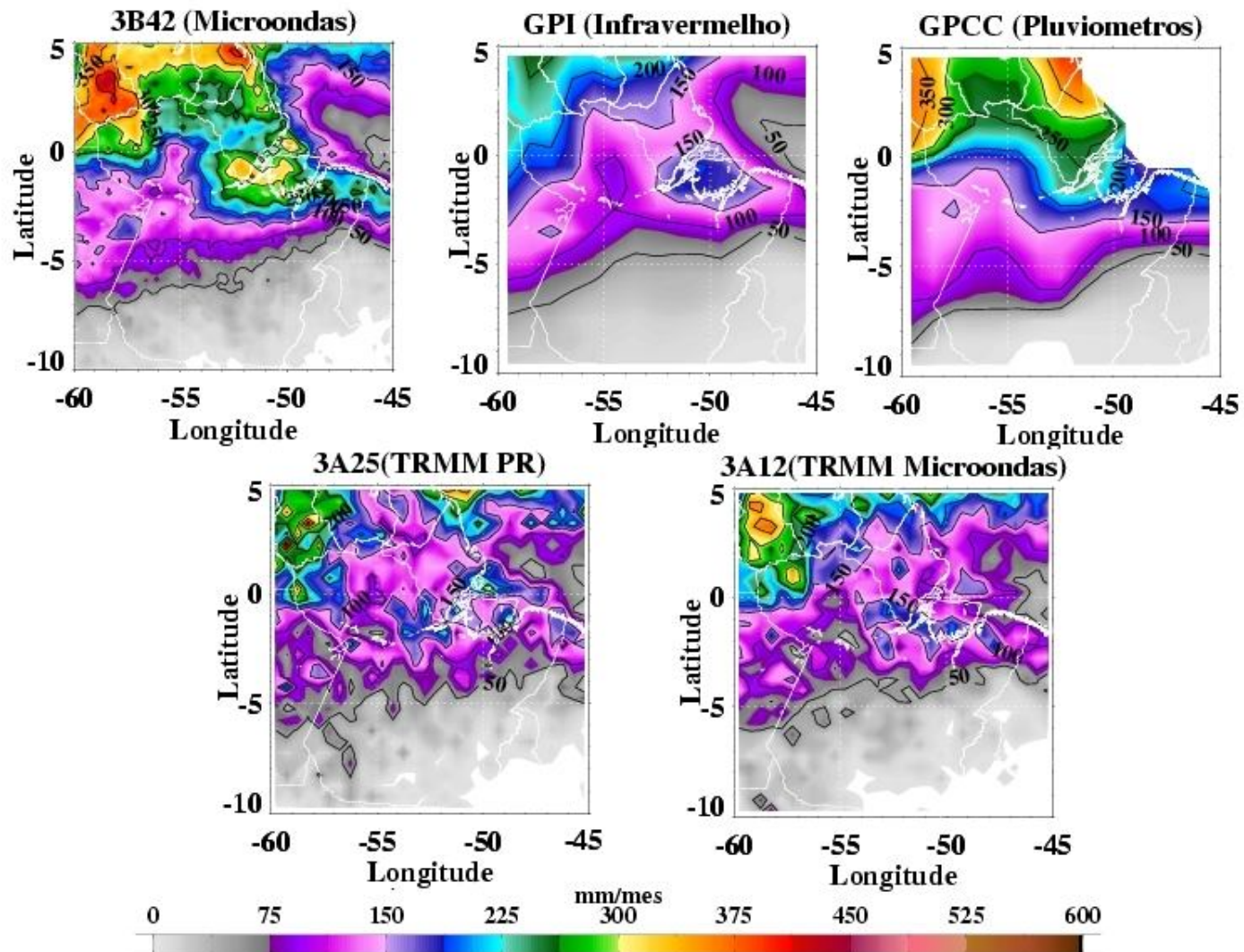


FIGURA 31- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de JUNHO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

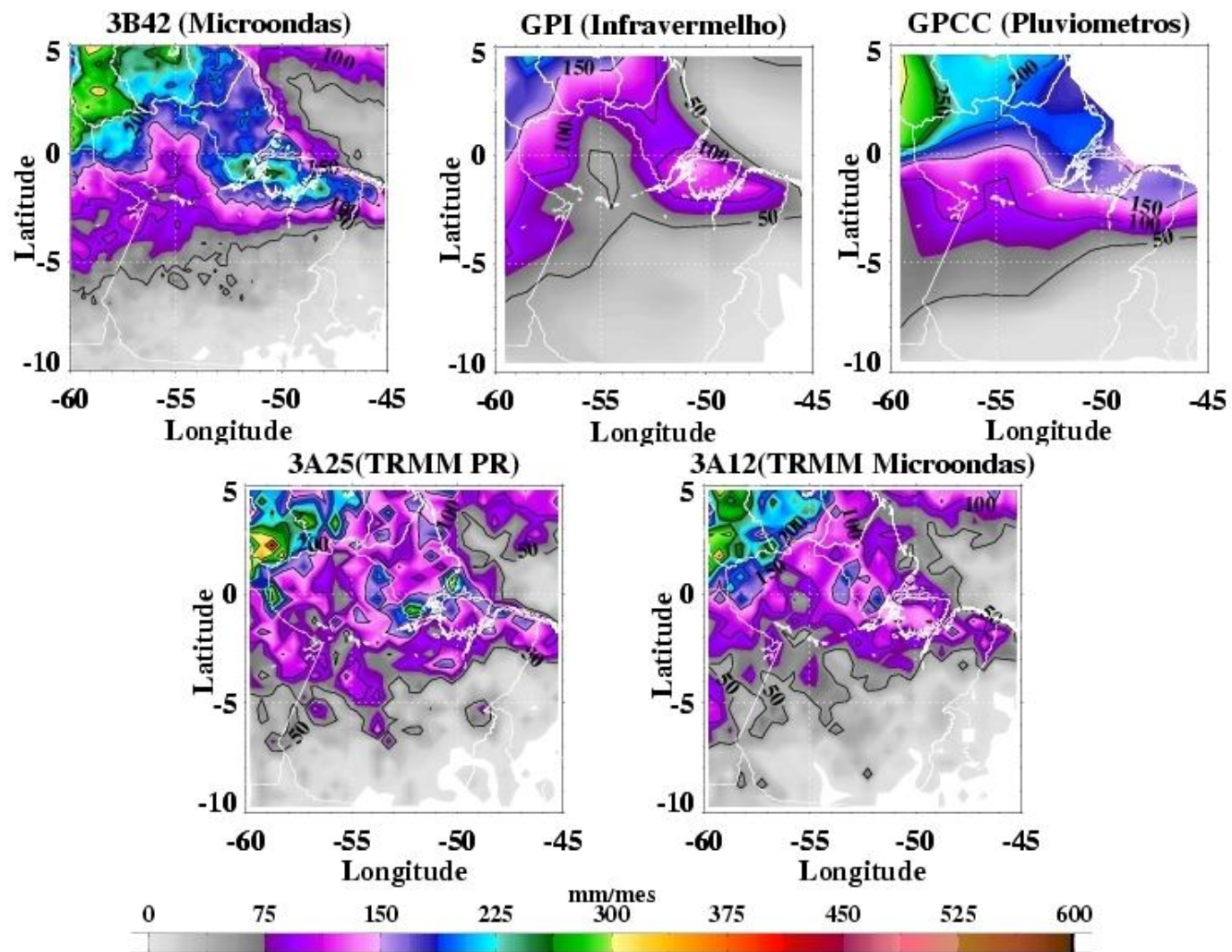


FIGURA 32- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de JULHO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

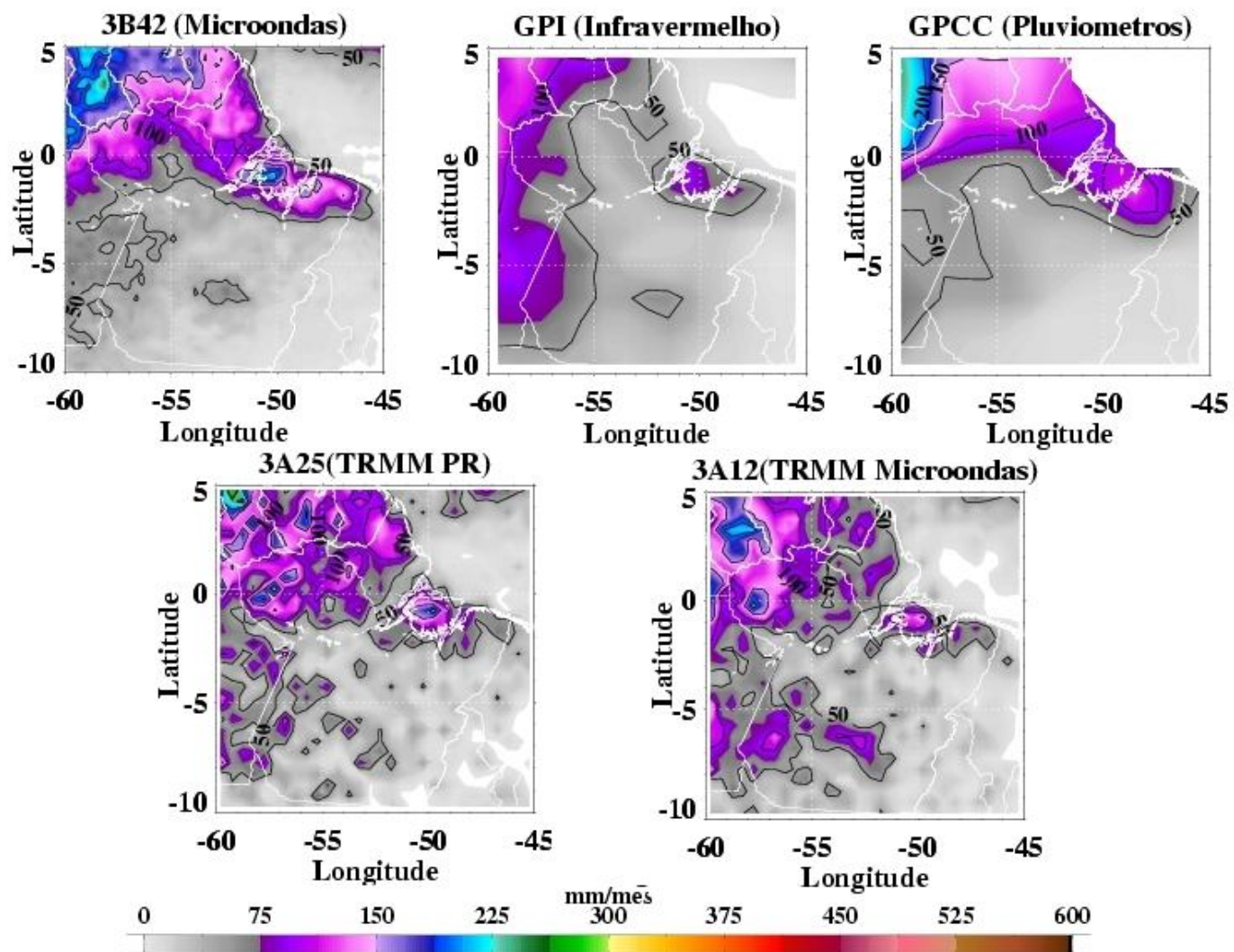


FIGURA 33- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de AGOSTO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

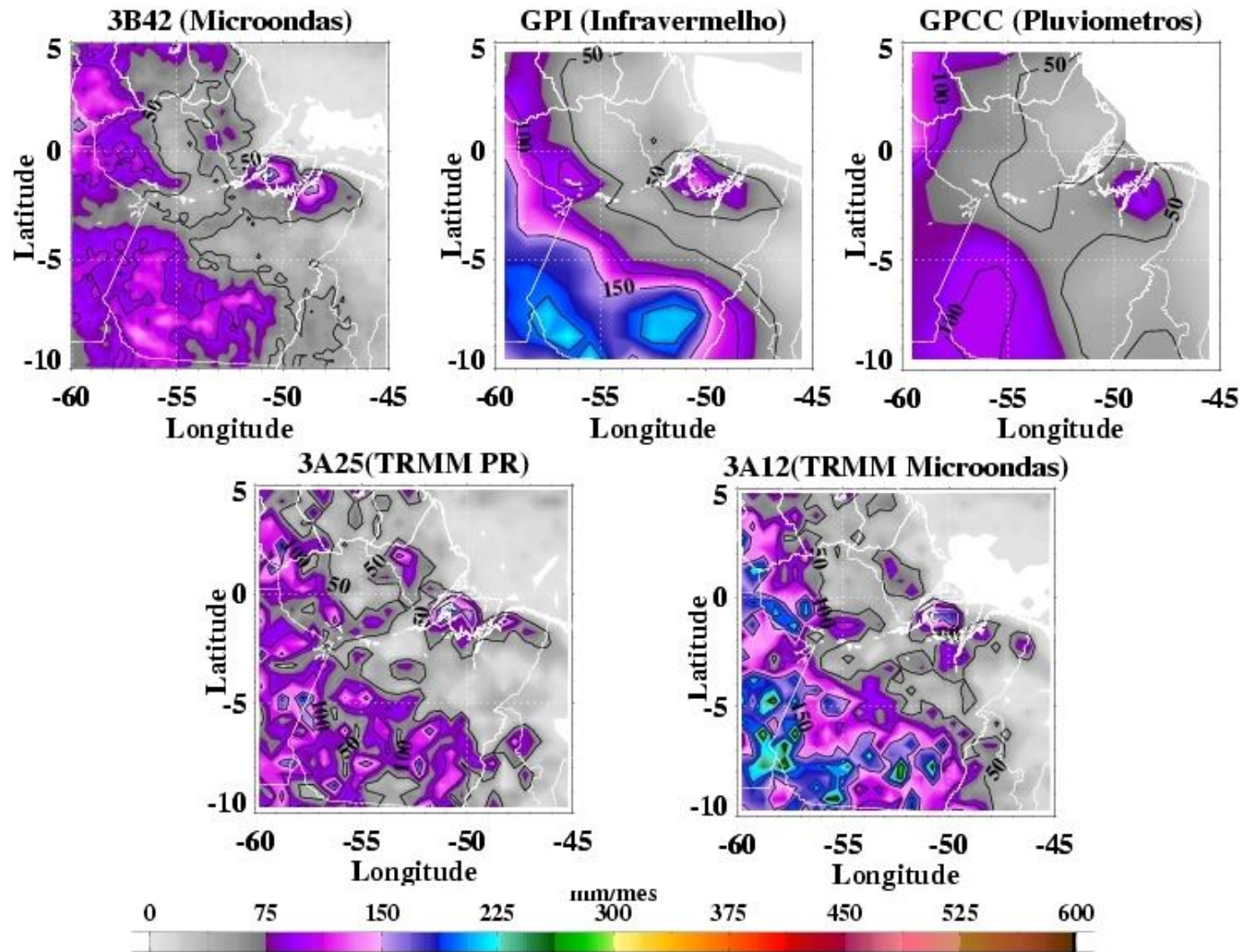


FIGURA 34- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de SETEMBRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

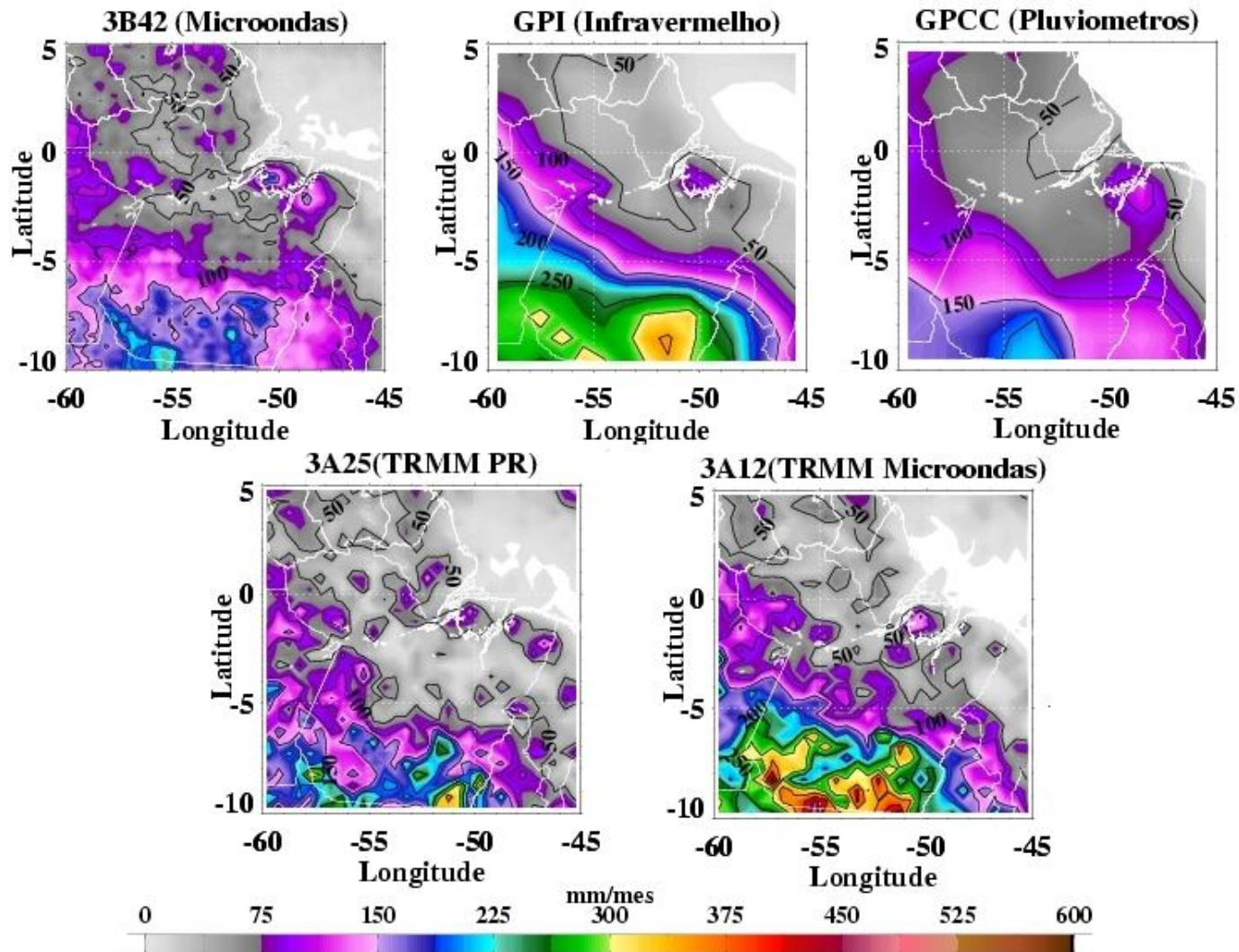


FIGURA 35- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de OUTUBRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

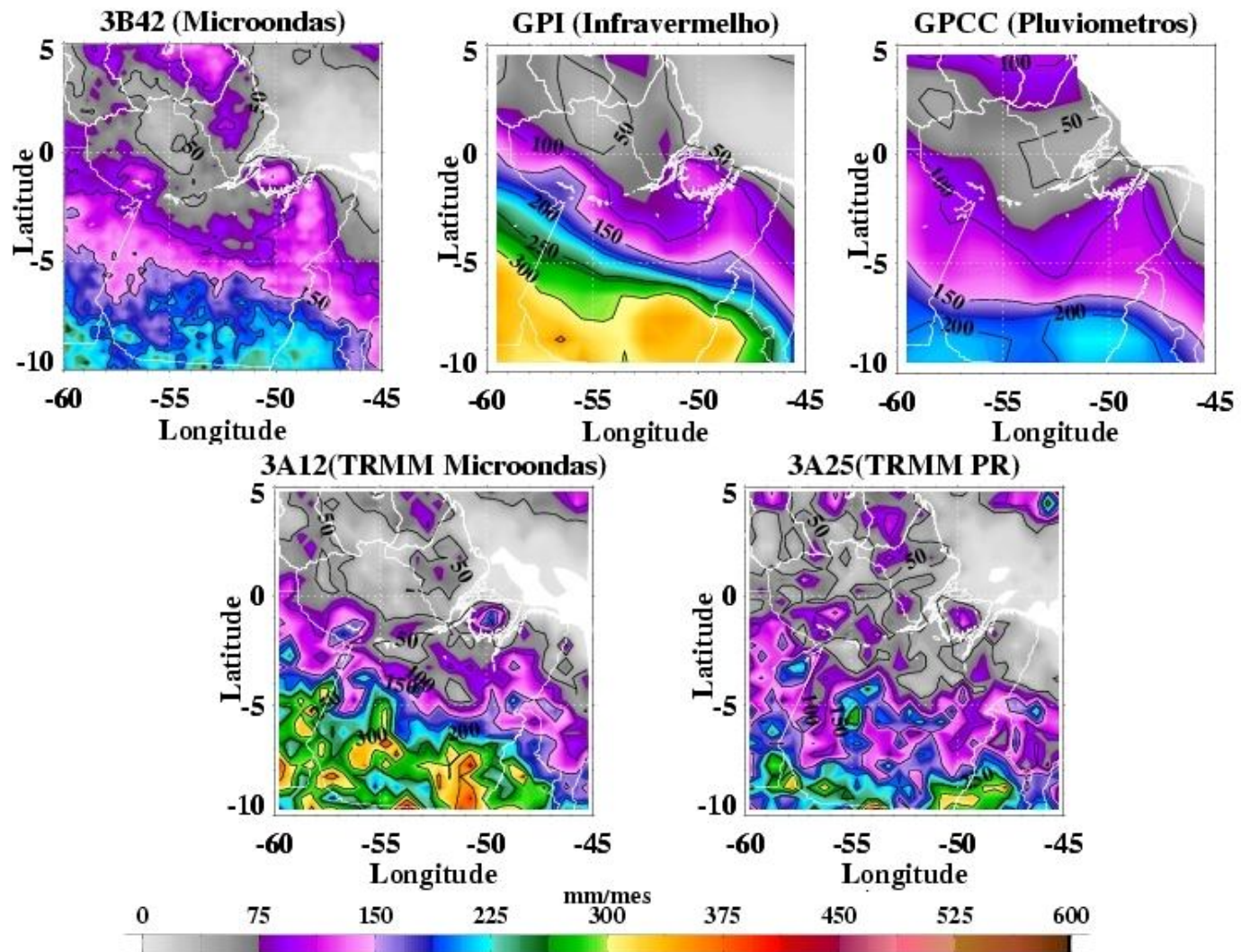


FIGURA 36- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de NOVEMBRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

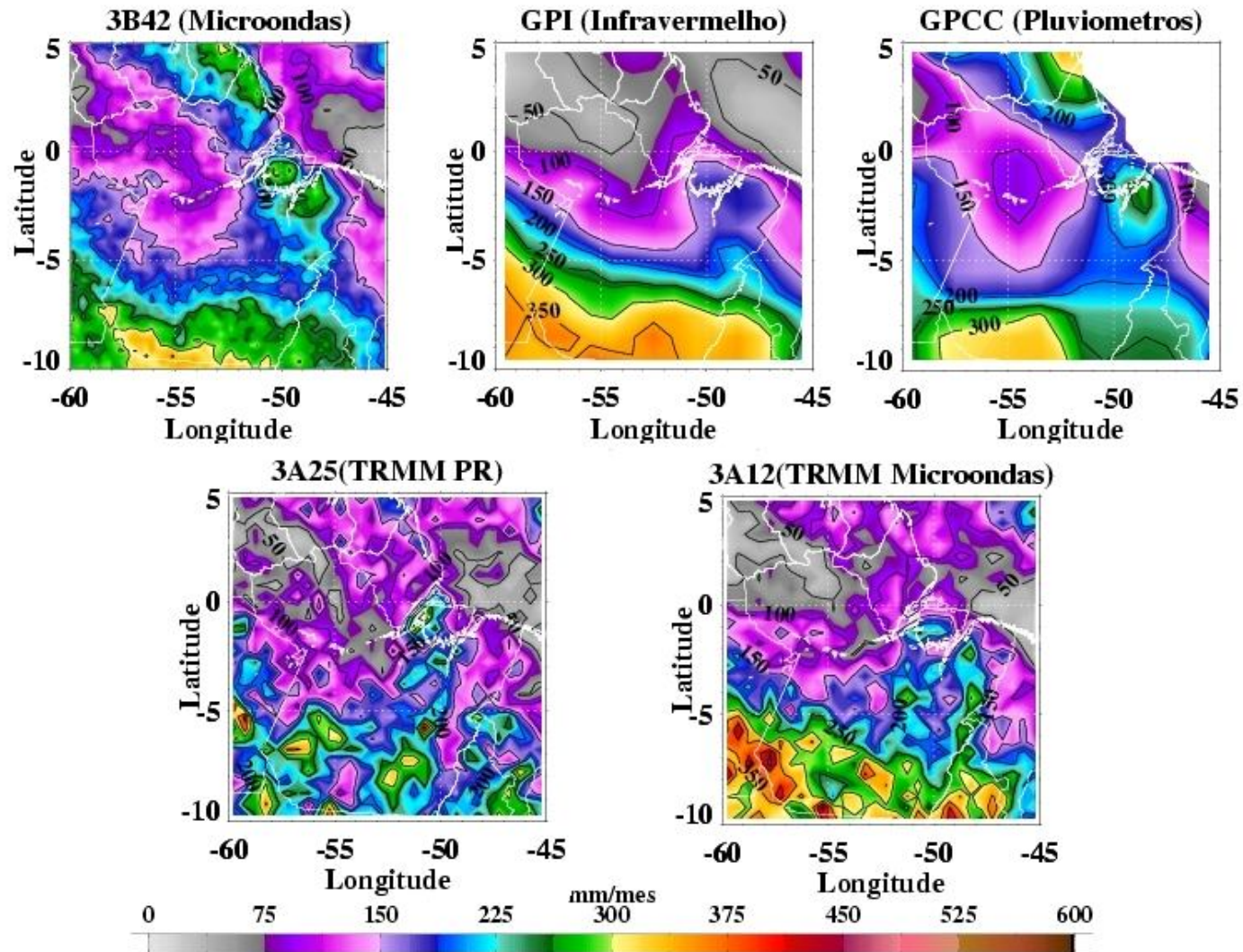


FIGURA 37- Distribuição média de precipitação na Amazônia Oriental para o mês de DEZEMBRO através do 3B42 (a), GPCC (b), GPI (c), 3A12 (d) e 3A25 (e) do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007

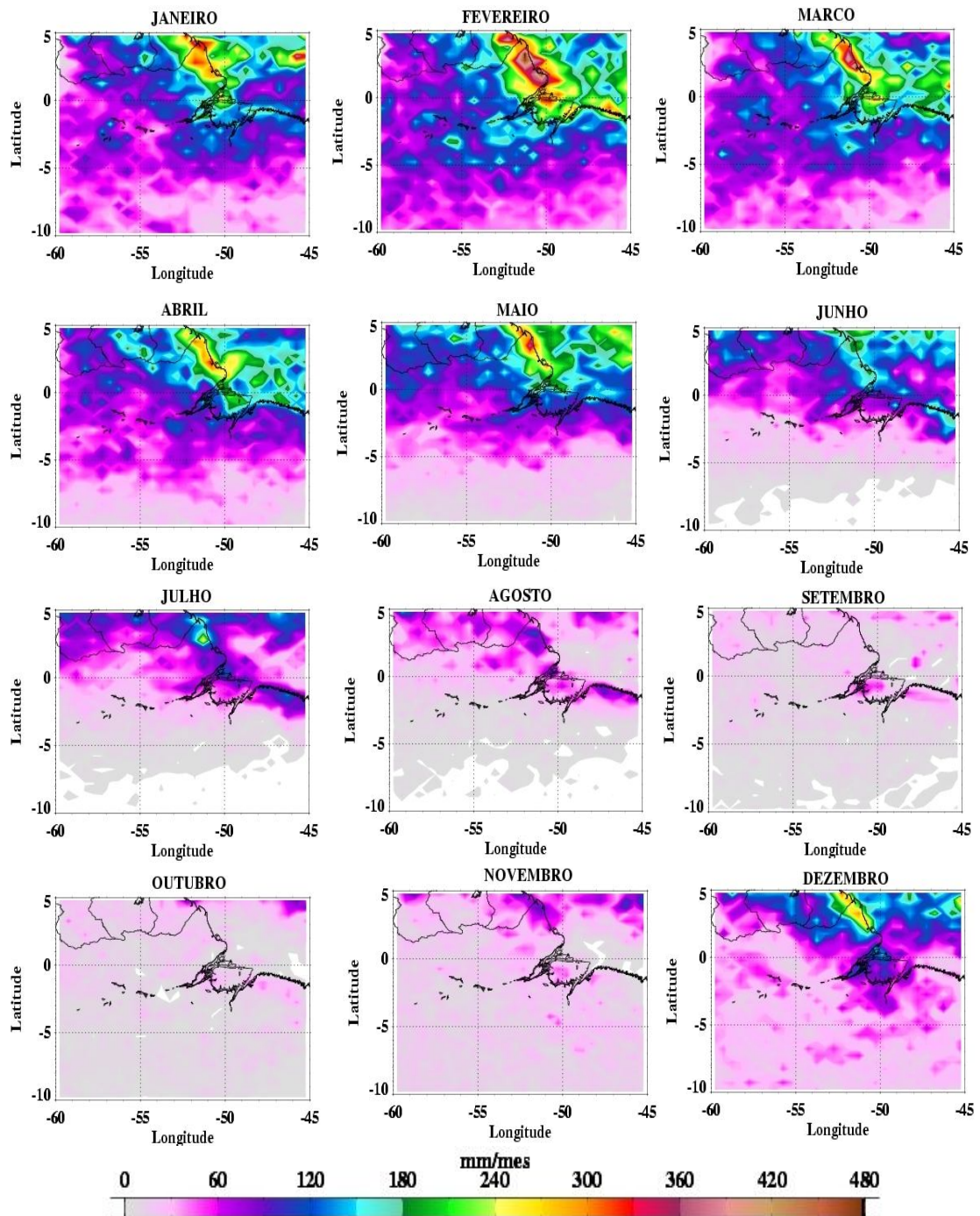


FIGURA 38- Distribuição média mensal da precipitação rasa na Amazônia Oriental através do algoritmo 3A25 do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

3.2.4 Ciclo diurno da Precipitação na Amazônia Oriental

O ciclo diurno da precipitação tem sido investigado usando dados estimados pelo satélite (TRMM) em algumas regiões específicas da América do Sul, e.g., Negri, Bell e Xu (2002), Mota (2003), Oliveira e Mota. (2006).

A precipitação média anual na Amazônia Oriental, acumulado de três horas através do 3B42 (FIGURA 39), mostra que uma banda de precipitação é formada sobre o oceano Atlântico durante a madrugada afetando a precipitação sobre o litoral até o fim da manhã.

No início da tarde, entorno das 15:00 HL, a atividade convectiva é intensa provocando a maior parte da precipitação sobre as regiões continentais (acima de 2,0 mm/3hs) , próximo à região costeira, no final da tarde e início da noite.

As bandas de precipitação que se formam no período vespertino se deslocam para o interior da Amazônia causando máximos secundários noturnos sobre estes setores, como foi visto neste trabalho na região da Bacia de Caxiuanã. Estes resultados corroboram com Mota (2003) e Oliveira e Mota (2006).

Cohen, Silva Dias e Nobre (1989) mostrou a ocorrência de Linhas de Instabilidade (LIs) que se formam na costa norte e nordeste da Amazônia, por volta das 15:00 HL em associação a brisa marítima, podendo se propagar continente adentro atingindo até o oeste da Amazônia, o que é claramente demonstrado na Figura 39 através da distribuição da precipitação.

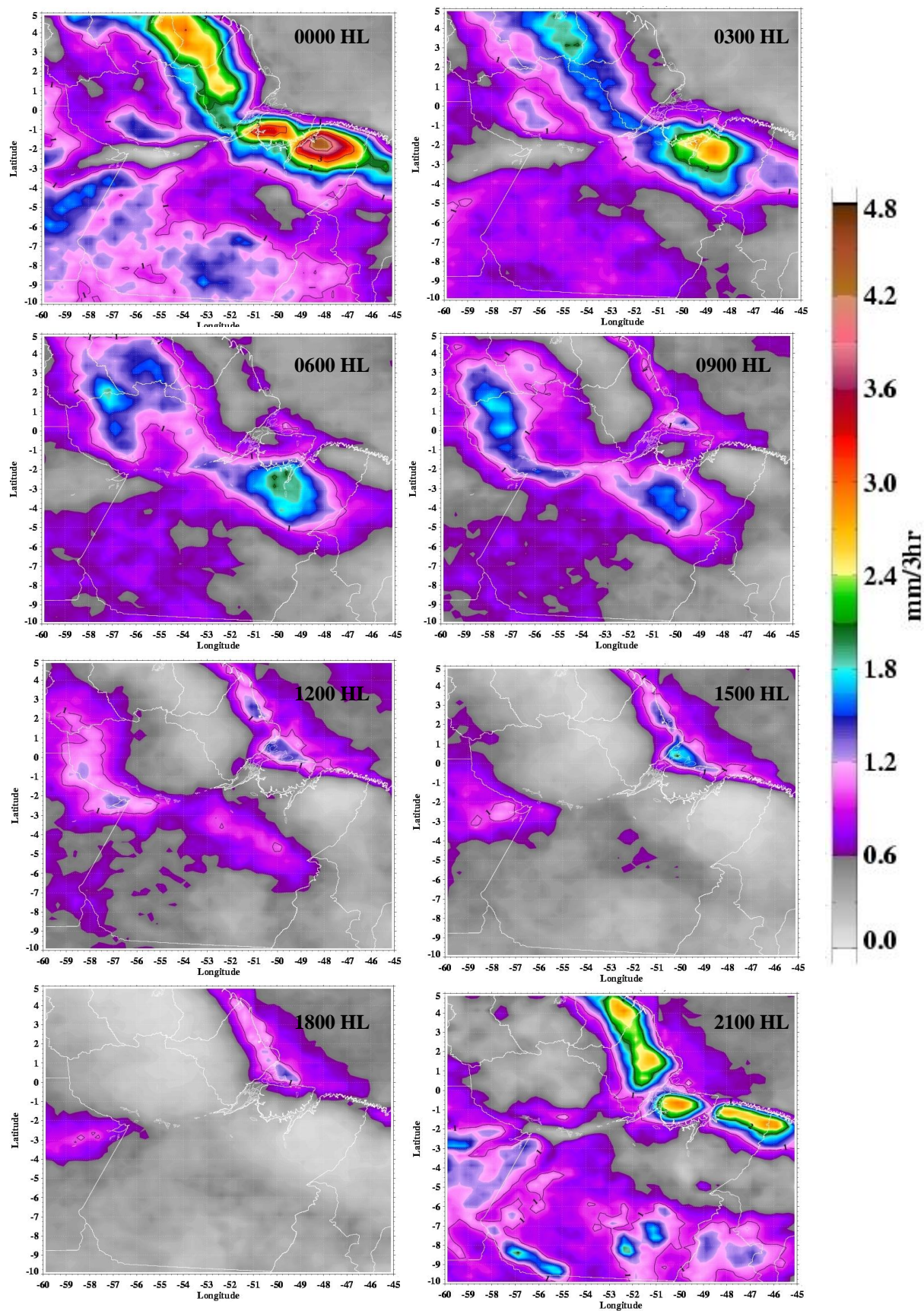


FIGURA 39- Distribuição do ciclo diurno médio anual da precipitação na Amazônia Oriental através do algoritmo 3B42 do período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007.

4 CONCLUSÕES

As comparações da distribuição de precipitação através de dados estimados por satélites e da precipitação medida através de instrumentos convencionais foi realizada em duas partes. A primeira consistiu em comparar as estimativas de precipitação através do algoritmo 3B42 com a precipitação medida na Floresta Nacional de Caxiuanã e a segunda parte tratou da comparação entre os cinco algoritmos estimadores de precipitação na Amazônia Oriental.

As médias de precipitação estimada e medida na torre no período de janeiro de 2000 a setembro de 2007 indicam que o algoritmo 3B42 superestima a chuva em relação aos dados da torre nos seis setores estudados, sendo que as grades localizadas ao sul da torre micrometeorológica possuem estimativas de precipitação mais próximas ao dado medido em Caxiuanã.

Foram identificados, tanto nas análises da precipitação média medida quanto nas análises da precipitação do 3B42, dois períodos distintos, um chuvoso nos trimestres de DJF e MAM; e outro menos chuvoso nos trimestres de JJA e SON. As médias trimestrais indicam que a precipitação medida na torre micrometeorológica de Caxiuanã e a precipitação estimada pelo algoritmo 3B42 possuem valores mais aproximados no trimestre de DJF em relação a MAM, JJA e SON. Provavelmente este resultado está relacionado ao tipo de sistema meteorológico que predominam durante este período ser caracterizados por grandes sistemas que são homoganeamente distribuídos em uma extensa área, podendo justificar a semelhança entre a média da precipitação medida pontualmente e a média da precipitação estimada através do algoritmo 3B42 numa grade de $0,25 \times 0,25$ de latitude e longitude.

O ciclo diurno médio total da precipitação tem o máximo de precipitação as 1800 HL proveniente do aquecimento diurno (MOTA, 2003) e especula-se que estejam também relacionados aos efeitos de circulação local devido a presença da baía de Caxiuanã. A média da precipitação total de cada três horas é em geral superestimada no período noturno em todas as grades em relação aos dados medidos na torre e subestima a precipitação durante a manhã e tarde.

O ciclo diurno médio da precipitação durante o trimestre, mostram os máximos diurnos principalmente no final da tarde e início da noite, com exceção a DJF que possui um máximo secundário de precipitação às 0300 HL e JJA que tem o máximo principal de precipitação entre as 2100 HL e 0000 HL.

A comparação entre o ciclo diurno da precipitação média para os trimestres medida em Caxiuanã e a precipitação média para os trimestres estimada através do algoritmo 3B42 mostram que durante o trimestre de DJF nos horários de 0300, 0900 e 1800 HL a precipitação medida tem o valor mais aproximado a precipitação estimada pelo 3B42 em Caxiuanã.

Na segunda parte do trabalho foi analisada a precipitação na Amazônia Oriental e no período de 1998 a 2007 e comparada entre os cinco algoritmos estimadores. De forma geral, a precipitação estimada através do canal infravermelho subestima a precipitação em relação aos demais algoritmos na região costeira do Amapá e Guiana Francesa, e superestima na região central da Amazônia. E em relação as análises da precipitação entre os cinco algoritmos, o estimador 3B42 é aquele que se aproxima do padrão geral da precipitação através das climatologia prévia de Figueroa e Nobre (1990), podendo assim ser usado para estimar a distribuição espacial e o ciclo diurno na Amazônia Oriental.

As discrepâncias encontradas nas comparações dos dados do pluviômetro com os dados do algoritmo 3B42 e aquelas encontradas entre os cinco algoritmos aqui investigados mostram que há três possíveis explicações. A primeira pode estar relacionada com a metodologia empregada, que compare os dados pontuais da torre com uma média numa área de $\frac{1}{4}$ de grau de latitude e longitude. A possível ocorrência de diferentes padrões de precipitação em diferentes partes da grade pode não ser representativo de toda a grade e conseqüentemente não seria próximo da precipitação medida pontualmente. A segunda pode estar relacionada com as características de cada estimador ou mesmo das amostragens de cada satélite. Por exemplo, um estimador como o GPI, que usa temperaturas de brilho do topo de nuvens, não distingue a precipitação proveniente de nuvens quentes, e tende a mostrar a precipitação em nuvens altas e frias que não precipitam.

No entanto, não se pode descartar que as discrepâncias entre os algoritmos estejam relacionadas com a diferença na natureza de sistemas precipitantes nas diferentes subregiões da Amazônia Oriental ou mesmo nos diferentes horários do ciclo diurno da precipitação.

4.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para um melhor entendimento sobre a distribuição da precipitação na Amazônia Oriental se faz necessários estudos adicionais que realizem análises comparativas entre a precipitação estimada e medida através de pluviômetros (ou pluviógrafos) com maior

resolução temporal e espacial, utilizando cálculos estatísticos mais avançados com o objetivo de refinar mais ainda os resultados aqui obtidos.

Sugere-se também que na escolha da localização de instalação de instrumentos medidores de precipitação seja compatível a resolução espacial do algoritmo 3B42, pois neste estudo a localização da torre micrometeorológica de Caxiuanã situa-se na intercessão entre duas grades, sendo um fator à mais que contribuiu na discrepância entre a precipitação medida e estimada através do 3B42.

Foi observado que a precipitação na região de Caxiuanã tem influência dos sistemas de grande escala, mesoescala, escala sinótica. Além disso, existem também os efeitos de circulações locais brisa terrestre e brisa lacustre devido a presença da Baía de Caxiuanã, e ainda pela presença da Floresta Nacional, entretanto não foi possível quantificar o quanto estes fatores interferem no ciclo diurno de precipitação na região, o que pode ser analisado, através de modelagem atmosférica, simulando a “retirada” da floresta ou/e da baía de Caxiuanã e verificando os efeitos que esta simulação provocaria na precipitação e em outros elementos meteorológicos em Caxiuanã, investigando melhor assim processos que existem na interação solo-baía-atmosfera.

REFERÊNCIAS

ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: surface climate. **Monthly Weather Review**, v. 166, n. 3, p. 505-524, Mar. 1988.

ARKIN, P. A.; MEISNER B. N. The relationship between large-scale convective rainfall and cold cloud over the Western Hemisphere during 1982-1984. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 115, n. 1, p. 51-74, Jan. 1987.

ARTAXO, P. et al. Efeitos climáticos de articular e aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3a, p. 168-189, dez. 2006.

ASNANI, G. C. **Tropical meteorology**. Pune: NobrePrinters, 1993. 1202p.

BARBOSA, R.L. **Interação das perturbações convectivas iniciadas na costa Norte do Brasil com Distúrbios Ondulatórios de Leste**. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2005.

BETTS, A. K.; JACOB C. Evaluation of the diurnal cycle of precipitation, surface thermodynamics and surface fluxes in the ECMWF model using LBA data. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. 10.1029/2001JD000427, Dec. 2002.

CHRISTIAN, H. J. The Lightning Imaging Sensor. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ATMOSPHERIC ELECTRICITY, 11th., 1999, Guntersville, AL, **Proceedings NASA/CP-1999-209261**, 1999. p. 746-749.

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

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F; NOBRE C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, n.11, p. 3163-3174, Nov. 1995.

COHEN, J. C. P.; BELTRÃO, J. C.; GANDU, A. W.; SILVA, R. R. Influencia do Desmatamento no ciclo hidrológico na Amazônia. **Ciência e Cultura**, v.59, n.3, p. 36-39, jul/set. 2007.

- COSTA, J. P. R.; MORAES, J. C. Médias mensais de variáveis meteorológicas (1996-1999). In: LISBOA, P. L. B. (org) **Caxiuanã: populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2002. p. 225-232.
- COUTINHO, E. C.; FISCH, G. Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) na região do Centro de Lançamento de Alcântara-MA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 2, p. 193-203, ago. 2007.
- FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C. A. Precipitation distribution over Central and Western tropical South America. **Climanálise**, v. 5, n.6 p. 36-44, Jun. 1990.
- FIGUEROA, S. N.; SATYAMURTY, P.; SILVA DIAS, P. L. Simulations of the summer circulation over the South American region with an Eta Coordinate Model. **Journal of the Atmospheric Science**, v. 52, n. 10, p. 1573-1584, May. 1995.
- FUCHS, T., et. al. **GPCC Annual Report for the year 2007** [relatório]. Disponível em: <http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop/?_nfpb=true&_windowLabel=T12404918261141645319968&_state=maximized&_pageLabel=dwdwww_klima_umwelt_datenzentren_wzn> Acesso em 21 de julho de 2008.
- FREITAS, M.; CASTRO JÚNIOR, W. E. O ciclo hidrológico; Amazônia – homem – mundo. **T & C Amazônia**, v. IV, n. 9, p. 59-70, ago. 2006.
- GRECO, S. et al.. Rainfall and surface kinematic conditions over Central Amazônia during ABLE 2B. **Journal of Geophysical Research**, v. 95, n. D10, p. 17,001-17,0014, Set. 1990.
- GOMES, N. V.; MOTA, G. V.; ARTAXO, P. Estudo comparativo das anomalias de precipitação durante eventos extremos de El Nino Oscilação Sul e Seca na Amazônia 2005 através do algoritmo GPI. . In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., Florianópolis, **Anais**. Florianópolis, SBMET, 2006. 1 CD-ROM
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. **Quarterly Journal Royal Meteorology Society**, v. 102, n. 435, p. 77-92, Jan. 1977.
- HOFFMAN, J. A. J. **Climatic Atlas of South America**. WMO, 41 Avenue Giuseppe- Motta, Geneva, 4 pp. + 28 Fig, 1975.

HUFFMAN G. J.; ADLER R. F.; RUDOLF, B.; SCHNEIDER., U.; KEEHN, P. R. Global precipitation estimates based on a technique for combining satellite-based estimates, rain gauge analysis, and NWP model precipitation information. **Journal of Climate**, v. 8, n. 5, p. 1284- 1295, May. 1995.

KAGANO, M. T. **Um estudo climatológico e sinótico utilizando dados de radiossondagem (1968-1976) de Manaus e Belém**. 1979. 103 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE-1559-TDL/013), São José dos Campos, 1979.

KODAMA, Y. M. Large -scale common features of sub-tropical precipitations zone (The Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, Tokyo, v. 70, p. 813-835, Ago.1992.

KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 108, n. 04, p. 488 - 498, Abr. 1980.

KOUSKY, V. E. Pentad out going longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.3, p. 217-231, jan. 1988.

KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250 mb circulation for the South-American sector. **Journal Climate**, v. 7, n. 7, p.1131–1143, Jul. 1994.

*KUMMEROW, C.; BARNES W.; KOZU T.; SHIUE J.; SIMPSON J. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) sensor package. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, Boston, v.15, n. 3, p. 809–816, Jun. 1998.*

KUMMEROW, C.; et al. The status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit. **Journal of Applied Meteorology**, v. 39, n. 12, p.1965–1982, Dec. 2000.

LEE, R. B. et al. Prelaunch calibrations of the CERES TRMM and *EOS-AMI* spacecraft thermistor bolometer sensors. **IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing**, New York, v. 36, n.4, p. 1173–1185, Jul. 1998.

LIEBMANN, B.; MARENGO J. A. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v .14, n. 22, p. 4308-4318, Nov. 2001.

MADDEN, R. A.; JULIAN P. R. Observations of the 40–50-day tropical oscillation. **Monthly Weather Review**, v.122, n. 5, p. 814– 837, May.1994.

MADDOX, R. A. Mesoscale convective complexes. **Bulletin American Meteorology Society**, v. 61, n. 11, p. 1374-1387, Nov. 1980.

MARENGO, J.A. Interannual variability of deep convection over the Tropical South America Sector. **International Journal of Climatology**, v.12, n. 8, p. 853-863, Dez.1992.

MARENGO, J.A; et al. Onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal Climate**, v.14, 833-852, Mar. 2001.

MARENGO, J.A. Characteristics and spatio-temporal variability of the Amazon River Basin Water Budget. **Climate Dynamics**, v. 24., n. DOI 10.1007/s00382-004-0461-6., p. 11–22, Dec. 2005

MOHR, K. I.; ZIPSER, E. J. Defining mesoscale convective systems by their 85- GHz ice scattering signature. **Bulletin American Meteorology Society**, v. 77, n. 6, p.1179-1189, Jun. 1996a.

MOHR, K. I.; ZIPSER, E. J. Mesoscale convective systems defined by their 85- GHz ice scattering signature: Size and intensity comparison over tropical oceans and continents. **Monthly Weather Review**, v. 124, n. 11 p. 2417–2437, Nov. 1996b.

MOHR, K. I.; FAMIGLIETTI, J.S.; ZIPSER, E.J. The contribution to tropical rainfall with respect to convective system type, size, and intensity estimated from the 85-GHz ice scattering signature. **Journal of Applied Meteorology**, v. 38, n. 5, p. 596-606, May. 1999.

MOLION, L. C. B.; KOUSKY, V. E. **Uma contribuição à climatologia de dinâmica da troposfera tropical sobre a Amazônia**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, mar. 1981. (Relatório Técnico INPE – 3560-RPE/480)

MOLION, L. C. B. Climatologia dinâmica da região amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2 n. 1, p. 107-117, dez. 1987.

MOTA, G. V. **Estudo observacional de distúrbios ondulatórios de leste no nordeste Brasileiro**. 93f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Programa de Pós graduação em Meteorologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MOTA, G. V **Rainfall estimates over South America**, Utah: University of Utah, 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - University of Utah, Utah, 2002.

MOTA, G. V **Characteristics of rainfall and precipitation features defined by the tropical rainfall measuring mission over South America**. Utah: University of Utah, 2003. 201 f. Tese (Doutorado em Meteorologia), - University of Utah, Utah, 2003.

MOTA, G. V. et. al. Características da precipitação na Amazônia Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., Florianópolis, **Anais**. Florianópolis, SBMET, 2006. 1 CD-ROM

MORAES, O. L. L. et. al. LBA and meteorology- an introduction. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 21, n. 3a, p. I-III, dez. 2006.

NEGRI, A. J.; ANGNOSTOU E. N.; ADLER R. F. A 10-year climatology of Amazonian rainfall derived from passive microwave satellite observations. **Journal of Applied Meteorology**, v.39, n. 1, p. 42-56, Jan. 2000.

NEGRI, A. J.; ADLER, R. F. A TRMM-calibrated infrared rainfall algorithm applied over Brazil. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 107, n. D20, p 8048 – 8058, Ago. 2002

NEGRI, A. J.; BELL, T. I.; XU, L. Sampling of the diurnal cycle of precipitation using TRMM. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 19, n. 9, Sep, 2002.

NESBITT, S. W.; ZIPSER E. J.; CECIL, D. J. A census of precipitation features in the tropics using TRMM: radar, ice scattering, and lightning observations. **Journal Climate**, v. 13, n.23, p. 4087-4106, Dec. 2000.

NIMER, E: **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, Brasil: Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente SUPREN/IBGE, 1979. 421 p.

NOBRE, C. A., SELLERS P. J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal Climate**, v.4, n. 10, p. 957– 987, oct. 1991.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas na América do sul e convecção na Amazônia. 1986**. 246 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE – 4008-TDL/239, São José dos Campos, 1986.

OLIVEIRA, R. A. J.; MOTA, G.V. Distribuição temporal e espacial da precipitação no nordeste da Amazônia através dos algoritmos 3B42 e GPI. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., Florianópolis, **Anais**. Florianópolis, SBMET, 2006. 1 CD-ROM.

PETTY, G. W. The Status of Satellite-Based Rainfall Estimation over Land. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 51, n. 1, p. 125-137, Jan. 1995.

RAO, V.B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with Southern oscillations. **Theoretical and Applied Climatology**, New York, v. 42, p.81-91, Jun. 1990.

RICKENBACH, T. M.; et al. Modulation of convection in the south western Amazon basin by extratropical stationary fronts. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, 10.1029/2001JD000263, Aug. 2002.

RUDOLF, B. Management and analysis of precipitation data on a routine basis. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRECIPITATION AND EVAPORATION, 1., WMO/IAHS/ET. 1993, Bratislava, Lovakia. **Proceedings**. Bratislava, Lovakia: Slovak Hydrometeorology Instution, 1993. p. 69-76,

RUDOLF, B., HAUSCHILD H.; RÜTH W.; SCHNEIDER, U. Comparison of raingauge analyses, satellite-based precipitation estimates and forecast model results. **Advances in Space Research.**, v. 18, n. 7, p. 53-62, Jul.1996

SCHNEIDER, U. The GPCP quality-control system for gauge-measured precipitation data. Report of the GEWEX workshop Analysis Methods of Precipitation on a Global Scale, Koblenz, Germany, WMO/TD-No. 558, A5-A7, Jun. 1993.

SERRA, A. Climatologia do Brasil-2. **Boletim Geográfico**, v. 34, n. 244, p. 97-165, jan/mar. 1975.

SILVA DIAS, M. A. F.; et al., A case study of convective organization into precipitating lines in the southwest Amazon during the WETAMC and TRMM-LBA. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, 10.1029/2001JD000375, Sep. 2002.

SILVA DIAS, M. A. F., Meteorologia, desmatamento e queimadas na Amazônia: uma síntese de resultados do LBA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 21, n. 3a, p.190-199, dez. 2006.

SOUZA, E. B.; ROCHA E. J. P. Diurnal variation of rainffal in Eastern Amazonian during rainy season: Mean characteristics and extreme events. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3a, p.142-152, dez. 2006.

SOUZA, E. B.; AMBRIZZI T. Modulation of the Intraseasonal Rainfall Over Tropical Brazil by the Madden-Julian Oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 26, n. 13, p. 1759-1776, Nov. 2006.

SUI, C. H.; LAU, K. M.; TAKAYABU, Y. N.; SHORT, D. A. Diurnal Variations in Tropical Oceanic Cumulus Convection during TOGA COARE. **Journal of the Atmospheric Science**, Washington, v. 54, n. 5, p. 639-655, Mar. 1997.

SUSSKIND, J.; PIRAINO, P.; ROKKE, L.; IREDELL, L.; MEHTA, A. Characteristic of the TOVS Pathfinder Path A Dataset. **Bulletin American Meteorology Society**, v.78, n.7, p.1449-1472, Jul.1997.

VASCONCELOS, S. S.; ZARIN, D. J.; ROSA, M. B. S.; ASSIS O. F.; CARVALHO, C. J. R. Leaf Decomposition in a Dry Season Irrigation Experiment in Eastern Amazonian Forest Regrowth. **Journal Biotropica**, v. 39, n. 5, p. 593-600, sep.2007.

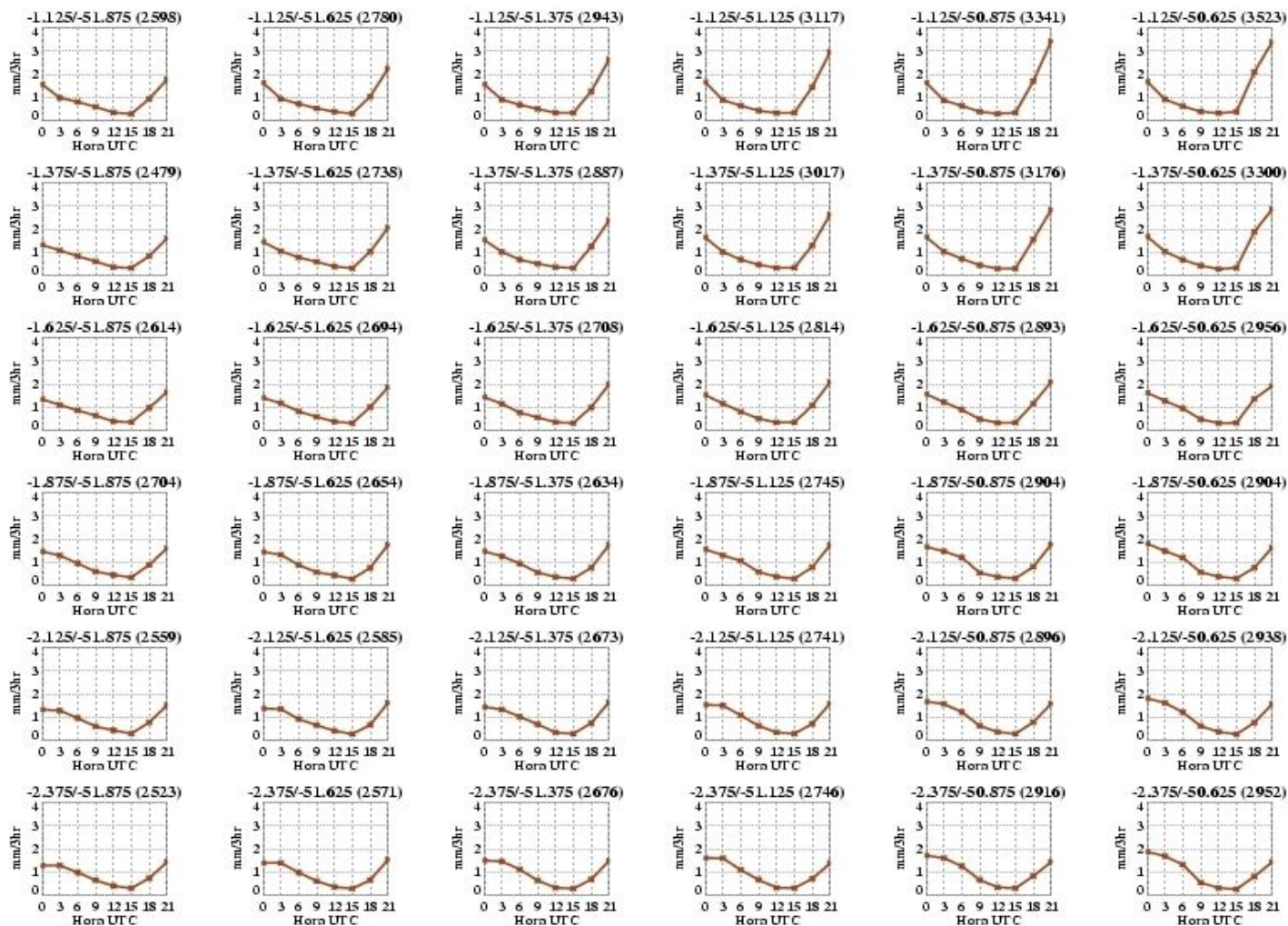
VELASCO, I.; FRITSCH J. M. Mesoscale convective complexes in the Americas. **Journal of Geophysical Research**, v. 92, n. D8, p. 9591-9613, Aug. 1987.

WILLMOTT, C. J.; ROWE C. M.; PHILPOT W. D. Small-scale climate maps: a sensitivity analysis of some common assumptions associated with grid-point interpolation and contouring. **American Cartographer**, v.12, n. 1, p. 5-16, April, 1985

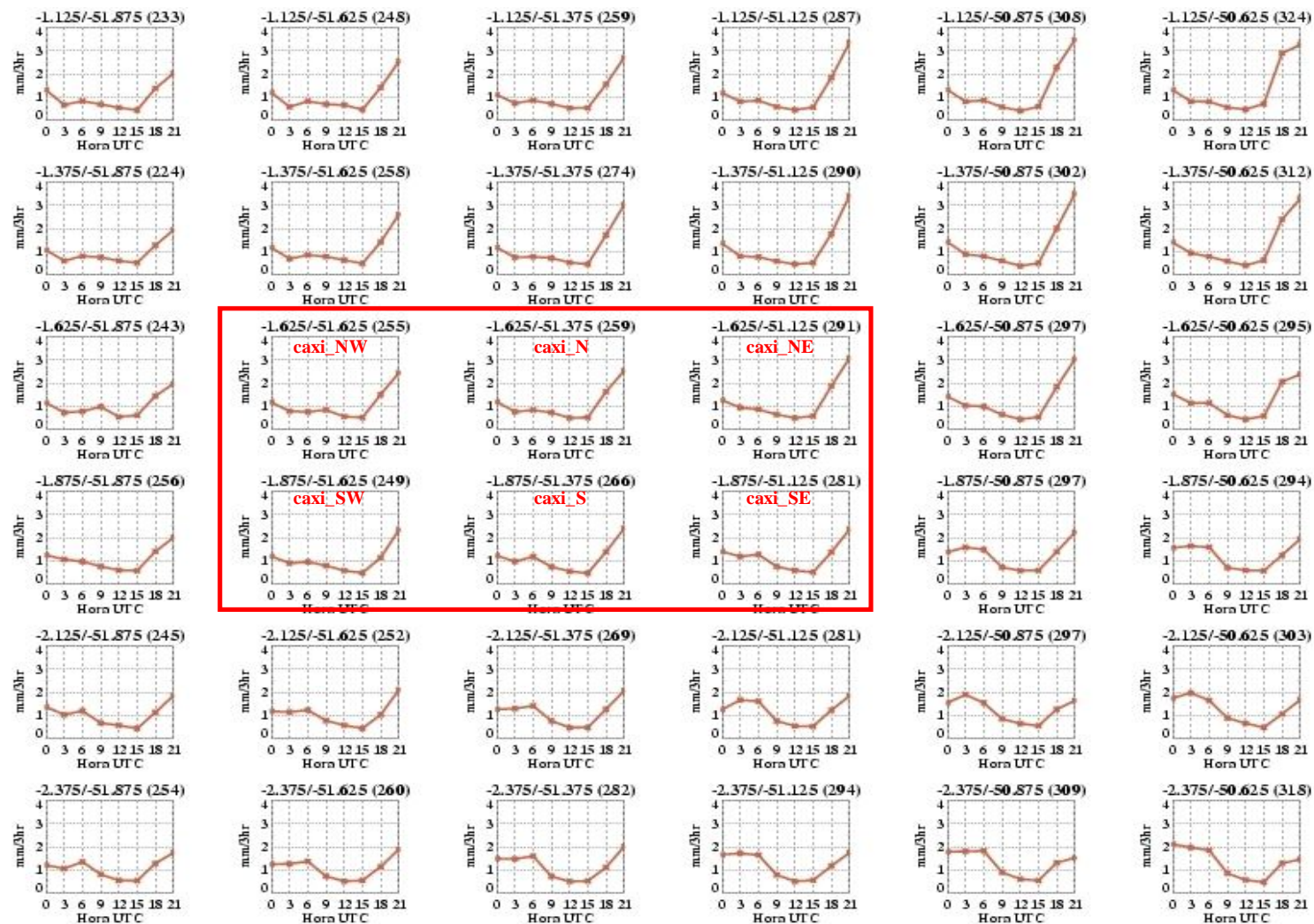
WIELICKI, B. A.; CESS, R. D.; KING, M. D.; RANDALL, D. A.; HARRISON, E F. Mission to Planet Earth: Role of clouds and radiation in climate. **Bulletin American Meteorology Society**, v.76, n. 11, p. 2125– 2153, Nov. 1995.

WIELICKI, B. A; BARKSTROM, B. R.; HARRISON E. F.; LEE III ., R. B., SMITH, G. L.; COOPER, J. E. Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES): An Earth Observing System Experiment. **Bulletin American Meteorology Society**, v. 77, n. 5, p. 853– 868, May. 1996.

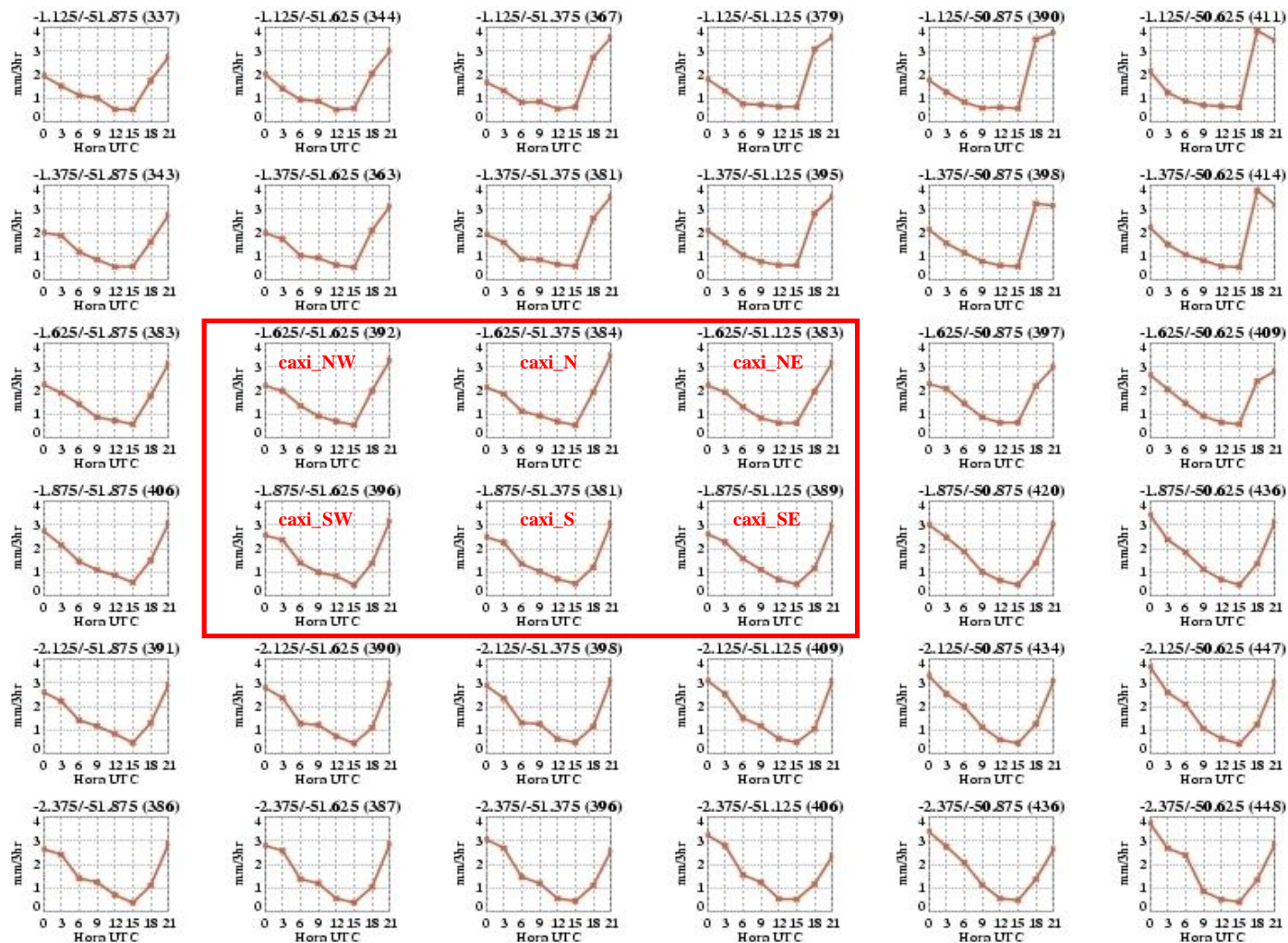
ANEXOS



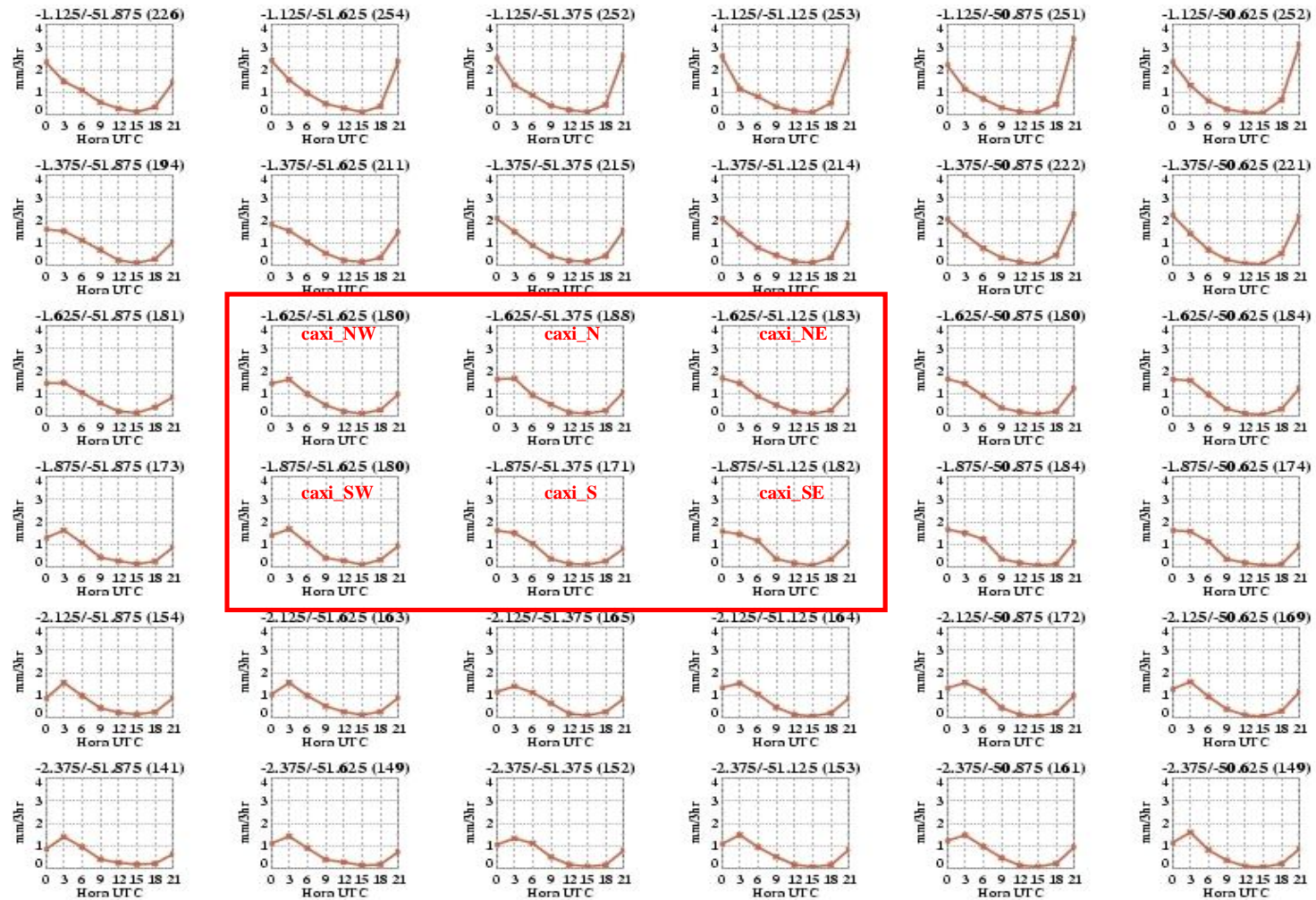
A1 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



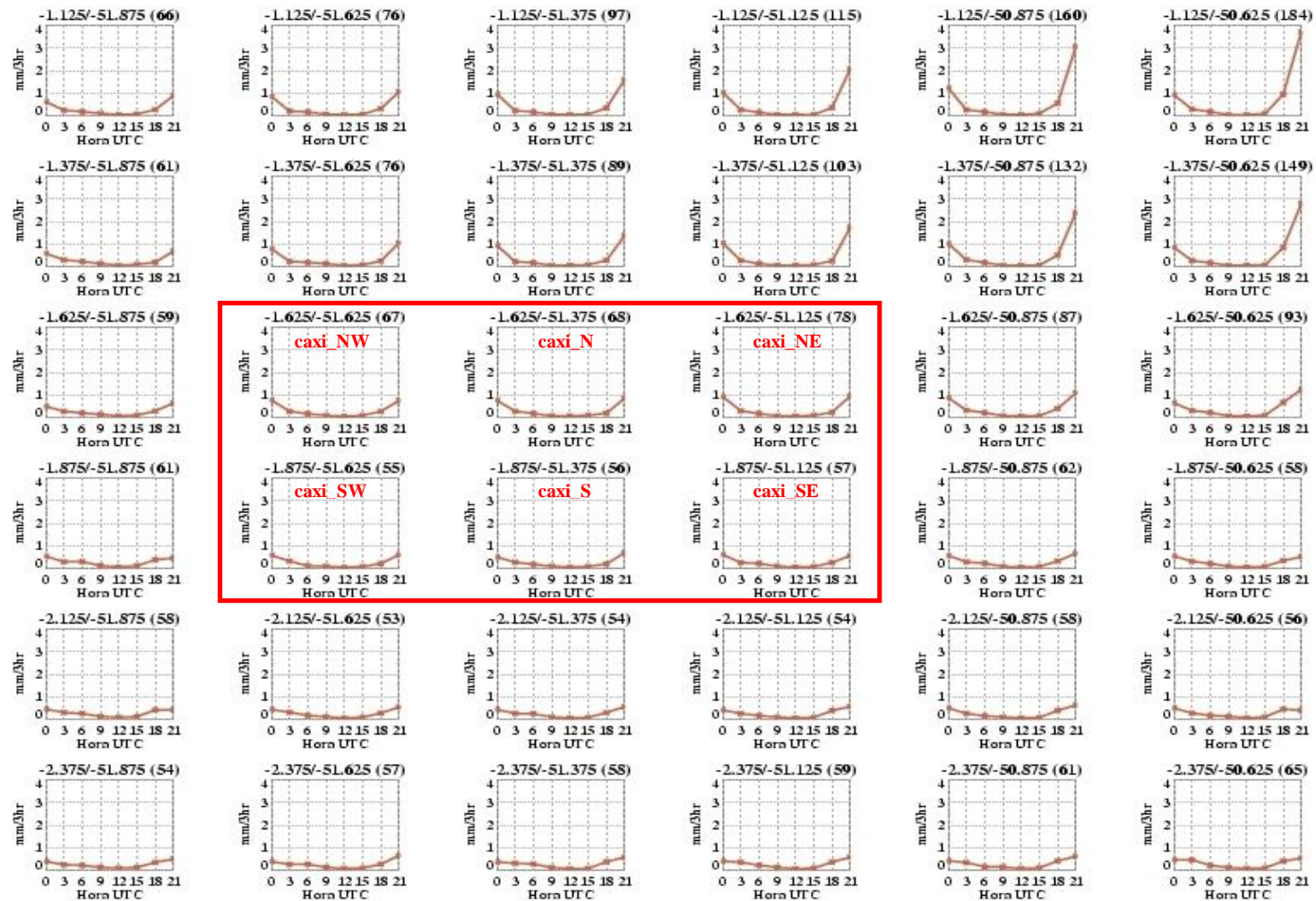
A2 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para dezembro-janeiro-fevereiro, destaque para as grades caxi SW, caxi NW, caxi S, caxi N, caxi SE e caxi NE.



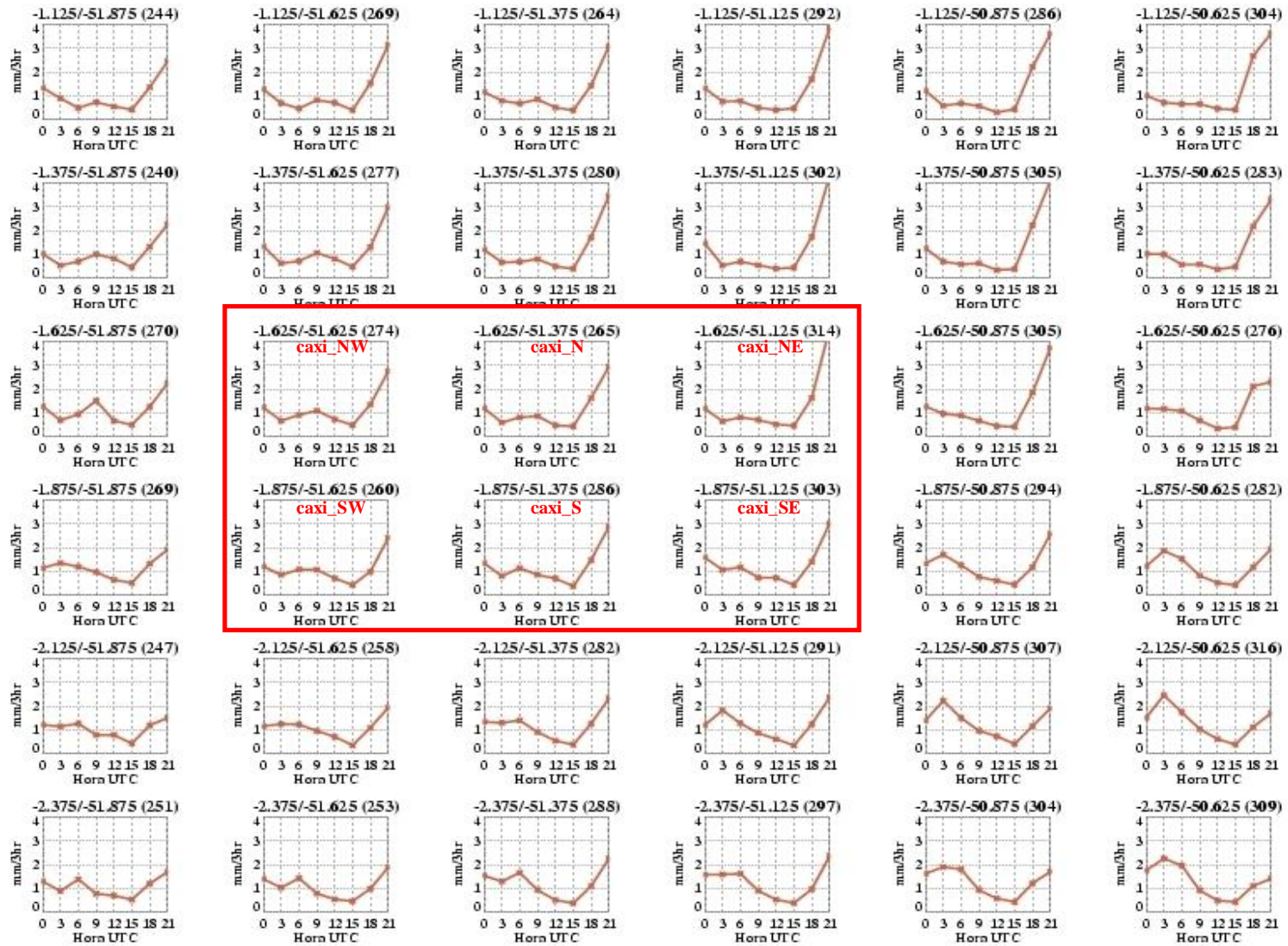
A3 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para março abril-maio, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



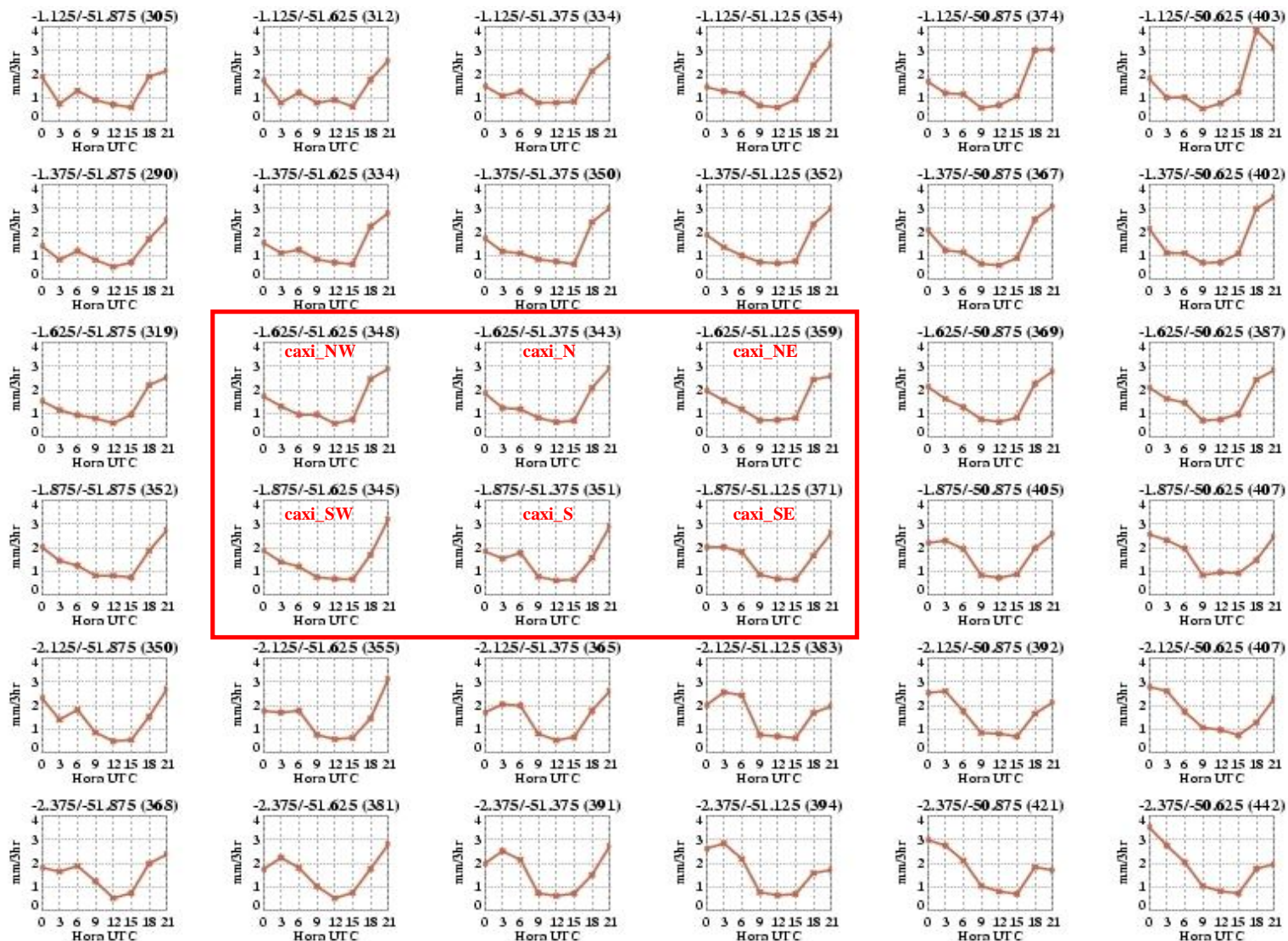
A4 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para junho-julho-agosto, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



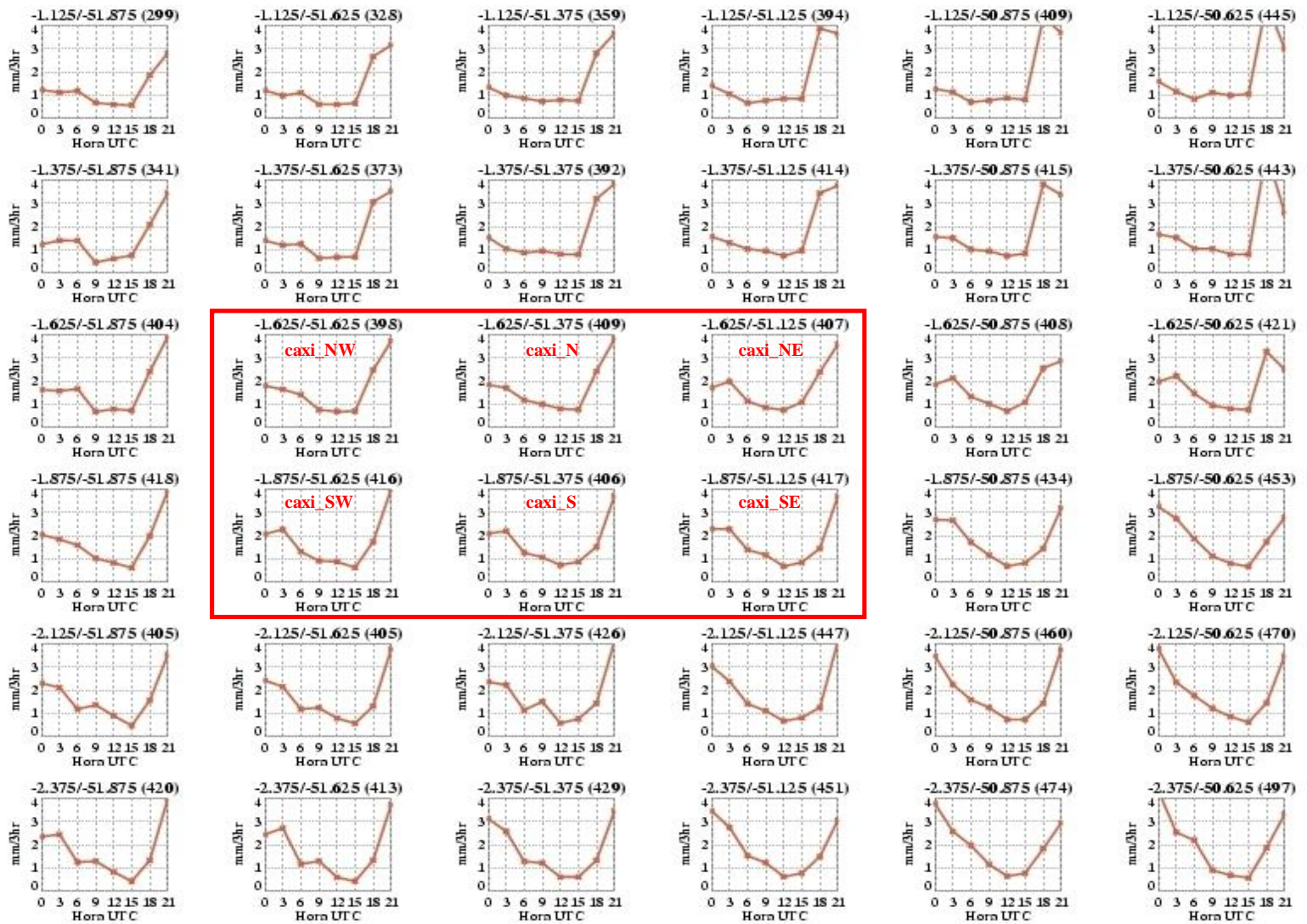
A5 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para setembro-outubro-novembro, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



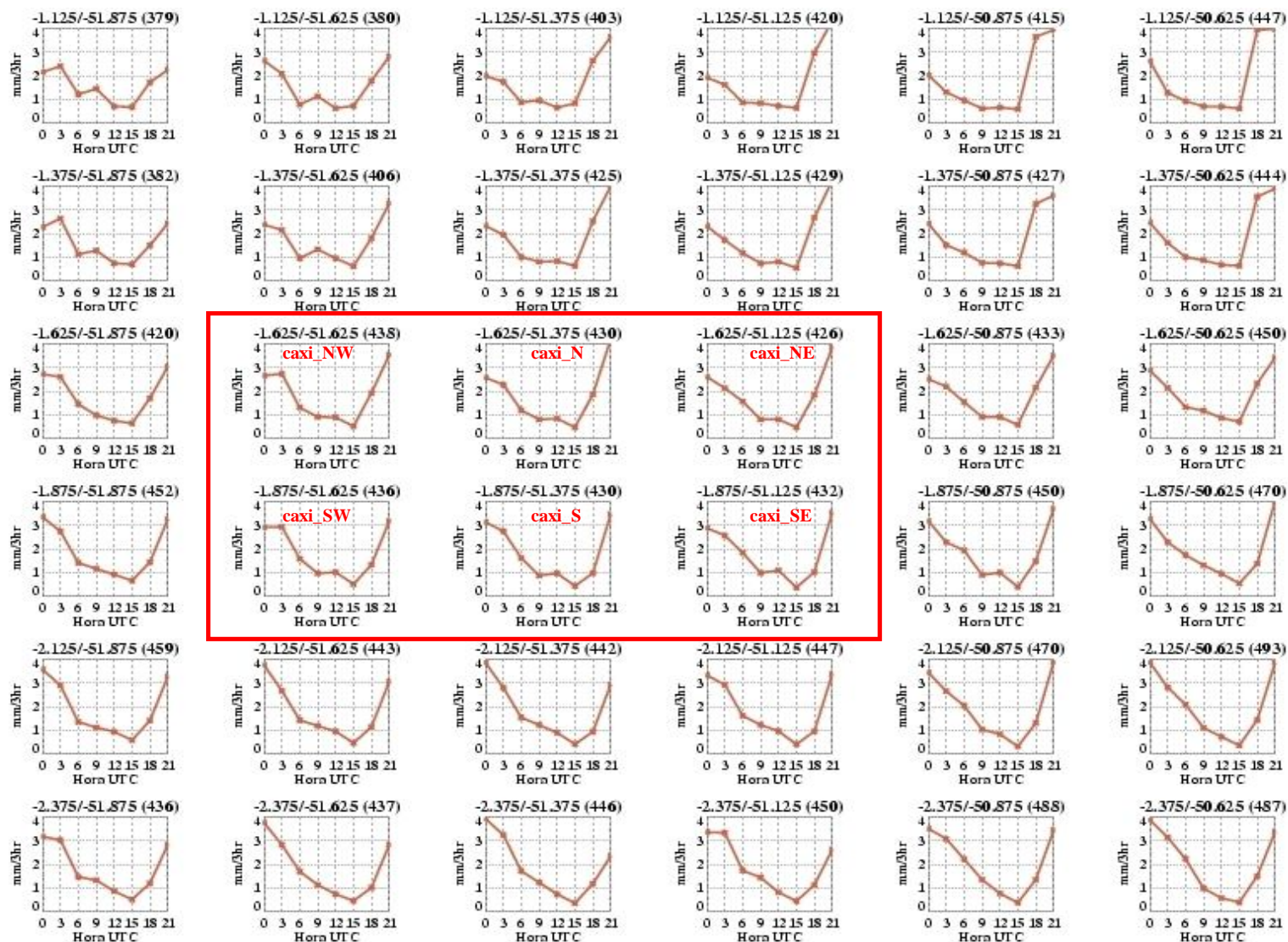
A6 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para janeiro, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



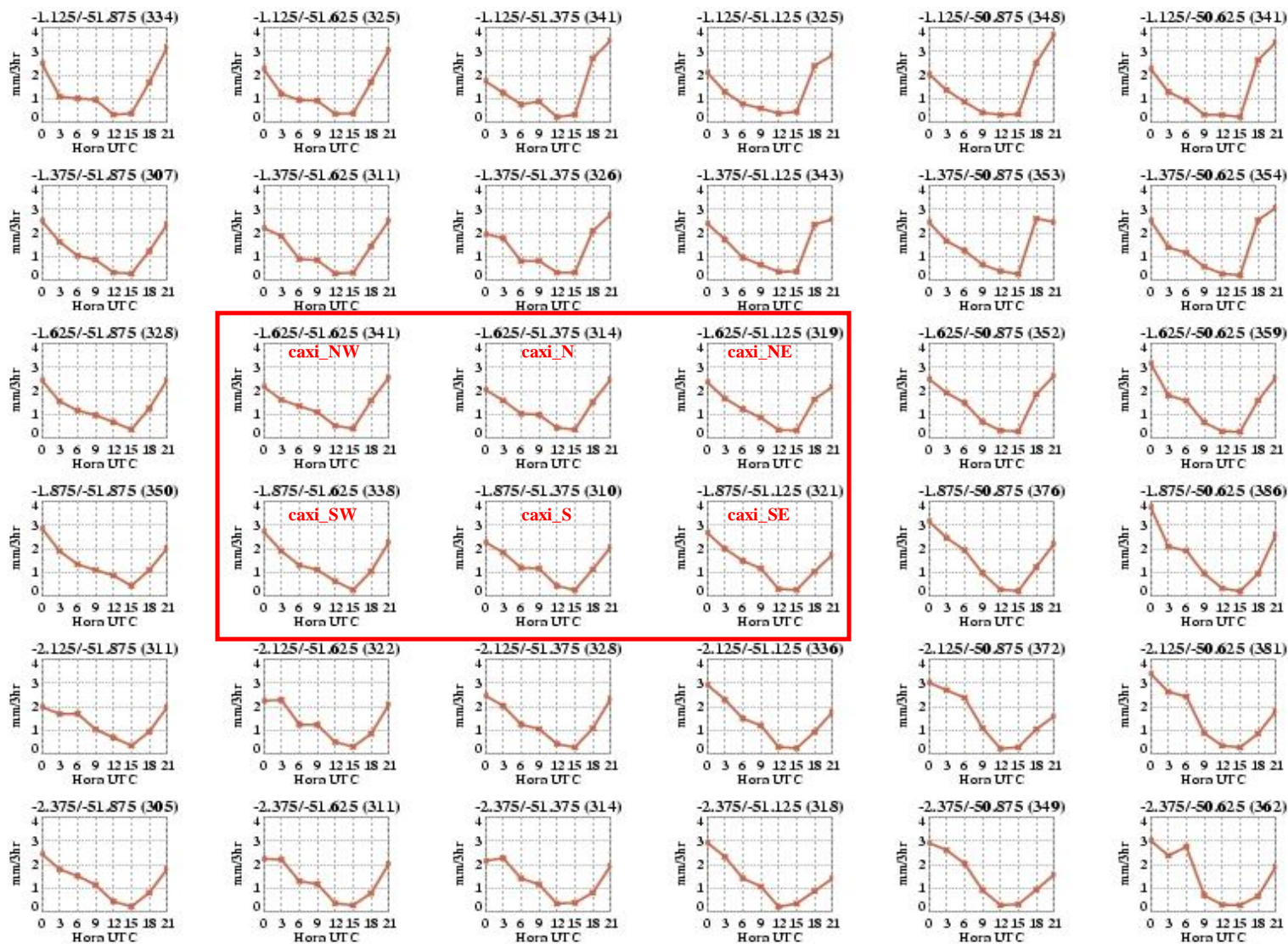
A7 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para fevereiro, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



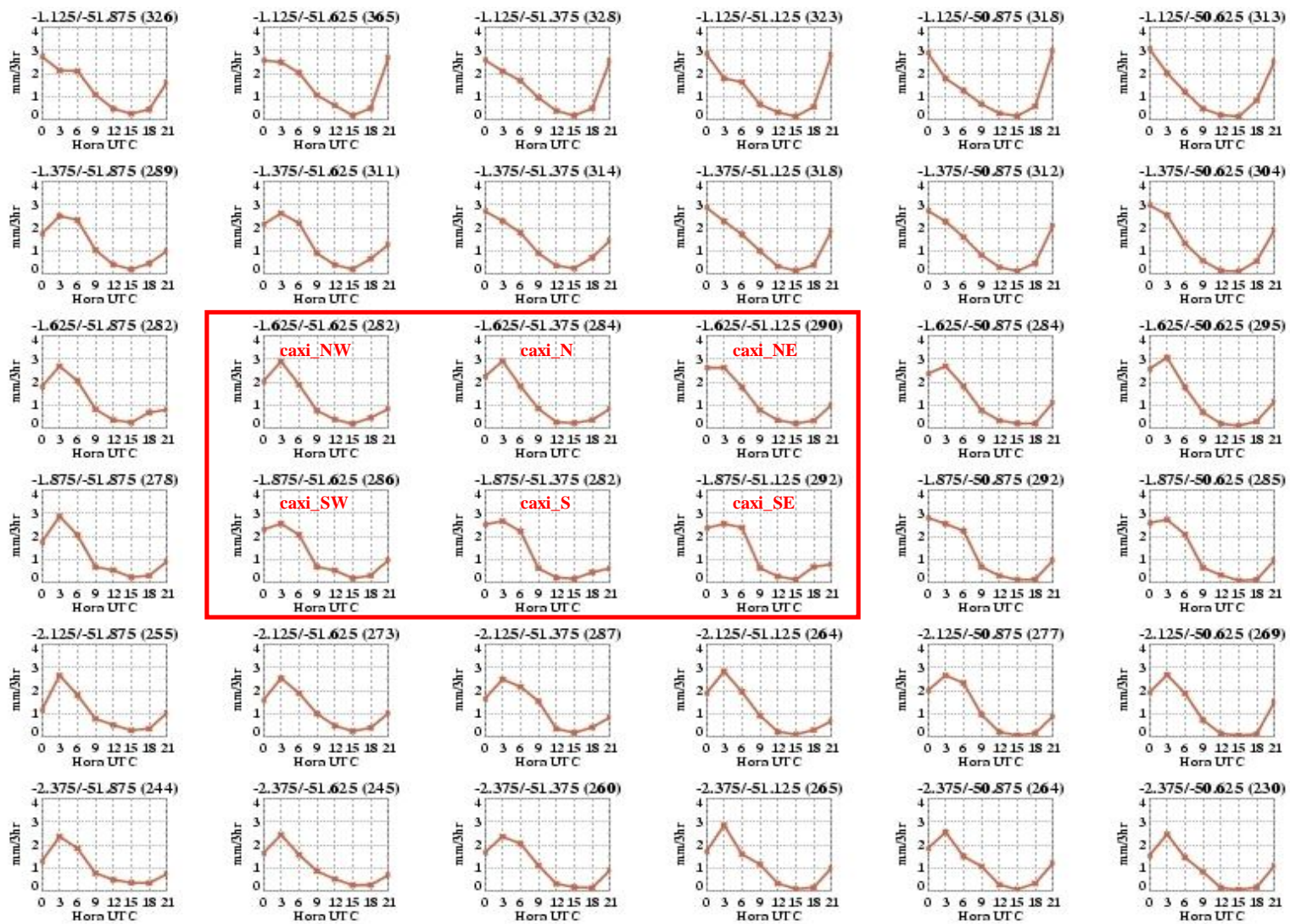
A8 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para março, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



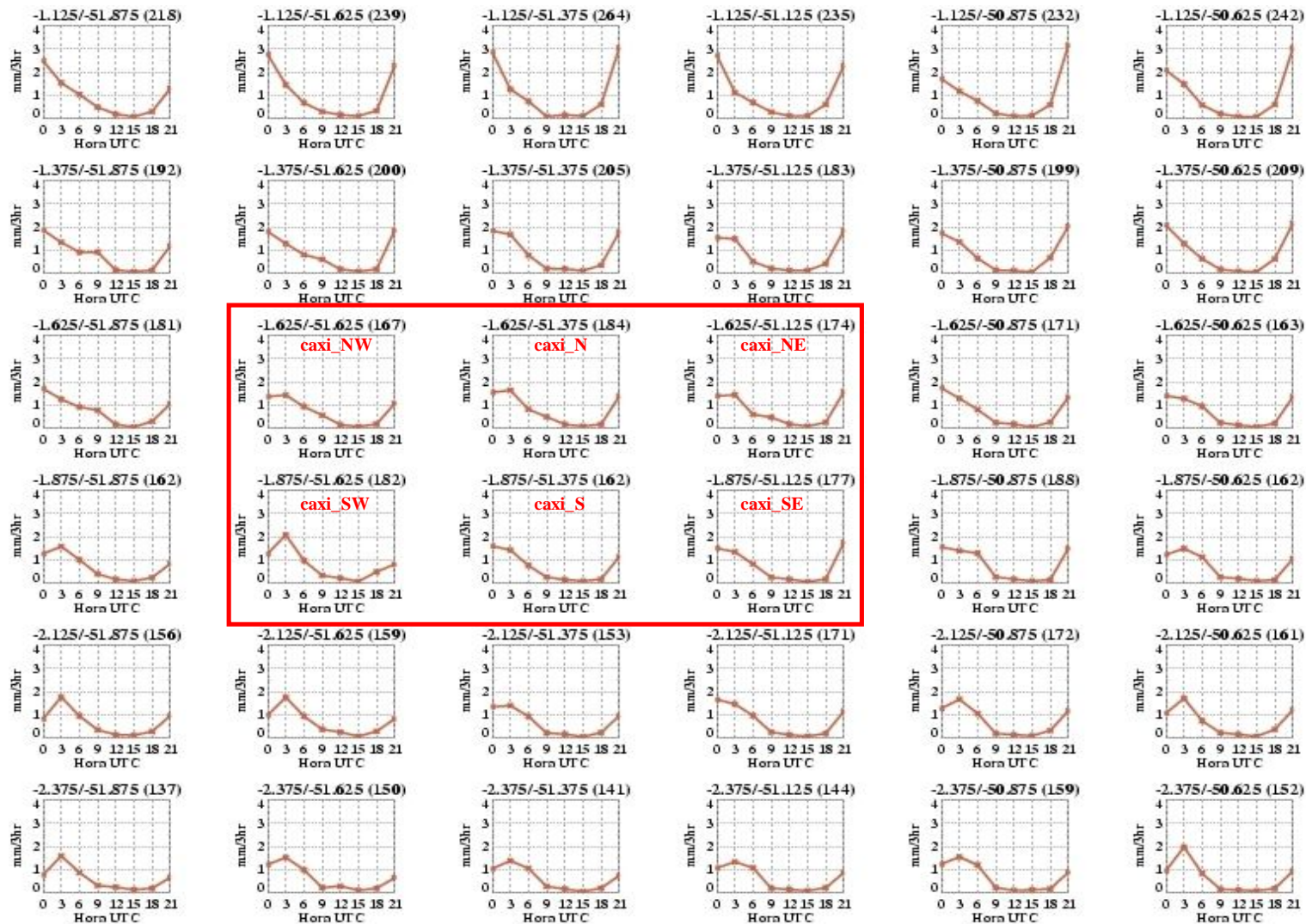
A9 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para abril, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



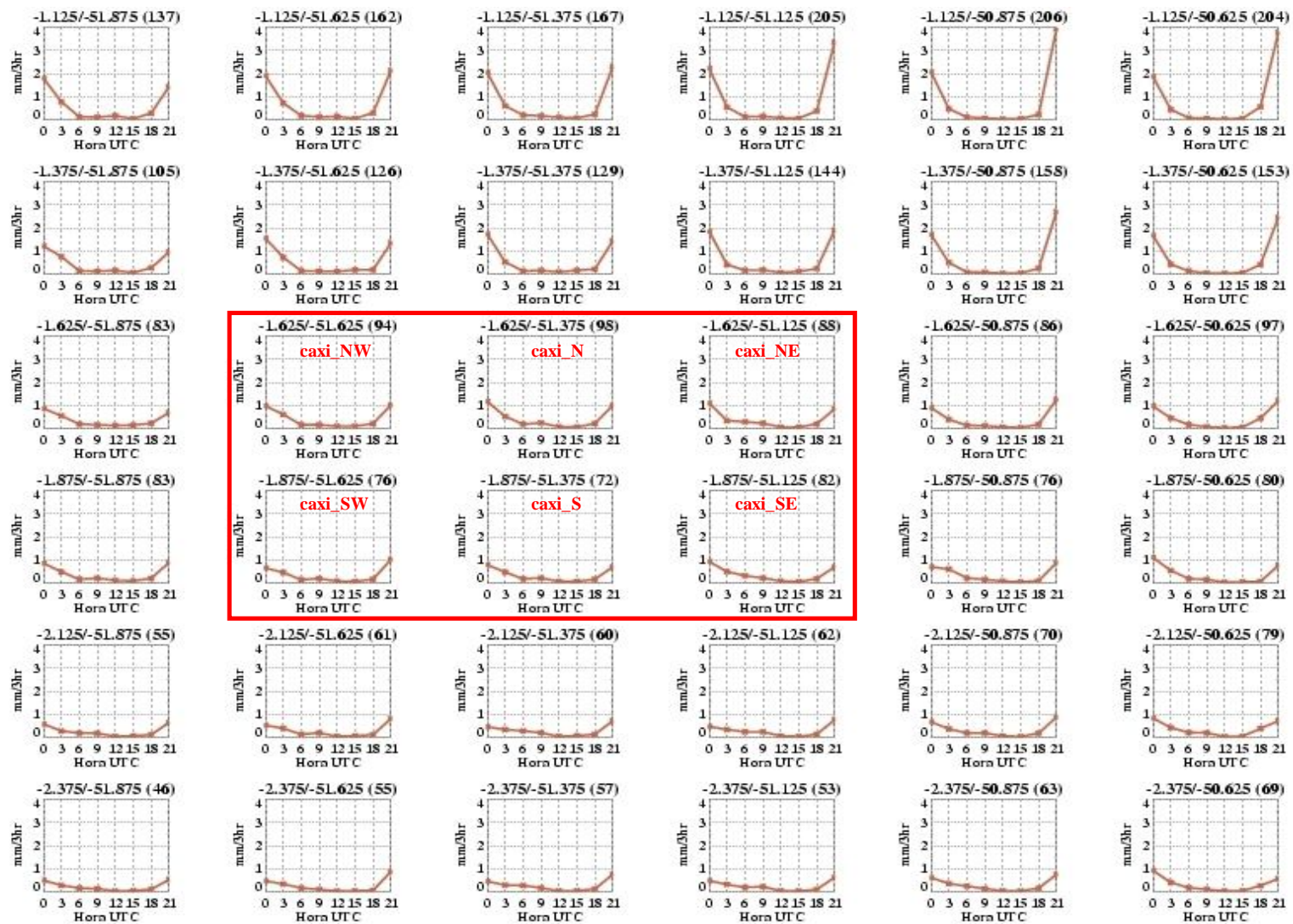
A10 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para maio, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



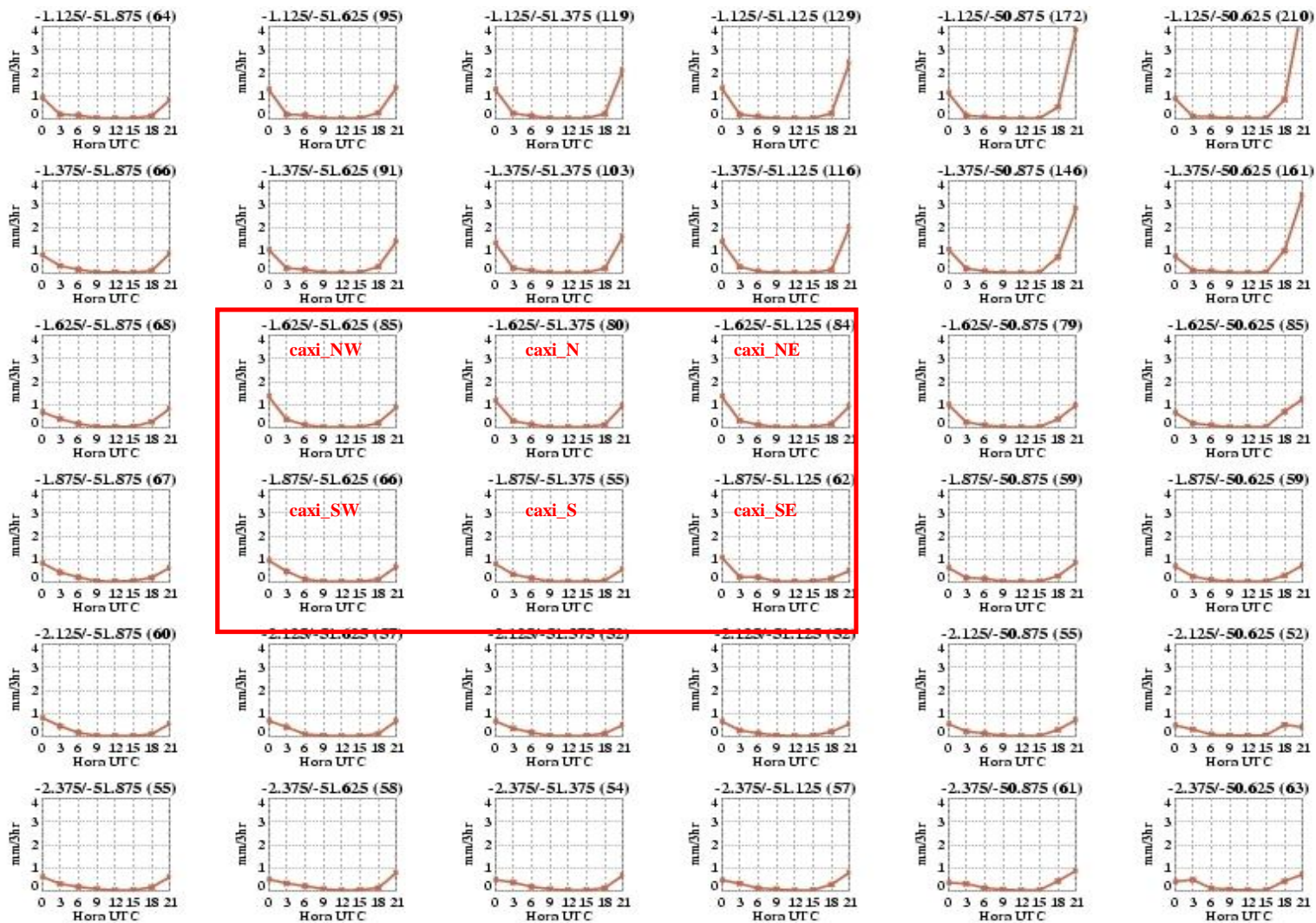
A11 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para junho, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



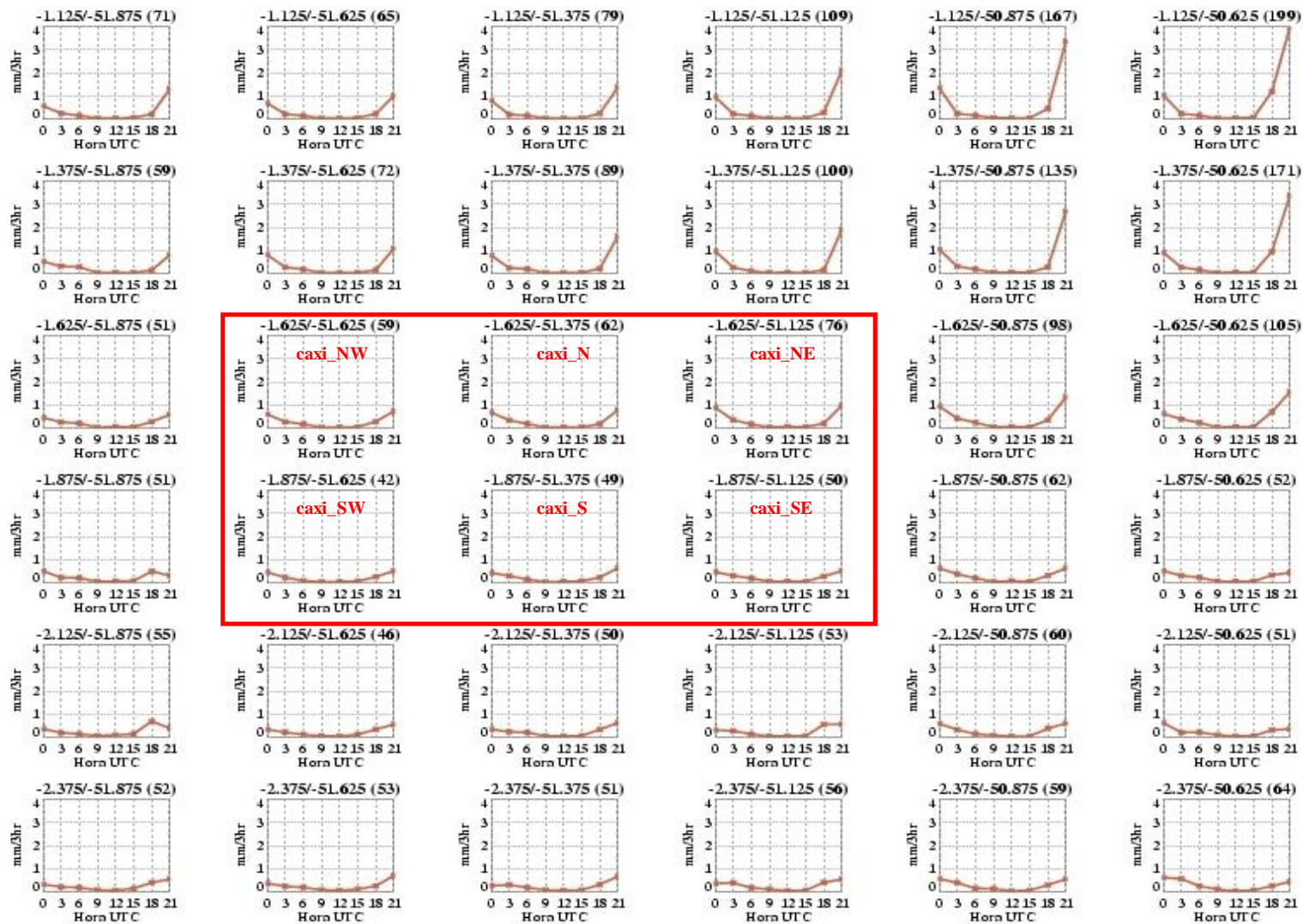
A12 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para julho, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



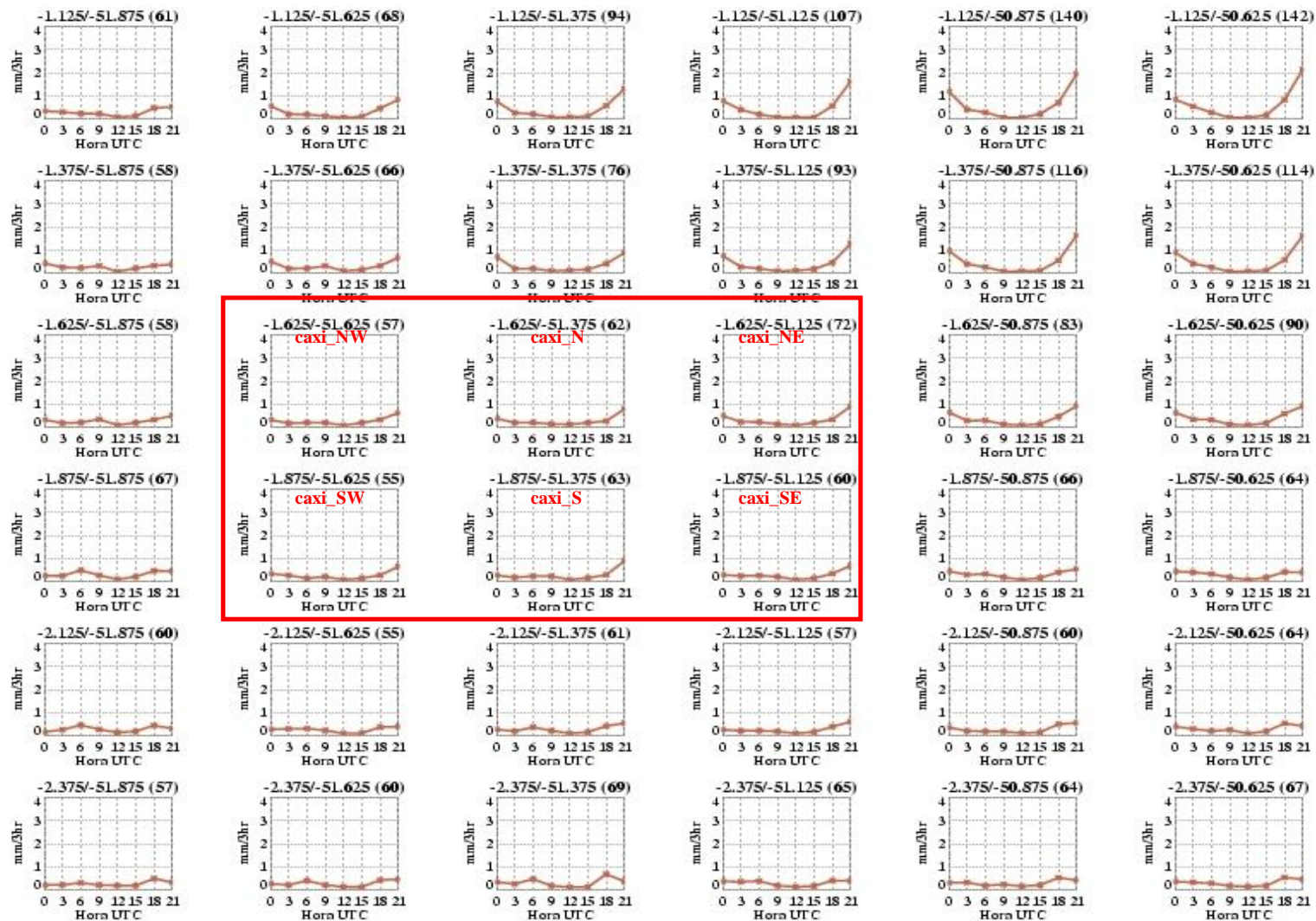
A13 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para agosto, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



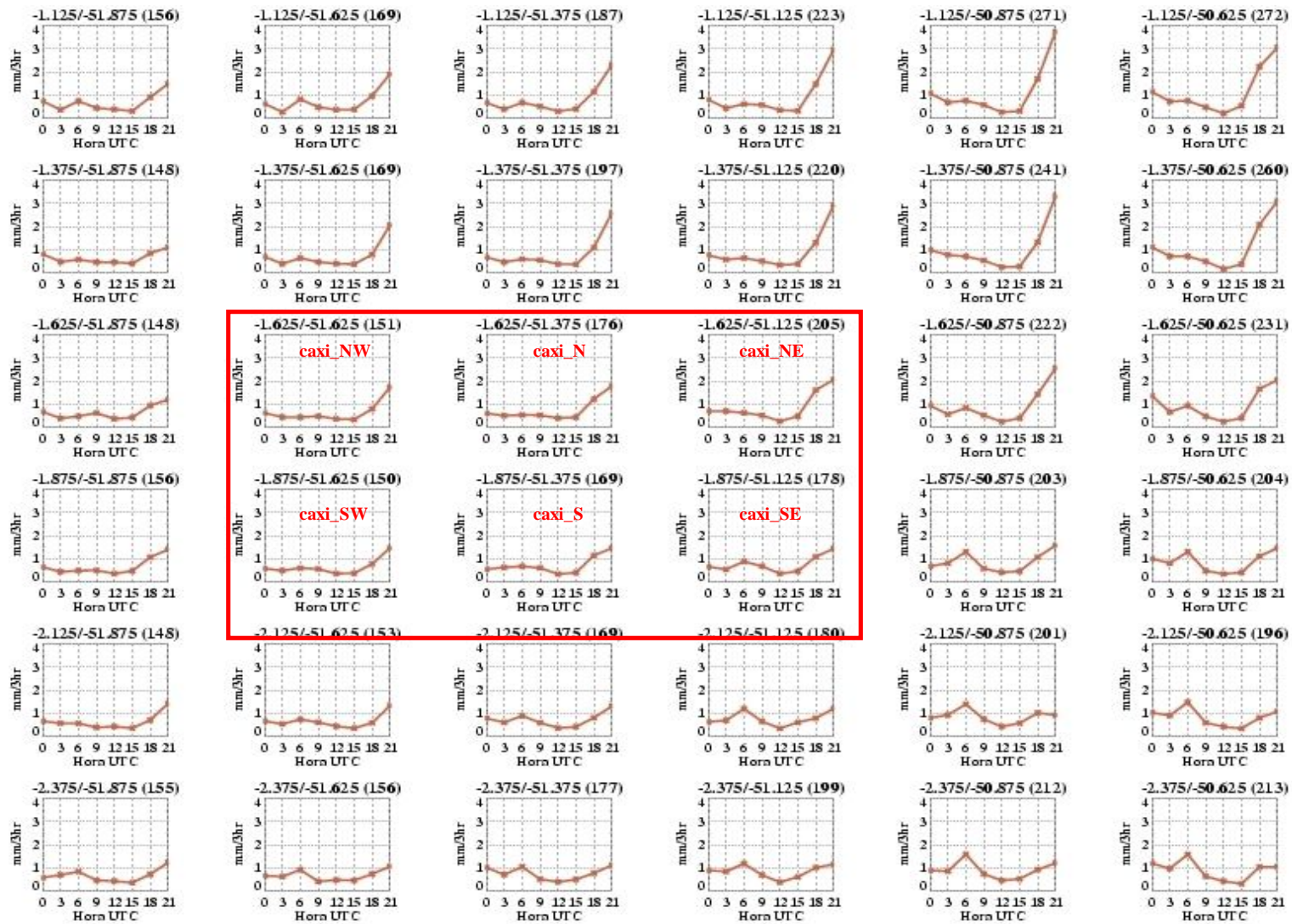
A14 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para setembro, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



A15 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para outubro, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



A16 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para novembro, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.



A17 - Ciclo diurno da precipitação média total de 1998 a 2007 pelo algoritmo 3B42 para dezembro, destaque para as grades caxi_SW, caxi_NW, caxi_S, caxi_N, caxi_SE e caxi_NE.