



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

THAIS CARRARO DI GREGORIO

**“INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NA PREVISÃO DO TEMPO UTILIZANDO O
MODELO BRAMS”**

MACEIÓ - AL
AGOSTO, 2012.

THAIS CARRARO DI GREGORIO

**“INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NA PREVISÃO DO TEMPO UTILIZANDO O
MODELO BRAMS”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas como requisito para obtenção do título de Mestre em Meteorologia

Orientadora: **Prof^ª. Dr. Maria Luciene Dias de Melo**

**MACEIÓ - AL
AGOSTO, 2012.**

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos

D575i Di Gregorio, Thais Carraro.
Influência da vegetação na previsão do tempo utilizando o modelo BRAMS /
Thais Carraro Di Gregorio. -- 2012.
158 f. : il.

Orientador: Maria Luciene Dias de Melo.
Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas.
Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2012.

Bibliografia: f. 103-107.

1. Previsão do tempo. 2. Índice de vegetação. 3. Modelo BRAMS.
4. Simulação climática. I. Título.

CDU: 551.509



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

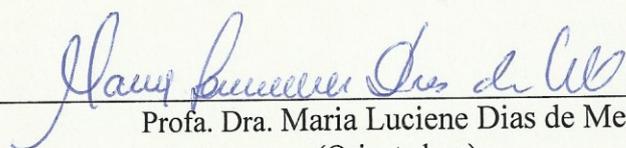
N.º de ordem: MET-UFAL-MS-100.

**“INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NA PREVISÃO DO TEMPO UTILIZANDO O
MODELO BRAMS”**

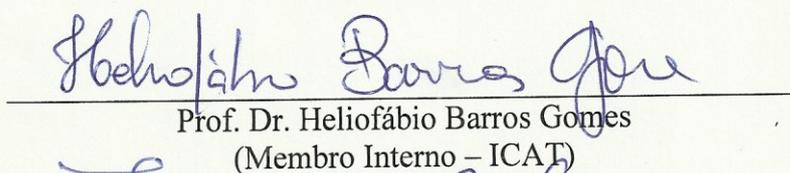
Thais Carraro Di Gregorio

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

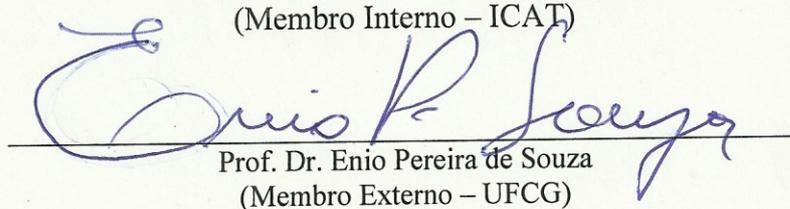
Aprovado pela Banca Examinadora composta por:



Prof. Dra. Maria Luciene Dias de Melo
(Orientadora)



Prof. Dr. Heliofábio Barros Gomes
(Membro Interno – ICAT)



Prof. Dr. Enio Pereira de Souza
(Membro Externo – UFCG)

Agosto/2012

À meu filho Gabriel e esposo Diego, pelo carinho e
compreensão aos dias, noites e madrugadas dedicadas à
confeção deste trabalho, dedico.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pois sem Ele nada seria possível.

A meu filho Gabriel que, hoje com 6 anos, se mostrou mais uma vez, com compreensão além da sua idade. Ao meu esposo Diego por todo apoio e motivação cedido para finalização deste trabalho.

Aos meus pais pela educação concedida e pelo ensinamento e motivação para realização de todas as tarefas impostas ao longo da vida. À minha sogra, sogro e cunhada pelo incentivo.

À toda minha família por me ensinar que a cada dia que passa, temos uma oportunidade de nos tornarmos pessoas melhores.

À minha orientadora Maria Luciene Dias de Melo, e também amiga, pois não só me guiou na realização deste trabalho, como me auxiliou com bons conselhos.

Ao Paulo Kubota, por todo esforço e tempo dedicados à realização deste trabalho, pois sem ele sua realização não seria possível.

Aos novos amigos que conheci no alojamento do CPTEC, Diana Carolina Giraldo Mendez, Julian David Rojo Hernández e Julliana Larise Mendonça Freire, pois apesar do tempo de convívio ser pequeno, suas presenças foram marcantes.

À meu amigo Anderlan Henrique Siqueira, pelo longo tempo 'perdido' ao esclarecimento de minhas dúvidas, principalmente sobre o GrADS.

Também agradeço aos meus amigos Clebson do Carmo Raimundo, Wially Roger, Diogo Nunes e Adriano Marchi, pela amizade e orientações concedidas. À todos os colegas que ingressaram na Pós comigo, e a todos os que conheci após ter ingressado.

A todos os professores, principalmente ao Frederico Tejo Di Pace, Luís Carlos Baldicero Molion e ao querido professor Manoel da Rocha Toledo (in memoriam), não só pelas aulas ministradas, e pela experiência repassada, como também pela dedicação

aos alunos.

Ao Instituto de Ciências Atmosféricas - ICA¹, pela oportunidade de cursar Programa de Pós Graduação em Meteorologia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPESAL), pela concessão da bolsa de estudo, e possibilitar através do Programa PROCAT, o estágio supervisionado no CPTEC.

Ao Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), pela oportunidade de estagiar no Grupo de Modelagem Atmosférica e Interfaces - GMA¹, sob supervisão do Dr. Saulo Ribeiro de Freitas.

Aos membros do grupo GMA¹, em especial à Rodrigo de Oliveira Braz e Valter José Ferreira de Oliveira, pelo auxílio.

E, também quero agradecer ao Núcleo de Desenvolvimento Infantil da Universidade Federal de Alagoas - NDI/UFA¹, que acolheu meu filho com tanto amor e carinho, e contribuiu não só para o seu desenvolvimento cognitivo, como social.

RESUMO

Considerando as interações superfície-atmosfera exercidas na vegetação e consequentemente no clima, é que se torna importante na previsão numérica a atualização dos dados de superfície. A crescente preocupação com a previsibilidade dos modelos, aliada às pesquisas realizadas neste campo, é o que possibilita o avanço na previsão do tempo. Por este motivo, este trabalho objetivou analisar a alteração da vegetação através de diferentes Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), no modelo *Brazilian Regional Atmospheric Modelling System* (BRAMS), para a Região Nordeste, com enfoque ao Estado de Alagoas, que analisou as seguintes variáveis: Precipitação, Fluxo de Calor Latente e Sensível, Razão de Mistura, Temperatura Potencial e Radiação de Onda Longa e Curta incidente, para todos os biomas detectados pelo modelo, que foram: Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Savana, Savana Estépica I (Savana Estépica Parque) e II (Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa) e Pastagem Arbustiva. O período selecionado foram os anos de 2008 e 2009, no mês de junho, que foi escolhido com base na análise do perfil espectro-temporal dos dados de NDVI observados durante os dois anos selecionados. A análise considerou o comportamento nas coordenadas referentes às capitais nordestinas, e, no caso de Alagoas, 10 cidades distribuídas no Estado, que apresentou os maiores índices no comportamento para ambos os anos, em ambas as grades. Foram realizados dois conjuntos de simulação, a controle (utilizando o IVDN climatológico do MODIS) e a modificada (utilizando o IVDN do SPOT). Também foram utilizadas duas Grades, a primeira abrange a região Nordeste com 20km de resolução espacial (G1), e a segunda é aninhada à primeira e compreende o Estado de Alagoas, com 5km de resolução espacial (G2). Para assimilação no modelo, os dados de vegetação observados, foram blocados. Os resultados apresentaram que, apesar da simulação controle ter representado bem as variáveis analisadas, a modificada foi a que obteve melhor desempenho no comportamento pluviométrico, comparando-se seus resultados com GPCC (G1) e estações automáticas do INMET (G2). Em relação aos biomas, o de Pastagem Arbustiva, foi o que apresentou maior alteração entre as simulações e, os biomas Savana Estépica I e II, os que apresentaram maior congruência. Na diferenças entre as simulações, a variável Radiação de Onda Curta, foi a que apresentou menos alteração, sendo que em todas as outras foram observadas alterações substanciais.

Palavras-chave: Previsão do Tempo, Índice de Vegetação, BRAMS.

ABSTRACT

Considering the surface-atmosphere interactions exerted on vegetation and consequently on the climate, is that it becomes important in numerical prediction, the surface data update. The growing concern about the predictability of the models, combined with the research conducted in this field, is which enables the advancement in weather forecasting. Therefore, this study aimed to analyze the change in vegetation through of different Indexes of Normalized Difference Vegetation (NDVI), on the Brazilian Regional Atmospheric Model System Modelling (BRAMS) for the Northeast Region of Brazil, focusing on the Alagoas State, which analyzed the following variables: rainfall, Sensitive and Latent Heat Flux, Mixing Ratio, Potential Temperature, longwave and shortwave radiation incident, for all biomes detected by the model, which were: Open Evergreen Forest, Deciduous broadleaf tree and Savanna, Semi-desert I (Savannah Park) and II (Savannah Grassy-Woody) and Shrubby Grassland. The selected period were the years 2008 and 2009, in the month of June, which was chosen based on the analysis of spectral-temporal profile of NDVI data observed for the two years selected. The analysis considered the behavior in coordinates referring to the capitals of the Northeast Region, and in the case of Alagoas State, 10 cities distributed, which had the highest rates in the behavior for both years in both grids. There were two sets of simulation, the denominated control (using MODIS NDVI climatological) and the modified (using SPOT NDVI). We also used two grids, the first covers the Northeast Region with 20km spatial resolution (G1), and the second is a "nesting" of the first and comprises the State of Alagoas, with 5km spatial resolution (G2). For assimilation in the model, vegetation data observed were segmented. The results showed that although the control simulation have represented well the variables analyzed, was the modified simulation to that performed better behavior in rainfall, comparing their results with GPCP (G1) and automatic stations of INMET (G2). Regarding biomes, Shrubby Grassland, showed the greatest change between simulations and Savanna biomes I and II, showed the highest congruence. On the differences between simulations, the variable Shortwave radiation, showed the least change, and in all other variables presented substantive changes.

Keywords: Prediction Forecast, Vegetation Index, BRAMS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imageamento efetuado pelo sensor MODIS.....	29
Figura 2: Esquema de Visada do Sensor VEGETATION.	31
Figura 3: Grade do tipo C de Arakawa. Variáveis termodinâmicas (h); componente zonal (u); componente meridional (v) do vento.....	37
Figura 4: Distribuição Regional dos Tipos de Vegetação Natural.	38
Figura 5: Área de Estudo. Grade 1: Nordeste, em parte as regiões Norte, Centro-oeste e Sudeste do Brasil; Grade 2: Estado de Alagoas e oceano adjacente.	43
Figura 6: (a) Imagem NDVI com a Correção Status Map. Janeiro/2008 (esquerda); (b) Imagem NDVI com a Função Max. Janeiro/2008 (direita).....	48
Figura 7: Imagem NDVI com o filtro Majority. Janeiro/2008.....	49
Figura 8: Diretório com dados NDVI sensor VEGETATION (NDVI observado), já blocados.	50
Figura 9: Perfil Espectro-temporal do NDVI SPOT, para as capitais da região Nordeste do Brasil.....	52
Figura 10: Perfil Espectro-temporal do NDVI SPOT no Estado de Alagoas.....	53
Figura 11: Tipos de Vegetação grade 1: verde médio - Floresta Ombrófila Densa (Amazônia); verde escuro - Floresta Ombrófila Aberta (Floresta Babaçu); verde claro - Floresta Semidecidual e Savana (Cerrado e Mata Atlântica), amarelo - Savana Estépica (caatinga I); laranja - Savana Estépica (Caatinga II).....	54
Figura 12: Tipos de Vegetação grade 2: verde escuro - Floresta Semidecidual e Savana (Cerrado e Mata Atlântica), verde claro - Pastagem Arbustiva, amarelo - Savana Estépica (caatinga I), laranja - Savana Estépica (caatinga II).....	55
Figura 13: Dados de Precipitação Observados, GPCC. 2008 (a); e, 2009 (b).	57
Figura 14: Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET.	57
Figura 15: Dados de Precipitação GPCC de satélites e estações para o mês de junho de 2008, em grade de 0,5°x0,5°, para a Região Nordeste (G1).	61
Figura 16: Precipitação acumulada na simulação controle (MODIS) (a), e modificada (VEGETATION) (b), para o NEB (G1), para o período de 02 a 06 de junho de 2008. ...	61

- Figura 17:** Diferença entre as Precipitações acumuladas da simulação controle (MODIS), e modificada (VEGETATION), para o NEB (G1), para o período de 02 a 06 de junho de 2008. 62
- Figura 18:** Precipitação acumulada observada (GPCC), para o Estado de Alagoas (G2), para o período de junho de 2008. 63
- Figura 19:** Precipitação acumulada da simulação controle (MODIS) (a), e simulação modificada (VEGETATION) (b), e Distribuição espacial das estações INMET, com os totais pluviométricos para os dias de simulação (c), para o Estado de Alagoas (G2), para o período de 01 a 06 de junho de 2008. 63
- Figura 20:** Diferença entre as precipitações acumuladas das simulações controle (MODIS) e modificada (VEGETATION), no Estado de Alagoas (G2), para o período de 02 a 06 de junho de 2008. 64
- Figura 21:** Precipitação acumulada na simulação controle (MODIS) (a) e modificada (VEGETATION) (b), para o NEB (G1), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. ... 65
- Figura 22:** Dados de Precipitação GPCC de satélites e estações para o mês de junho de 2009, em grade de $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$, para a América Latina e Oeste da África. 65
- Figura 23:** Diferença entre as Precipitações acumuladas da simulação controle (MODIS), e modificada (VEGETATION), para o NEB (G1), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. 66
- Figura 24:** Precipitação acumulada observada (GPCC), para o Estado de Alagoas (G2), para o período de junho de 2009. 67
- Figura 25:** Precipitação acumulada da simulação controle (MODIS) (a) e modificada (VEGETATION) (b), e Distribuição espacial das estações INMET, com os totais pluviométricos para os dias de simulação (c). para o Estado de Alagoas (G2), para o período de 01 a 06 de junho de 2009. 68
- Figura 26:** Diferença entre as precipitações acumuladas das simulações controle (MODIS) e modificada (VEGETATION), no Estado de Alagoas (G2), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. 69
- Figura 27 -** Ciclo Médio do Fluxo de Calor Sensível para Floresta Ombrófila Aberta (Floresta de Babaçu) (Círculos Fechados simulação controle - Modis e quadrados fechados, simulação modificada - Vegetation), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e

2009 (b).	71
Figura 28 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Sensível para Floresta Estacional Semidecidual e Savana, para a grade 1 (a) e grade 2 (b), (Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.	72
Figura 29 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Sensível para o Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).	74
Figura 30 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Latente para o Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o NEB (G1), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).	76
Figura 31 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Latente para o Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).	77
Figura 32 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Latente para o Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).	78
Figura 33: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS), (a) e . Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b) para o período de 02 a 06 de junho de 2008.	79
Figura 34: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS) (a) e: Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b) para o período de 02 a 06 de junho de 2009.	80
Figura 35: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o NEB (G1) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008.	81
Figura 36: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Floresta Estacional Semidecidual e	

- Savana para o NEB (G1) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. 82
- Figura 37:** Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008. 83
- Figura 38:** Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. 84
- Figura 39:** Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Savana Estépica I para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008. 85
- Figura 40:** Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Savana Estépica I para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS), (a) Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. 86
- Figura 41:** Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Savana Estépica II para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura, para o período de 02 a 06 de junho de 2008. 87
- Figura 42:** Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Savana Estépica II, para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. 88
- Figura 43 -** Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Floresta Ombrófila Aberta (Floresta de Babaçu), para o NEB (G1) - Simulação controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b) para o período de 02 a 06 de junho de 2008. 89
- Figura 44:** Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Floresta Ombrófila Aberta, para o NEB (G1) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. 90
- Figura 45:** Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Pastagem Arbustiva, para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis

- Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008. 91
- Figura 46:** Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Pastagem Arbustiva, para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a), e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. 91
- Figura 47:** Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana (Mata Atlântica e Cerrado), para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008. 92
- Figura 48:** Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica e Cerrado), para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. 93
- Figura 49:** Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Savana Estépica I (Caatinga I), para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008. 94
- Figura 50:** Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Savana Estépica I (Caatinga I), para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009. 94
- Figura 51 -** Ciclo Médio Radiação de Onda Longa para o Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b). 97
- Figura 52 -** Ciclo Médio Radiação de Onda Longa para o Bioma Savana Estépica para o NEB (G1), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b). 98
- Figura 53:** Ciclo Médio Radiação de Onda Longa para o Bioma Savana Estépica I para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b). 99

Figura 54:Ciclo Médio Radiação de Onda Curta para o Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b). 100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificações Técnicas do Sensor MODIS.....	30
Tabela 2: Especificações dos Sensores VEGETATION e VEGETATION2 a bordo dos satélites SPOT4 e SPOT5, respectivamente.	32

LISTA DE SIGLAS

ATMET	Atmosférico Meteorológico e Tecnologias de Ambiente
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
BRAMS	Brazilian Regional Atmospheric Modeling System
CDC/NOAA	Climate Diagnostics Center/National Oceanic and Atmospheric Administration
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
ESE	Earth Science Enterprise
FAO	Food and Agriculture Organization
fAPAR	fração da Radiação Fotossinteticamente Ativa
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
GPCC	Global Precipitation Climatology Centre
GrADS	Grid Analysis and Display System
HDF4	Hierarchical Data Format Release 4
IAF	Índice de Área Foliar
IAG	Instituto de Astronomia e Geofísica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILWIS	Integrated Land and Water Information System
IME	Instituto de Matemática e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IVP	Infravermelho Próximo
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
MCGA	Modelo de Circulação Geral da Atmosfera

MM5	Mesoscale Model Version 5
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MSS	Multi Spectral Sensor
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NEB	Nordeste do Brasil
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
RAMS	Regional Atmospheric Modeling System
ROC	Radiação de Onda Curta
ROL	Radiação de Onda Longa
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SM	Status Map
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
Vfrac	Fração Vegetada
VGT-S10	Product Vegetation Synthesis ten days
VIS	Visível
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
2	OBJETIVOS	24
2.1	OBJETIVO GERAL.....	24
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
3.1	CLIMATOLOGIA DO NORDESTE.....	25
3.2	INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO CLIMA	26
3.3	ÍNDICES DE VEGETAÇÃO	27
3.3.1	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> - NDVI).....	28
3.3.2	MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)	29
3.3.3	VEGETATION-2	31
3.4	MODELAGEM E SIMULAÇÃO CLIMÁTICA.....	32
3.4.1	Simulações com o modelo de mesoescala RAMS	34
3.4.2	Modelo Brazilian Regional Atmospheric Modelling Systems – BRAMS.....	35
3.5	VEGETAÇÃO	37
4	DADOS E METODOLOGIA	43
4.1	ÁREA DE ESTUDO	43
4.2	DADOS UTILIZADOS.....	44
4.2.1	NDVI Climatológico	44
4.2.2	NDVI Observado.....	44
4.2.3	Análises do Modelo Global CPTEC.....	44
4.2.4	Temperatura de Superfície do Mar (TSM)	45
4.2.5	Características do Modelo BRAMS para a Simulação.....	45
5	METODOLOGIA.....	47
5.1	PREPARAÇÃO DOS DADOS DE NDVI.....	47
5.1.1	Software ILWIS para processamento de dados e obtenção do NDVI médio. 47	
5.1.2	Preparação dos Dados de NDVI Observados.....	49
5.1.3	INSERINDO NDVI NO BRAMS.....	50

5.1.4	Preparando as Simulações	51
5.1.5	Vegetação.....	53
5.1.6	Dados Observados	56
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
6.1	PRECIPITAÇÃO.....	60
6.1.1	Análise para o ano 2008	60
6.1.2	Análise para o ano 2009	64
6.2	FLUXO DE CALOR SENSÍVEL	69
6.2.1	Floresta Ombrófila Aberta.....	69
6.2.2	Floresta Estacional Semidecidual e Savana	71
6.2.3	Pastagem Arbustiva	73
6.3	FLUXO DE CALOR LATENTE	74
6.3.1	Floresta Estacional Semidecidual e Savana	75
6.3.2	Pastagem Arbustiva	77
6.4	RAZÃO DE MISTURA	78
6.4.1	Pastagem Arbustiva	78
6.4.2	Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica).....	80
6.4.3	Savana Estépica I.....	84
6.4.4	Savana Estépica II	86
6.5	TEMPERATURA POTENCIAL	88
6.5.1	Floresta Ombrófila Aberta (Floresta de Babaçu).....	88
6.5.2	Pastagem Arbustiva	90
6.5.3	Floresta Estacional Semidecidual e Savana	92
6.5.4	Savana Estépica I.....	93
6.6	RADIAÇÃO DE ONDA LONGA	96
6.6.1	Pastagem Arbustiva	96
6.6.2	Savana Estépica I.....	97
6.7	RADIAÇÃO DE ONDA CURTA	99
6.7.1	Pastagem Arbustiva	99
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
8	CONCLUSÕES.....	102
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

APÊNDICE 1	108
APÊNDICE 2	118
APÊNDICE 3	139

1 INTRODUÇÃO

Atualmente observamos uma crescente preocupação por parte da ciência, política e sociedade civil organizada em relação ao assunto de mudanças climáticas e seus possíveis efeitos, em diferentes escalas. O Homem começa a perceber as diversas consequências que suas ações tem para com o meio como um todo, inclusive a atmosfera, que só a pouco tempo passou a figurar dentre as linhas de pesquisa mais importantes e de maior interesse político econômico e social.

Dessa forma o estudo dos processos de superfície terrestre estão no centro da questão para tentar entender e explicar as relações homem, superfície e atmosfera, sendo que neste campo um dos principais atores é a vegetação e a cobertura e uso da terra.

Ao considerar grandes áreas de estudo, observamos diferentes tipos de vegetação diferentes biomas, que correspondem diretamente às características climáticas nas áreas, tendo o conhecimento de que não só as mudanças climáticas a longo prazo podem alterar as características vegetativas de uma área, como também mudanças drásticas e rápidas na vegetação podem afetar o clima local, e que percebemos a importância em quantificar os diversos fatores na relação dinâmica entre vegetação e atmosfera e seus efeitos na previsão do tempo.

Para tanto é preciso que os modelos atmosféricos regionais possam também se utilizar de informações atualizadas, não só da dinâmica atmosférica como também das mudanças na vegetação, que tem por si só, inserida em sua natureza indicativos de resposta da componente climática.

Melo, 2003, pesquisou a influência de dois diferentes índices de vegetação, (Índice de Área Foliar - IAF e Fração Vegetada - Vfrac), aplicados ao modelo RAMS realizando as simulações durante cinco dias, na região Nordeste do Brasil em anos de condições climáticas adversas, e constatou diferenças significativas nos fluxos de calor sensível e latente, além da radiação de onda longa emergente. E, observou que a atmosfera se apresentou mais seca e quente que na simulação controle, indicativo de que os dados atualizados de vegetação contribuíram para alteração da simulação modificada, e conseqüentemente mostrando melhores resultados.

A região Nordeste do Brasil (NEB), possui diversos fenômenos meteorológicos atuantes como os alísios, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e centros de alta

pressão, o que dificulta a realização de simulações com grande confiabilidade, além disso não há um modelo específico para simular regiões equatoriais, pois as interações superfície oceano atmosfera ocorrem de forma mais intensa que em outras regiões do planeta.

Aliado a essas condições, a região Nordeste tem ainda uma grande diversidade vegetativa, que se agrupam em diferentes biomas, tais como mata atlântica, cerrado, caatinga, agreste, contribuindo para uma grande diferença nos índices pluviométrico variando entre 400 e 2000mm anuais .

Por estes motivos, é que se torna necessário estudos cada vez mais abundantes sobre o desempenho de modelos numéricos de previsão do tempo em regiões equatoriais, afim de melhorar sua previsibilidade e se tornar uma ferramenta importante não só para o corpo científico, mas para a sociedade.

Como os modelos numéricos tem a capacidade de simular o meio atmosférico, com base em diversos parâmetros físicos. A previsão dos mecanismos dessas relações superfície-atmosfera é essencial, para que dessa forma os resultados da previsão do tempo possam ser aperfeiçoados, a curto prazo. É com este enfoque que este trabalho propõe avaliar a influência da vegetação, na região Nordeste com ênfase no Estado de Alagoas, por meio de diferentes índices de vegetação por diferença normalizada (climatológico e observado), na previsão do tempo, tendo como base o modelo BRAMS.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o comportamento do Modelo de Mesoescala BRAMS, em relação à alteração de dados de NDVI (climatológico e observado), obtidos a partir de imagens de satélites para a região Nordeste do Brasil, com enfoque sobre o Estado de Alagoas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar simulações com o BRAMS, utilizando o NDVI climatológico e observado, para o período de 01 a 06 de junho de 2008 e 2009, a fim de avaliar se há diferenças no resultado final das simulações;

Comparar os resultados das simulações, com dados de estações meteorológicas e satélite, a fim de verificar se existe um ganho na previsão do tempo para região em estudo, levando-se em consideração os tipos de vegetação encontrados na área.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CLIMATOLOGIA DO NORDESTE

Segundo Santos (2006), pelo fato do Brasil ser um país que apresenta grande extensão territorial, o mesmo possui diferentes regimes no que se refere a variáveis climáticas, entre elas temperatura e precipitação. De norte a sul, encontram-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais.

Segundo Kousky e Chu (1978), a região Nordeste do Brasil (NEB), apresenta grande variedade climática, podendo-se verificar desde o clima semiárido no interior da Região, com precipitação média total anual inferior a 500 mm/ano, até o clima tropical, observado principalmente na costa leste da Região, com precipitação acumulada anual superior a 1500 mm. De acordo com Hastenrath e Lamb (1977), a parte norte da Região Nordeste recebe entre 1000 e 1200 mm/ano.

Rao *et al.* (1993) também relata que diferentes regimes de chuvas são identificados no NEB. No norte da região, a estação chuvosa principal está compreendida entre os meses de fevereiro-março-maio, no sul e sudeste as chuvas ocorrem principalmente durante o período de dezembro a fevereiro e no leste do Nordeste a estação chuvosa é abril-maio-julho. A principal estação chuvosa do NEB, incluindo o norte e o leste da região, que explica 60% da chuva anual, é de março a julho e a estação seca, para a maior parte da região, ocorre de setembro a dezembro (Santos, 2006).

As causas da variabilidade da precipitação sobre o Nordeste Brasileiro (NEB) estão associadas às mudanças na circulação atmosférica em grande escala como Célula de Walker e Hadley, fenômenos sinóticos como os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (Kousky e Gan, 1981), Ondas de Leste (Mota e Gandu, 1998), extremos de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico associados aos episódios de El Niño e La Niña (Alves *et al.*, 1997) e os fatores regionais de grande escala, tal como as diferenças de TSM do Atlântico Norte e Sul (chamado de “padrão de dipolo”) que possuem um papel importante no posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema meteorológico atuante na estação chuvosa do norte e leste do Nordeste brasileiro (Silva e Gandu, 2006).

3.2 INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO CLIMA

O clima, considerado em diferentes escalas, é o fator mais importante de variação da vegetação. E o clima é influenciado em grande medida pelo balanço da radiação solar. Os efeitos da radiação solar sobre condições de luminosidade, temperatura e disponibilidade de água para os vegetais são mediados por estratégias de adaptação (Pillar, 1995).

A estreita relação entre clima e vegetação evidencia-se pela coincidência entre zonas climáticas e biomas.

Além do aumento da temperatura do planeta, outros impactos ambientais podem ocorrer em consequência das mudanças climáticas, tais como: mudanças no regime de precipitação nas diferentes regiões do globo, na agricultura, nas florestas, nos recursos hídricos, nas áreas costeiras, os impactos nas espécies biológicas e nas áreas naturais e na saúde são alguns exemplos de pontos que terão impactos decorrentes das mudanças climáticas exemplificando a grande vulnerabilidade associada aos sistemas naturais (IPCC, 2002).

Por outro lado, outros fatores que podem modificar o clima de uma região são o desflorestamento e o mau uso dos ecossistemas. Estes fatores alteram o clima regional e assim, contribui para as alterações no sistema global (Santos, 2006).

Por exemplo, segundo Adreae *et al.* (2004), quando a floresta é sujeita a períodos anormalmente secos, aumenta a probabilidade de ocorrência de queimadas que podem destruir centenas de milhares de hectares de floresta e injetar na atmosfera grandes quantidades de fumaça e aerossóis que poluem o ar em extensas áreas, afetando a população e com potencial de afetar o início da estação chuvosa e a quantidade de chuva na região.

As fortes mudanças do ambiente, induzidas pela transformação natural do meio e também através da atuação antropogênica, fizeram com que a importância de simular o meio ambiente que nos cerca aumentasse nos últimos anos, tornando-se uma atividade muito importante econômica, científica e socialmente.

3.3 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Com o lançamento do primeiro satélite ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*) - que passou a ser chamado de Landsat 1 (*Land Surface Satellite*) - em 23 de julho de 1972, com a sua Câmera Multispectral (MSS - Multi Spectral Sensor), a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), financiou uma série de investigações para determinar sua capacidade de sensoriamento remoto da Terra. A partir daí diversos estudos foram realizados afim de efetuar o monitoramento espectral da vegetação de uma determinada área geográfica. A resposta espectral detectada pelos sensores informa sobre a reflectância da superfície da vegetação, possibilitando a identificação e o mapeamento de áreas vegetadas.

Segundo Melo (2003), diversos estudos indicam que a introdução de parâmetros da vegetação, derivados do NDVI, em modelos de previsão de tempo e clima podem alterar significativamente os fluxos de superfície obtido pelas simulações. Myneni *et al.* (1997), verificaram que a relação entre NDVI e fAPAR (fração da Radiação Fotossinteticamente Ativa) é, na maioria dos casos, linear, já a relação entre o NDVI e IAF (Índice de Área Foliar), é não linear e varia de acordo com os diferentes tipos de vegetação.

Gutman e Ignatov (1998), parametrizaram a fração vegetada, através da área fracional da vegetação ocupada por cada célula de grade e do IAF, a partir de dados do NDVI utilizando o sensor AVHRR/NOAA (*Advanced Very High Resolution Radiometer/National Oceanic and Atmospheric Administration*), para modelos de previsão numérica do tempo e mostraram melhoria na previsão dos fluxos de superfície, permitindo um modelo mais realístico e consistente quando comparado com outro sem utilizar fração vegetada variante.

Dutta *et al.* (2009), realizou simulações no modelo regional *Mesoscale Model Version 5* (MM5), com diferentes dados de vegetação, incluindo o produto do *Satellite Pour l'Observation de la Terre* (SPOT), sensor Vegetation decidual para estimar a precipitação no período e monções na Índia, e concluiu que, em diferentes tipos de vegetação foi observado grandes variações nos campos de precipitação e ventos, sendo que ao mesmo tempo essa diferença não ocorreu nos parâmetros de superfície, a exemplo da temperatura a 2m do solo. Este pode ser um indicativo da importância da dinâmica da vegetação na precipitação principalmente em áreas com uma grande diversidade de biomas.

3.3.1 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI)

O NDVI é um indicador numérico simples que pode ser usado para analisar medidas de sensoriamento remoto, tipicamente (mas não necessariamente a partir de uma plataforma espacial) e avaliar se o alvo a ser observado contém vegetação verde-vivo ou não (Sala, 2009).

Foi proposto por Rouse *et al.* (1973), e possui associação com algumas variáveis agronômicas como índice de matéria seca, índice de área foliar, grau de cobertura do solo, altura da planta e interceptação de radiação solar, além de também ser utilizado para estudos como modelagem climática e hidrológica; balanço de carbono, detecção de mudanças climáticas, entre outros (Baret e Guyot, 1991; Antunes *et al.*, 1993; Fonseca, 2000).

É uma grandeza adimensional e é definido como uma razão normalizada entre as refletâncias no visível e infravermelho próximo, conforme a Equação 2:

$$NDVI = \frac{(IVP - VIS)}{(IVP + VIS)}$$

Para qual: IVP é a faixa do espectro do infravermelho próximo; e VIS a faixa do visível, no comprimento de onda do vermelho.

Segundo Binder *et al.* (2009), os dados de NDVI possibilitam monitorar, quantificar e investigar mudanças de grande escala na vegetação em resposta a fenômenos climáticos naturais (e.x., El Niño), e às ações antrópicas.

Adicionalmente, diferentes estudos (Rebello, 1997, Liu *et al.*, 1994, NASA, 2008, GLCF, 2007) mostraram que a partir do NDVI pôde-se identificar variações na vegetação decorrentes das diferentes estações do ano, de fenômenos meteorológicos (p. ex., geada) e ações antrópicas (p. ex., agricultura), e representar a duração do ciclo de crescimento da vegetação, e os períodos de máximo desenvolvimento vegetativo, senescência e ressecamento de folhas (Binder *et al.*, 2009).

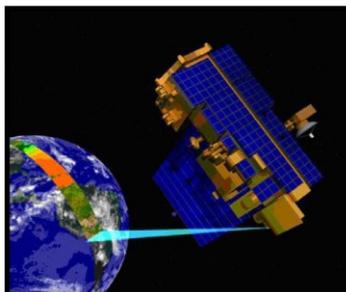
Como resultado, a utilização dos dados de NDVI, a partir de diferentes satélites/sensores (AVHRR, MODIS, VEGETATION, dentre outros), em diferentes estudos é cada vez mais comum, como por exemplo, em modelagens biogeoquímicas, climáticas e

hidrológicas; taxa de produtividade primária e balanço de carbono; atividades agrícolas; uso do solo; estudos de secas, e ultimamente também na detecção de alterações climáticas.

3.3.2 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

O sensor MODIS encontra-se a bordo de duas plataformas: o Terra, lançado em Dezembro de 1999 e o Aqua, lançado em maio de 2002. Na Figura 1, encontra-se um esquema do imageamento realizado pelo sensor MODIS sobre uma órbita que compreende uma faixa em que se inclui a costa leste da América do Norte e a costa oeste da América do Sul.

Figura 1: Imageamento efetuado pelo sensor MODIS.



FONTE: NASA, 2000.

O sensor MODIS é um radiômetro-imageador com duas coberturas diárias em resoluções espaciais de 250, 500 e 1000m. Possui 36 bandas espectrais que se estendem do visível ao infravermelho termal. As primeiras sete bandas foram planejadas para o sensoriamento remoto dos continentes, com resolução de 250m: banda 1 no vermelho (620-670 nm) e banda 2 no infravermelho próximo (841-876 nm) e de 500m: bandas 3 a 7 (450-479; 545-565, 1230-1250, 1628-1652, 2105-2155nm, respectivamente). As plataformas Terra (EOS AM-1) e Aqua (EOS PM-1) fornecem dados ao programa Earth Science Enterprise (ESE) da NASA. A Tabela 1, apresenta algumas características básicas do sensor MODIS.

A plataforma Terra passa pelo Equador aproximadamente às 10h30AM enquanto que a Aqua às 01h30PM.

A resolução temporal das duas plataformas permite duas passagens diárias, possibilitando uma frequência de amostragem significativa. Em alguns casos excepcionais, o imageamento não é diário na linha do Equador, se considerar apenas um sensor. Por outro

lado, o sinergismo da utilização de seus dados garante um imageamento contínuo e diário nestas áreas.

Tabela 1: Especificações Técnicas do Sensor MODIS.

ÓRBITA	705 km, sol síncrona, polar descendente.
FAIXA ESPECTRAL	0.4 μ m - 14.4 μ m
COBERTURA ESPECTRAL	$\pm 55^\circ$; 2330km em fileira ("scans" contínuos em nadir no equador)
RESOLUÇÃO ESPECTRAL NO NADIR	250m (2 bandas), 500m (5 bandas), 1000m (29 bandas)
PRECISÃO RADIOMÉTRICA	5% absoluto, <3 μ m; 1% absoluto, >3 μ m; 2% de reflectância
REPETIÇÃO DE COBERTURA	Diária ao norte da latitude 30° e a cada dois dias, para latitudes inferiores a 30°
QUANTIZAÇÃO	12 bits
TAXA DE DADOS	6,2Mbps (média), 10,8Mbps (dia) e 2,5Mbps (noite)
POTÊNCIA	162,5W (média para uma órbita) e 168,5W (pico)

FONTE: COURA, 2007.

O sensor MODIS apresenta características que conferem capacidades superiores de descrição do comportamento espectral da vegetação (Rudorff et al., 2007) e, dentre as técnicas utilizadas para tal avaliação, o estudo dos índices de vegetação (IV) mostra-se como uma das técnicas mais eficientes. O maior benefício ao analista de imagens do sensor Modis é a disponibilidade do IV registrado diretamente em uma imagem digital, a qual possibilita a inferência sobre as condições da vegetação. Os índices produzidos pelo MODIS permitem realizar estudos, tanto ao longo do tempo quanto no espaço, sobre as condições da cobertura vegetal, descrevendo e reconstituindo dados de variações fenológicas e discriminando variações interanuais na vegetação nas escalas global e regional (Rudorff et al., 2007).

3.3.3 VEGETATION-2

O Satélite SPOT 5 (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*), foi desenvolvido pelo *Centre National d'Etudes Spatiales* (CNES), da França em conexão com o Programa de Satélite de Observação militar HELIOS II. Lançado em maio de 2002.

O projeto do sensor VEGETATION foi financiado pela União Européia e desenvolvido pelo CNES em parceria com a Bélgica, Suécia e Itália, sendo lançado pela primeira vez a bordo do satélite SPOT-4. O sensor atua no monitoramento de mudanças ambientais, especializado em oferecer dados sobre cobertura vegetal e também com canais voltados aos estudos oceanográficos e correção de efeitos atmosféricos.

Com um imageador multispectral de 1 km de resolução espacial, ele fornece uma visão em pequena escala da Terra, com uma faixa imageada de 2.250 km de largura, como pode ser visto na Figura 2. A sua resolução espacial permite medir variações sutis na cobertura do planeta, possibilitando um monitoramento global de grande valor científico.

Figura 2: Esquema de Visada do Sensor VEGETATION.



FONTE: CNES, 2008.

O instrumento VEGETATION do SPOT-4, foi concebido para assegurar um acompanhamento contínuo, a nível regional e global da biosfera continental e da agricultura. Os resultados obtidos, permitiram começar a estudar as complexas interações de influências que ocorrem entre a cobertura vegetal do planeta e o clima global: comportamento da vegetação com a ampliação do efeito, consequências sobre o ciclo do carbono, e ao inverso, o efeito do aumento do teor de CO₂ sobre a produção vegetal, entre outros. O Instrumento VEGETATION 2, montado no SPOT-5 é uma versão aprimorada do sensor inicial, com melhorias nos detectores e na parte ótica.

Os sensores VEGETATION-1 e VEGETATION-2 possuem as mesmas configurações, e o VEGETATION-2 foi desenhado para possibilitar continuidade na aquisição de dados dessa plataforma. É capaz de fornecer imagens obtidas em um só dia (primárias) assim como obtidas em intervalos de 10 dias (sintéticas). As especificações dos Sensores VEGETATION-1 e 2 encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Especificações dos Sensores VEGETATION e VEGETATION2 a bordo dos satélites SPOT4 e SPOT5, respectivamente.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
VEGETATION e VEGETATION 2	B0	0,43 – 0,47	1 Km	24 horas	2250 Km	8 bits
	B2	0,61 – 0,68				
	B3	0,78 -0,89				
	MIR	1,58 – 1,75				

FONTE: VITO, 2011.

3.4 MODELAGEM E SIMULAÇÃO CLIMÁTICA

O uso de modelos numéricos, têm-se mostrado importante para auxiliar a avaliação das consequências de mudanças provocadas pelas atividades humanas, que são muito complexas. Pois, os modelos numéricos, permitem simular diversas situações climáticas a partir de modificações nas condições da superfície terrestre e na constituição da atmosfera (Abreu, 2000). Deste modo, vários estudos têm sido realizados, com o emprego destes modelos, visando compreender, especialmente, as implicações climáticas das ações antrópicas, em várias escalas (França, 2007).

No estudo realizado por Abreu (2000), que avaliou a utilização do Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA), do CPTEC-INPE, em previsões climáticas e em estudos futuros, verificou-se que, apesar de apresentar algumas limitações, o modelo se mostrou uma ferramenta importante na simulação das características de grande escala do clima das regiões brasileiras, sendo capaz de auxiliar no entendimento da gênese, dinâmica da climatologia do Brasil, além de subsidiar o aprimoramento da análise e previsão das situações de tempo e clima.

Alguns modelos globais, devido a sua baixa resolução espacial, são deficientes nos

estudos referentes à escalas menores, como as regionais, afim de simular adequadamente as variáveis meteorológicas na área de interesse. Sendo, então, necessário para este fim a utilização de modelos atmosféricos com maior resolução espacial, os chamados modelos de mesoescala, de alta resolução, que incorporem as interações superfície terrestre - atmosfera (STOHLGREN *et. al.*, 1998).

Informações detalhadas de superfície e de vegetação podem aprimorar as simulações realizadas pelo modelos numéricos. Segundo Melo (2003), o modelo RAMS, prescreve um único mapa de vegetação com parâmetros (IAF, Vfrac, albedo, rugosidade, profundidade de raízes, dentre outros) fixos para cada tipo de cobertura vegetal de determinada região. Nesse sentido, uma atribuição realística da distribuição da vegetação na superfície do modelo deve levar a uma melhoria das simulações.

Estudos recentes mostram que a introdução de parâmetros da vegetação, derivados do NDVI ou NDVI nos modelos de previsão de tempo e clima pode resultar em mudanças significativas dos fluxos de superfície obtido pelas simulações. Por exemplo: Gutman e Ignatov (1998) parametrizaram a fração vegetada e introduziram mapas no modelo de previsão numérica de tempo, resultando uma melhora significativa.

No entanto, a produção de mapas diários de cobertura vegetal para grandes áreas com base no NDVI torna-se inviável devido à presença de nuvens e condições de interferência atmosférica. Para minimizar, ou mesmo eliminar estes efeitos nas imagens do NDVI, é comum a utilização da técnica de composição de imagens pelo valor máximo do NDVI (Holben 1986).

Conforme Abreu (2000), o aprimoramento destes modelos é fundamental para que se possa responder de forma cada vez mais eficiente às questões relacionadas à influência humana no clima.

Neste sentido, modelos com maior resolução, como o RAMS (*Regional Atmospheric Modeling System*) e o BRAMS (*Brazilian Regional Atmospheric Modeling System*), têm sido cada vez mais utilizados nos estudos de escalas regionais.

3.4.1 Simulações com o modelo de mesoescala RAMS

Gandu e Cohen (2002), realizaram simulações numéricas com o modelo RAMS, a fim de avaliar os impactos na atmosfera decorrentes da substituição de floresta por pastagem, na região leste da Amazônia, durante o período de estiagem. Estes autores verificaram alguns impactos resultantes desta alteração, como por exemplo, diminuição da precipitação em áreas costeiras e seu aumento em áreas mais internas do continente, aumento do fluxo de calor sensível e diminuição do calor latente, além de aumento generalizado da velocidade do vento próximo à superfície. Estudos realizados por Fisch et al. (1997), analisando a região de Jipará, em Rondônia, também verificaram o aumento generalizado de temperatura (entre 0,5 e 1,5 °C) e da velocidade do vento próximo à superfície, na região estudada,. Além disso, destacaram a importância da maior resolução espacial deste modelo para verificar o efeito dos grandes rios da região.

Correia (2001), utilizou simulações numéricas do modelo RAMS, juntamente com dados observacionais, para avaliar a ocorrência de mudanças climáticas na região do submédio da bacia do rio São Francisco, ligadas à construção da represa de Sobradinho. E constatou a aplicabilidade deste modelo para simular o comportamento da atmosfera em cenários distintos, tais como com lago ou sem lago, e concluiu que o reservatório afeta o clima desta região de forma direta e indireta (em função da substituição da caatinga por culturas irrigadas nas suas adjacências).

Freitas (1999) e Freitas *et al.* (2005), utilizaram o modelo RAMS, para estudar o transporte atmosférico de gases e partículas inertes emitidos pelas queimadas na Amazônia e no Brasil Central. As queimadas emitem gases do efeito estufa com potencial papel em mudanças climáticas, em escalas regional e global. Acoplando um modelo de transporte online ao modelo RAMS, os autores mostraram as principais rotas de exportação da fumaça emitida e o papel de sistemas sinóticos típicos da América do Sul na definição destas rotas.

3.4.2 Modelo Brazilian Regional Atmospheric Modelling Systems – BRAMS

O BRAMS é o resultado de um Projeto de Pesquisa patrocinado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) 2002/2003 (www.finep.gov.br) visando produzir uma versão do RAMS (www.atmet.com) adaptado para os trópicos para ser usado em modo de produção pelos Centros Regionais de previsão do tempo Brasileiros e, em modo de pesquisa pelas Universidades brasileiras. Embora portabilidade de software seja central para o RAMS e BRAMS, o projeto se baseou em clusters de PC (Personal Computer) rodando sobre Linux (Fazenda et al, 2006). Os colaboradores do projeto são:

- ATMET (Atmosférico, Meteorológico e Tecnologias de Ambiente, www.atmet.com);
- IME/USP (Instituto de Matemática e Estatística Universidade de São Paulo, www.ime.usp.br);
- IAG/USP (Instituto de Astronomia e Geofísica /Universidade de São Paulo; (www.iag.usp.br);
- CPTEC/INPE www.cptec.inpe.br.

É um modelo numérico de múltipla finalidade, designado para simular circulações atmosféricas que vão desde a micro até a grande escala. Sua mais frequente aplicação é na simulação de fenômenos atmosféricos de mesoescala (com escalas horizontais da ordem de 2 a 200 km). Com o BRAMS é possível obter tanto informações prognósticas, aplicadas à previsão de tempo, como informações diagnósticas, relacionadas a estudos de casos voltados para a pesquisa. O modelo baseia-se no conjunto completo de equações primitivas que governam a evolução do estado atmosférico, fundamentadas nas leis de movimento de Newton e na termodinâmica de um fluido, incluindo parametrizações dos diversos processos físicos (parametrizações de difusão turbulenta, radiação solar e terrestre, processos úmidos incluindo a formação e a interação de nuvens e água líquida precipitante e gelo, calor sensível e latente, camadas de solo, vegetação e superfície d'água, efeitos cinemáticos do terreno e convecção de cúmulos) presentes nestas equações.

O modelo foi desenvolvido dentro do formalismo de Diferenças Finitas, estando escrito, quase exclusivamente, na linguagem computacional FORTRAN 90. Possui um esquema de “*nesting*” ou “aninhamento” múltiplo de grades que permite que as equações do modelo sejam resolvidas simultaneamente em pontos de grades computacionais com diferentes resoluções espaciais. Grades de maior resolução são utilizadas para modelar detalhes dos sistemas atmosféricos de menor escala, tais como escoamento sobre terrenos complexos e circulações termicamente induzidas pela superfície. As grades de menor resolução são utilizadas para modelar os sistemas atmosféricos de larga escala, os quais

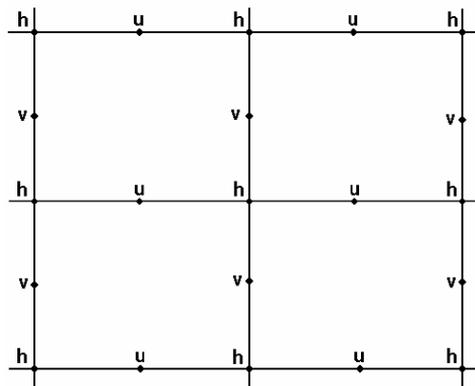
interagem com os sistemas de mesoescala resolvidos nas grades mais finas.

As opções físicas e parametrizações estão em constante atualização e/ou implementação e a configuração de cada simulação é feita por meio de um arquivo do tipo lista de variáveis, denominado RAMSIN. A versão 4.2 do BRAMS (utilizada nesse estudo) tem como base a versão 4.0 do BRAMS, apresentando as seguintes características:

- a) Novos dados de vegetação com 1 km de resolução derivados do *International Geosphere-Biosphere Programme* – IGBP, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e do Projeto Proveg (Sestini et al., 2002) – INPE;
- b) O esquema de superfície (interação solo-vegetação-atmosfera) do modelo baseado no Land Ecosystem Atmosphere Feedbacks - LEAF (Walko et al., 2000);
- c) Assimilação de dados de umidade do solo heterogêneos baseada em Gevaerd et al. (2006);
- d) Reprodutibilidade binária (mesmo resultado utilizando diferentes números de processadores);
- e) Melhoria na portabilidade e qualidade do *software*;
- f) Melhoria de desempenho em simulações seriais e paralelas;
- g) Parametrização de cumulus rasos (Souza e Silva, 2002);
- h) Nova parametrização de convecção profunda baseada em um esquema de fluxo de massa com diferentes fechamentos (Freitas et al., 2007);
- i) Inclusão do modelo numérico de transporte de aerossóis e traçadores atmosféricos - Coupled Aerosol and Tracer Transport (CATT);
- j) Inclusão do modelo de balanço de energia em áreas urbanas – TEB (Town Energy Budget).

A grade utilizada pelo BRAMS 4.2 é alternada do tipo C de Arakawa (Mesinger e Arakawa, 1976), onde as variáveis termodinâmicas e de umidade são definidas nos mesmos pontos de grade, enquanto que as velocidades zonal (u), meridional (v) e vertical (w) do vento são intercaladas em $\Delta x/2$, $\Delta y/2$ e $\Delta z/2$, respectivamente (Figura 3).

Figura 3: Grade do tipo C de Arakawa. Variáveis termodinâmicas (h); componente zonal (u); componente meridional (v) do vento.



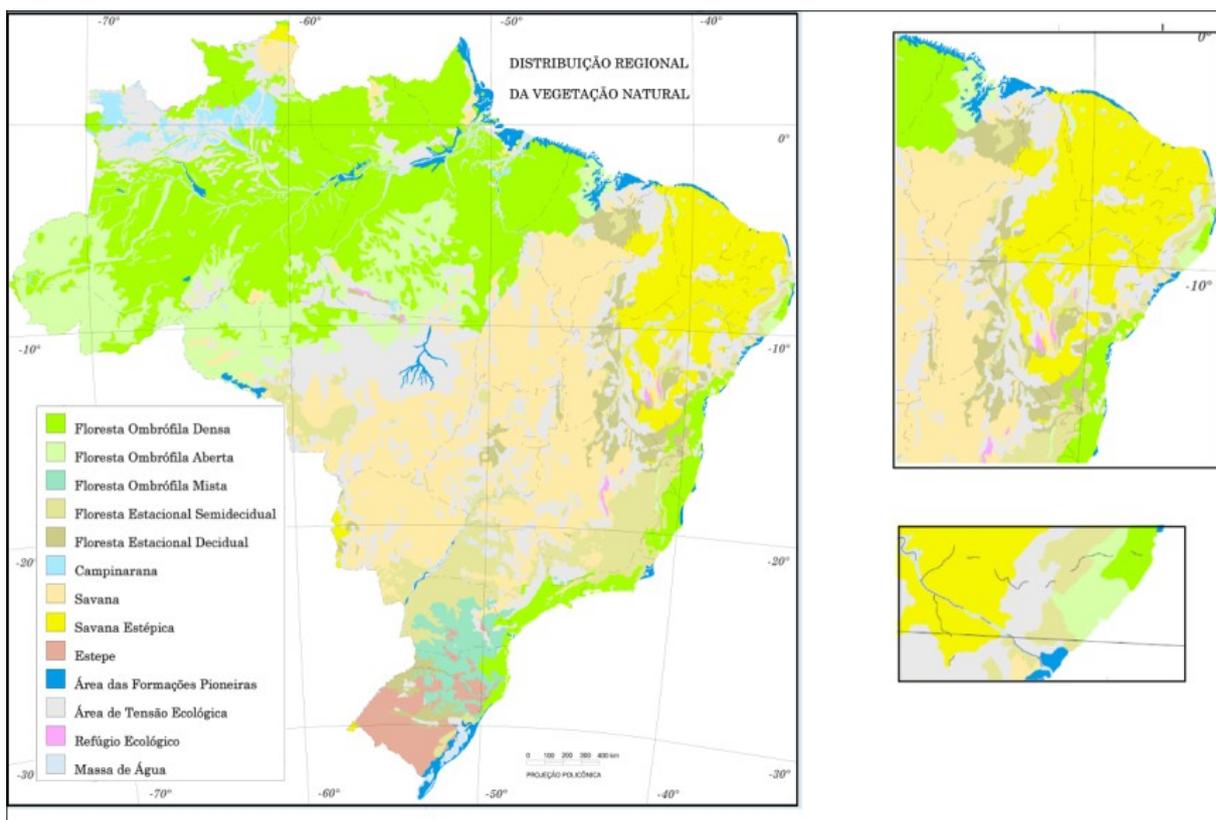
FONTE: Mesinger e Arakawa (1976)

A projeção horizontal utilizada é a estereográfica, cujo pólo de projeção fica próximo do centro da área de domínio. Esse tipo de projeção diminui distorções na área de interesse. Na vertical existem duas opções de projeção. A primeira é um sistema de coordenadas que acompanha o terreno, denominada σ_z (Tripoli e Cotton, 1982), a segunda é shaved-ETA (Tremback e Walko, 2004).

3.5 VEGETAÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na Região Nordeste do Brasil (NEB) existem oito (08) tipos de vegetação (Figura 4), são eles: Floresta Ombrófila Densa (Floresta Pluvial Tropical); Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia); Savana (Cerrado); Savana-Estépica; Áreas de Formações Pioneiras; Áreas de Tensão Ecológica (Vegetação de Transição); Refúgio Ecológico, descritos abaixo. Já o Estado de Alagoas, apresenta seis dos oito tipos existentes no NEB, que são eles: Floresta Ombrófila Densa (Mata Ciliar), Floresta Ombrófila Aberta (Floresta de Babaçu), Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica), Savana Estépica (Caatinga), Área de Tensão Ecológica e Área de Formações Pioneiras, descritas a seguir.

Figura 4: Distribuição Regional dos Tipos de Vegetação Natural.



Fonte: IBGE (2004) Escala 1 : 5.000.000

Floresta Ombrófila Densa (Floresta Pluvial Tropical) – Termo criado por Ellemberg & Mueller-Dombois (1965/6). Dominam nos ambientes desta floresta os latossolos com características distróficas (porcentagem de saturação por bases é inferior a 50%, sendo, portanto, bastante ácidos. São solos de fertilidade média ou baixa) e raramente eutróficas (tipo de solo que possui concentrações de nutrientes em níveis ótimos, ou quase ótimos, para o crescimento de plantas e animais). Dominam nos ambientes desta floresta os latossolos e os podzólicos, ambos de baixa fertilidade natural. (http://www.bv.am.gov.br/porta/conteudo/meio_ambiente/mata_atlantica.php).

Floresta Ombrófila Aberta (Faciações da Floresta Densa) – Este foi considerado durante anos como um tipo de transição entre a floresta amazônica e as áreas extra-amazônicas e foi denominado pelo Projeto RADAMBRASIL (Veloso *et al.*, 1975) de Floresta Ombrófila Aberta. Apresenta quatro faciações florísticas que alteram a fisionomia ecológica da floresta Ombrófila Densa, imprimindo-lhe clareiras, daí o nome adotado, além dos gradientes climáticos com mais de 60 dias secos por ano, assinalados em sua curva ombrotérmica.

A latitude e a altitude servem como parâmetros básicos para a divisão das três formações que ocorrem neste tipo de vegetação, que são *Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas*, *Floresta Ombrófila Aberta Submontana* e *Floresta Ombrófila Aberta Montana*.

Floresta Estacional Semidecidual – o conceito ecológico deste tipo de vegetação está condicionado pela dupla estacionalidade climática, uma tropical com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno, com temperaturas médias inferiores a 15°C. Neste tipo de vegetação a porcentagem das árvores caducifólias, no conjunto florestal e não das espécies que perdem as folhas individualmente, situa-se entre 20 e 50%. As áreas tropicais são compostas por mesofanerófitos que revestem, em geral, solos areníticos distróficos.

Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia) – é caracterizado por duas estações climáticas bem demarcadas, uma chuvosa seguida de longo período biologicamente seco, ocorre na forma de disjunções florestais apresentando o estado dominante macro ou mesofanerófito predominantemente caducifólio, com mais de 50% dos indivíduos despidos de folhagem no período desfavorável.

Savana (Cerrado) – é definida como uma vegetação xeromorfa preferencialmente de clima estacional (aproximadamente seis meses secos), não obstante podendo ser encontrada também em clima ombrófilo. Reveste solos lixiviados aluminizados, apresentando sinúsias de hemicriptófitos, geófitos e fanerófitos oligotróficos de pequeno porte, com ocorrência por toda a Zona Neotropical.

A Savana foi subdivida em quatro subgrupos de formação: Savana Florestada (Cerradão), Savana Arbórea (Campo-Cerrado), Savana Parque e Savana Gramíneo-Lenhosa.

Savana-Estépica (Caatinga do Sertão Árido, Campos de Roraima, Chaco Sul-Matogrossense e Parque de Espinilho da Barra do rio Quaraí) – o termo foi empregado para designar a área do “sertão nordestino” com dupla estacionalidade. O sertão árido nordestino apresenta frequentemente dois períodos secos anuais, um com longo déficit hídrico seguido de chuvas intermitentes e outro com seca curta seguido de chuvas torrenciais que podem faltar por anos. Este tipo de vegetação ou classe de formação subdivide-se em quatro subgrupos de

formações situados em áreas geomorfologicamente distintas, a saber:

Savana-Estéptica Florestada; Aflora do “sertão nordestino”, situada na grande depressão interplanática bastante arrasada, é caracterizada sobretudo pelos gêneros: *Cavanillesia* e *Chorisia* da família *Bombacaceae*, de dispersão Pantropical, sendo que o gênero *Cavanillesia*, Neotropical, é homólogo do gênero *Adansonia*, Paleotropical africano; *Schinopsis* e *Astronium*, pertencentes à família *Anacardiaceae* que é de dispersão Pantropical, são Neotropicais, sendo o primeiro andino-argentino e o segundo afro-amazônico; *Acacia*, *Mimosa*, *Cassia* e outros da família *Leguminosae*, de dispersão Pantropical, com distribuição descontínua apresentam maior número de ecótipos do Novo Mundo.

Savana-Estéptica Arborizada; Este subgrupo apresenta características florísticas da fisionomia ecológica anterior, porém os indivíduos que o compõem são mais baixos, existindo clarões entre eles.

Na depressão interplanática Nordestina, dominam os ecótipos: *Spondias tuberosa* (*Anacardiaceae*), sendo o gênero de dispersão amazônica, mas a espécie dessa depressão endêmica; *Commiphora leptophloeos* (*Burseraceae*), o gênero de dispersão afro-amazônica, mas a espécie também endêmica; *Cnidoscolus phyllacanthus* (*Euphorbiaceae*) com família de dispersão Pantropical, porém com ecótipo endêmico; *Aspidosperma pyriforme* (*Apocynaceae*), o gênero com dispersão andino-argentina, mas de ecótipo endêmico; e vários ecótipos do gênero *Mimosa* (*Leguminosae* Mim.), que muito bem caracterizam grandes áreas do “sertão nordestino”.

Savana-Estéptica Parque: É o que apresenta características fisionômicas mais típicas, com nanofanerófitos de um mesmo ecótipo bastante espaçados, como se fossem plantados, isto porque apresentam uma pseudo-ordenação de plantas lenhosas raquílicas sobre denso tapete gramíneo-lenhoso de hemicriptófitos e caméfitos.

Savana-Estéptica Gramíneo-Lenhosa: É também conhecido como campo espinhoso. Apresenta características florísticas e fisionômicas bem típicas, tais como um extenso tapete gramíneo salpicado de plantas lenhosas anãs espinhosas.

Na depressão interplanática nordestina (Caatinga do sertão árido), o terreno é coberto inteiramente pelo capim-panasco (*Aristida* spp.), um hemicriptófito que se apresenta com aspecto de palha na seca e que enverdece na época das águas. Este campo é entremeado de

nanofanerófitos espinhosos, despídos de folhagem na seca, e folhoso na época das chuvas, pertencentes ao gênero *Jatropha* (pinhão-brabo), da família Euphorbiaceae de distribuição Pantropical.

Áreas de Formações Pioneiras – ao longo do litoral, bem como nas planícies fluviais e, mesmo ao redor das depressões aluvionares (pântanos, lagoas e lagoas), ocorrem frequentemente terrenos instáveis cobertos de vegetação, em constante sucessão. Trata-se de uma vegetação de primeira ocupação de caráter edáfico, que ocupa os terrenos rejuvenescidos pelas seguidas deposições de areias marinhas nas praias e restingas, aluviões fluvio-marinhas nas embocaduras dos rios e os solos ribeirinhos aluviais e lacustres. São essas, as formações que se consideram como pertencendo ao “complexo vegetacional edáfico de primeira ocupação” (formações pioneiras).

Considera-se para escalas regionais e de detalhe as seguintes comunidades pioneiras: Vegetação com Influência Marinha; Vegetação com Influência Fluvio-marinha (Manguezal e Campo Salino); e, Vegetação com Influência Fluvial (Comunidades Aluviais).

Áreas de Tensão Ecológica (Vegetação de Transição) – Entre duas ou mais regiões ecológicas ou tipos de vegetação, existem na maioria das vezes, comunidades indiferenciadas onde as floras se interpenetram, constituindo as transições florísticas ou contatos edáficos. O primeiro caso se refere ao “mosaico específico”, ou ao próprio ecótono, Clements (1949). O segundo caso se refere ao “mosaico de áreas edáficas”, onde cada enclave guarda sua identidade ecológica, sem se misturar (Veloso et al, 1973).

Refúgio Ecológico (Comunidades Relíquia ou Refúgio Vegetacional) – toda e qualquer vegetação floristicamente diferente e logicamente fisionômico-ecológica também diferente do contexto geral da flora dominante é considerada como um “Refúgio Ecológico”. Este muitas vezes constitui uma vegetação relíquia que persiste em situações especialíssimas, como é o caso de comunidades localizadas em altitudes superiores a 1800m.

O Refúgio Ecológico fazendo parte da vegetação regional é determinado por parâmetros ambientais, mais ou menos constantes, contudo, quando um ou mais destes fatores físicos forem alterados, provavelmente ocorrerão modificações na estrutura e mesmo florística da vegetação clímax. Assim, qualquer fator que destoe deste sincronismo ambiental terá como resposta, fisionomias diferentes nos ambientes menores, como por exemplo: os cumes litólicos das serras, as altitudes que influenciam no microclima, as áreas turfosas planálticas e

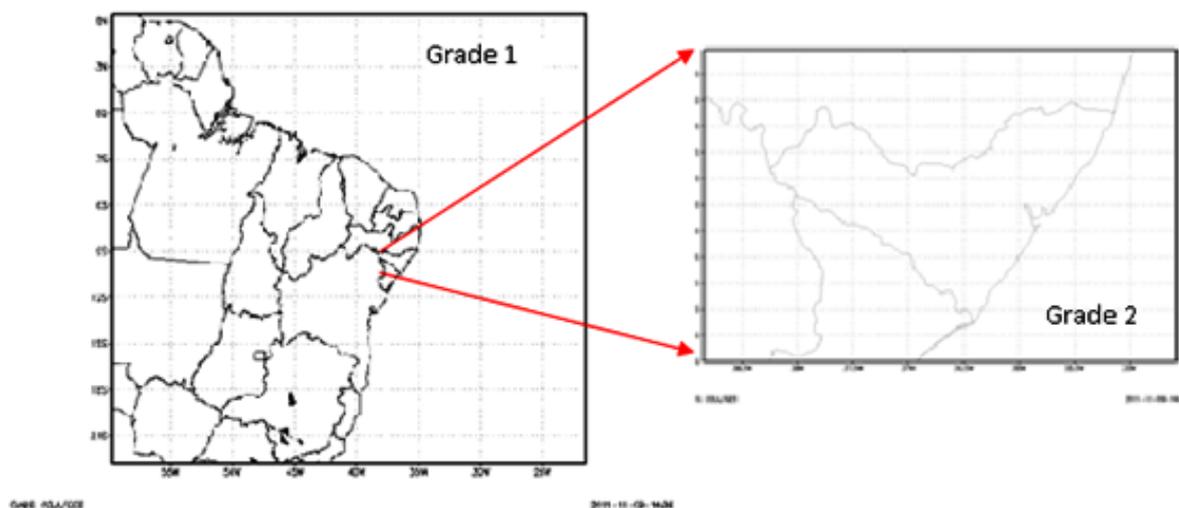
mesmo das de baixa altura, e assim, toda comunidade refugiada dissonante do reflexo normal da vegetação clímax regional.

4 DADOS E METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de Estudo escolhida foi a Região Nordeste do Brasil e parte do Oceano adjacente, com resolução de 20Km^2 , como a 1ª grade, e um aninhamento para a segunda grade, com 5Km^2 , contendo principalmente o Estado de Alagoas, conforme observado na Figura 5.

Figura 5: Área de Estudo. Grade 1: Nordeste, em parte as regiões Norte, Centro-oeste e Sudeste do Brasil; Grade 2: Estado de Alagoas e oceano adjacente.



FONTE: Autor (2012).

Foram realizados dois conjuntos de simulações, um em 2008 e outro em 2009, pois se trata do período mais recente com dados completos até o início do estudo, sendo que 2008, foi um ano que esteve abaixo da normal climatológica de precipitação e 2009, esteve acima da normal.

4.2 DADOS UTILIZADOS

4.2.1 NDVI Climatológico

Foram utilizados dados do NDVI climatológico adquirido junto ao sitio do modelo BRAMS (http://brams.cptec.inpe.br/in_data_ndvi_modis.shtml). Esta série é compreendida entre os anos de 2001 e 2002, através do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), processada no Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade do Arizona, através de Biofísica Terrestre (<http://tbrs.arizona.edu/cdrom/Index.html>), e foi reformatado para uso nos modelos RAMS/BRAMS. Esses dados possuem 30” de resolução espacial, ou seja aproximadamente 1Km, e é escrito no formato HDF4.

4.2.2 NDVI Observado

Os dados de NDVI observado, são composições mensais de produtos derivados de uma síntese de 10 dias de imagens do Spot Vegetation, o chamado VGT-S10. Este produto é composto com resolução radiométrica de oito bits, em que os valores digitais originais estão na escala de níveis de cinza, variando de 0 a 255, e resolução espacial de 1km, para toda a América do Sul, disponibilizado através de cadastro prévio, no sitio: <http://www.vgt.vito.be/>.

4.2.3 Análises do Modelo Global CPTEC

Como dados de entrada, para o modelo BRAMS, foram utilizadas as análises do modelo global T213L42, rodado operacionalmente no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), com resolução espacial de 66 km, com 42 níveis verticais e resolução temporal de 6h, adquiridos a partir de solicitação ao setor responsável pela disponibilização das análises.

4.2.4 Temperatura de Superfície do Mar (TSM)

Os dados de TSM utilizados são globais, derivados do NCEP com frequência semanal, interpolados em uma grade de 1°(um grau), e foram obtidos através do seguinte endereço eletrônico: <http://brams.cptec.inpe.br/in_data_gl_weekly_sst.shtml>.

4.2.5 Características do Modelo BRAMS para a Simulação

Este modelo possui um completo e sofisticado conjunto de parametrizações físicas para simular os processos governantes da evolução do estado atmosférico. Ele contém em seu código várias opções de parametrizações físicas. Entre as que serão utilizadas neste trabalho estão as parametrizações de onda longa e de onda curta propostas por Chen e Cotton (1983), a parametrização de convecção profunda do tipo Kuo (Kuo, 1965; 1974), modificada por Molinari (1985) e Molinari e Corsetti (1985) e a parametrização de Grell e Dévényi (2002). A parametrização de convecção rasa foi desenvolvida e implementada por Souza (1999). A turbulência na camada limite planetária é calculada segundo Mellor e Yamada (1982) e a microfísica segue o esquema descrito por Walko et al. (1995).

A grade 1 é composta por 200 pontos em x e 160 em y, com 32 níveis verticais, resolução espacial de 20km, com as coordenadas centradas em 8.4° S e 40.6°W, e compreende toda a Região Nordeste e parte do oceano Atlântico. A segunda grade possui 50 pontos em x e 90 pontos em y, com 5 Km de resolução espacial, e coordenadas centradas em 9.7°S e 36.75°W, que cobre o Estado de Alagoas e pequena parte do Oceano Atlântico, conforme é apresentado na Figura 5.

As simulações respeitaram as seguintes parametrizações:

Para Topografia: resolução de 10km para a grade 1, e 1km para a grade 2; Temperatura de superfície do mar: semanal, proveniente do CDC/NOAA, Radiação de Chen&Cotton (1983), Parametrização de Cumulus Profundos Grell (2002), com fechamento tipo Grell (2002), com frequência de atualização de 1200s; Parametrização de Cumulus Rasos ativada, com frequência de atualização de 1200s (Souza, 1999); e Difusão Turbulenta, segue Mellor - Yamada (1982), todas para ambas as grades. A Microfísica de nuvens ativada foi de Walko, et al (1995), de nível 3, de modo a considerar a produção de precipitação a partir da evolução de um espectro de gotas, em nuvens com características estratiformes (Melo, 2003). E, a

Classificação de tipos de Solo, foi provenientes da FAO, para ambas as grades.

O tipo de solo adotado é o heterogêneo franco argilo-arenoso, com 9 níveis verticais (5, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200 cm), com umidade inicial de 15% para o primeiro nível, 18% para o segundo, 20% para os dois seguintes, 25% para os dois subsequentes e, por fim 30% para os três últimos níveis, respectivamente.

Uso da terra (veget), com resolução espacial de 1km, para ambas as grades, adquirido em: http://brams.cptec.inpe.br/in_data_landuse.shtml, com o tipo de vegetação Floresta Ombrófila Densa (Vegetação com folhas largas e sempre verdes);

5 METODOLOGIA

5.1 PREPARAÇÃO DOS DADOS DE NDVI

Com a aquisição do produto VGT-S10, a realização da conversão para a escala de valores do NDVI do Spot Vegetation, que varia entre -1 e +1, foi utilizada a seguinte expressão, conforme indicado pelo *VEGETATION Programme*, em: <http://www.vgt.vito.be/>:

$$\text{NDVI}=0,004*\text{imagem}-0,1$$

Para cada dado de NDVI, é acompanhado um produto denominado *Status Map* (SM), que foi utilizado para filtrar os dados de NDVI que estivessem com valores comprometidos.

Esta correção se dá por uma análise byte a byte no produto SM, que, por sua vez, gera uma máscara que deve ser aplicada ao mapa processado de NDVI, a fim de se obter um produto final com as devidas correções necessárias relativas a nuvens, sombras, gelo e neve.

A vegetação saudável absorve a maior parte da luz incidente no comprimento de onda compreendido pela radiação do visível (emitida pelo Sol), e reflete uma grande parte da luz infravermelha. Porém, a não-saudável reflete mais a radiação do visível que a radiação compreendida na faixa do infravermelho próximo. Esta diferença de reflectância nos diferentes comprimentos de onda permite, através de instrumentos de sensoriamento remoto, a detecção do estado da vegetação, mensurando a presença relativa (ou ausência) desta vegetação, simplesmente medindo e comparando suas reflectâncias.

5.1.1 Software ILWIS para processamento de dados e obtenção do NDVI médio.

Para o processamento dos dados decendiais VGT-S10, se utilizou o software de Sistema de Informações Geográficas (SIG), ILWIS versão 3.7.2, que é um software livre desenvolvido pela University of Twente, na Faculdade de Ciência da Geo-Informação e Observações da Terra (ITC), Holanda, com a extensão GEONETCast toolbox instalada, em plataforma Windows ®.

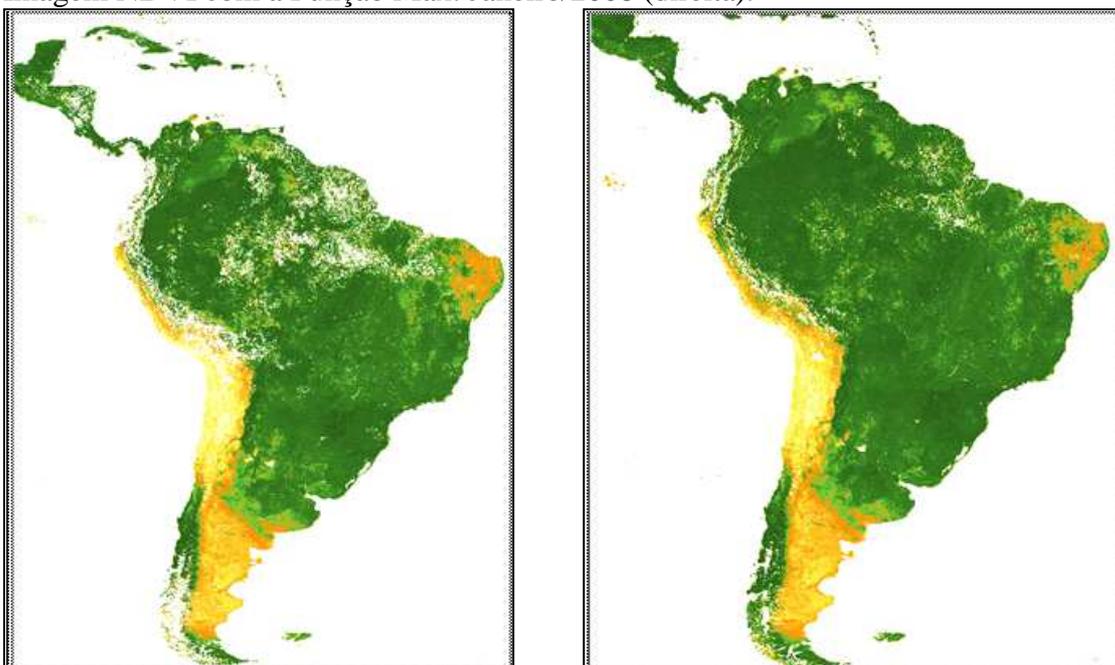
Foi necessário utilizar um algoritmo que se utiliza das sub-rotinas já existentes no referido software, para dinamizar parte do processamento dos dados, que seguem nas

seguintes etapas:

- Importação dos dados brutos de NDVI e NDVI_SM do formato “HDF4” para o formato “.mpar” nativo do ILWIS através da biblioteca Gdal;
- Aplicação da equação (1) no produto NDVI para converter os valores de níveis de cinza (0 a 255), para valores de NDVI (0 a 1), através da função *MapCalculator*;
- Processamento do produto NDVI_SM a fim de gerar o filtro de nuvens e sombras;
- Cruzamento entre os produtos NDVI e NDVI_SM, que resulta em um produto final consistente sem risco de contaminação dos dados (Figura 6a).;

Após este processo, foi necessário gerar dados mensais, ao invés de utilizar os decendiais disponibilizados, pois o modelo de mesoescala assimila somente dados mensais de NDVI, portanto utilizou-se a ferramenta *MapList Statistics* com a função *MAX* (Figura 6b), para selecionar dentre as três imagens do mês, os valores máximos de NDVI, e assim formar uma única imagem responsável pelos valores de NDVI mensais.

Figura 6: (a) Imagem NDVI com a Correção Status Map. Janeiro/2008 (esquerda); (b) Imagem NDVI com a Função Max. Janeiro/2008 (direita).

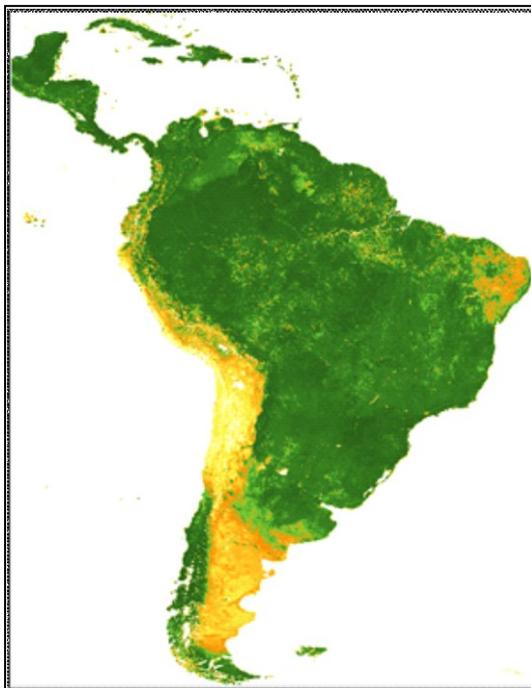


FONTE: Autor (2012).

Para corrigir os valores indefinidos da imagem, gerados a partir da correção de nuvens e sombras (Status Map), foi utilizado o filtro Majority ou majoritário (Figura 7), que sinteticamente é uma funcionalidade que apresenta o funcionamento similar a um filtro, haja vista, que devem ser definidos o tamanho da janela, no caso 7x7 pixels. A passagem por toda a imagem confronta o pixel e seu peso com sua vizinhança, calculando desta forma sua

influência. Sempre que a vizinhança for majoritariamente de outra classe, o pixel central é reclassificado para esta classe.

Figura 7: Imagem NDVI com o filtro Majority. Janeiro/2008.



FONTE: Autor (2012).

Foram então transformados novamente em formato HDF4 que é o formato de entrada para posterior assimilação no modelo BRAMS.

5.1.2 Preparação dos Dados de NDVI Observados

Para se inserir os dados de NDVI no BRAMS, primeiramente é necessário deixar no seu padrão de leitura ou de assimilação. O BRAMS lê os arquivos em blocos de 10° de latitude por 10° de longitude.

Para isso necessitamos das seguintes bibliotecas compiladas:

- Fortran;
- zlib;
- slib;
- jpeg;
- yacc;
- HDF.

Então, foi necessário compilar um pacote de arquivos, que é o responsável pela "blocagem" do dado, fornecido pelo INPE com a biblioteca fortran pré compilada.

Com os arquivos então "blocados", o produto está pronto para a assimilação no modelo.

Figura 8: Diretório com dados NDVI sensor VEGETATION (NDVI observado), já blocados.

```

thais@thais-HP-ProBook-4530s: ~/BRAMS/CursoBRAMS_CPTEC/BRAMS-exec-4.2/teste_shalow/data-brams/ndvi-spot
total 52
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 apr
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 aug
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 dec
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 feb
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 jan
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 jul
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 jun
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 mar
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 may
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 nov
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 oct
drwx----- 2 thais thais 4096 2011-10-04 14:22 sep
-rw----- 1 thais thais 580 2011-10-04 15:41 NHEADER
thais@thais-HP-ProBook-4530s:~/BRAMS/CursoBRAMS_CPTEC/BRAMS-exec-4.2/teste_shalow/data-brams/ndvi-spot$ ls jan/
NDVI_jan_04N053W.hdf NDVI_jan_06S063W.hdf NDVI_jan_14N093W.hdf NDVI_jan_26S053W.hdf NDVI_jan_36S083W.hdf NDVI_jan_56S073W.hdf
NDVI_jan_04N063W.hdf NDVI_jan_06S073W.hdf NDVI_jan_16S043W.hdf NDVI_jan_26S063W.hdf NDVI_jan_36S093W.hdf NDVI_jan_56S083W.hdf
NDVI_jan_04N073W.hdf NDVI_jan_06S083W.hdf NDVI_jan_16S053W.hdf NDVI_jan_26S073W.hdf NDVI_jan_46S063W.hdf NDVI_jan_HEADER
NDVI_jan_04N083W.hdf NDVI_jan_06S093W.hdf NDVI_jan_16S063W.hdf NDVI_jan_26S083W.hdf NDVI_jan_46S073W.hdf
NDVI_jan_04N093W.hdf NDVI_jan_14N063W.hdf NDVI_jan_16S073W.hdf NDVI_jan_36S053W.hdf NDVI_jan_46S083W.hdf
NDVI_jan_06S043W.hdf NDVI_jan_14N073W.hdf NDVI_jan_16S083W.hdf NDVI_jan_36S063W.hdf NDVI_jan_56S043W.hdf
NDVI_jan_06S053W.hdf NDVI_jan_14N083W.hdf NDVI_jan_26S043W.hdf NDVI_jan_36S073W.hdf NDVI_jan_56S063W.hdf
thais@thais-HP-ProBook-4530s:~/BRAMS/CursoBRAMS_CPTEC/BRAMS-exec-4.2/teste_shalow/data-brams/ndvi-spot$ ls feb/
NDVI_feb_04N053W.hdf NDVI_feb_06S063W.hdf NDVI_feb_14N093W.hdf NDVI_feb_26S053W.hdf NDVI_feb_36S083W.hdf NDVI_feb_56S073W.hdf
NDVI_feb_04N063W.hdf NDVI_feb_06S073W.hdf NDVI_feb_16S043W.hdf NDVI_feb_26S063W.hdf NDVI_feb_36S093W.hdf NDVI_feb_56S083W.hdf
NDVI_feb_04N073W.hdf NDVI_feb_06S083W.hdf NDVI_feb_16S053W.hdf NDVI_feb_26S073W.hdf NDVI_feb_46S063W.hdf NDVI_feb_HEADER
NDVI_feb_04N083W.hdf NDVI_feb_06S093W.hdf NDVI_feb_16S063W.hdf NDVI_feb_26S083W.hdf NDVI_feb_46S073W.hdf
NDVI_feb_04N093W.hdf NDVI_feb_14N063W.hdf NDVI_feb_16S073W.hdf NDVI_feb_36S053W.hdf NDVI_feb_46S083W.hdf
NDVI_feb_06S043W.hdf NDVI_feb_14N073W.hdf NDVI_feb_16S083W.hdf NDVI_feb_36S063W.hdf NDVI_feb_56S043W.hdf
NDVI_feb_06S053W.hdf NDVI_feb_14N083W.hdf NDVI_feb_26S043W.hdf NDVI_feb_36S073W.hdf NDVI_feb_56S063W.hdf
thais@thais-HP-ProBook-4530s:~/BRAMS/CursoBRAMS_CPTEC/BRAMS-exec-4.2/teste_shalow/data-brams/ndvi-spot$ ls mar/
NDVI_mar_04N053W.hdf NDVI_mar_06S063W.hdf NDVI_mar_14N093W.hdf NDVI_mar_26S053W.hdf NDVI_mar_36S083W.hdf NDVI_mar_56S073W.hdf
NDVI_mar_04N063W.hdf NDVI_mar_06S073W.hdf NDVI_mar_16S043W.hdf NDVI_mar_26S063W.hdf NDVI_mar_36S093W.hdf NDVI_mar_56S083W.hdf
NDVI_mar_04N073W.hdf NDVI_mar_06S083W.hdf NDVI_mar_16S053W.hdf NDVI_mar_26S073W.hdf NDVI_mar_46S063W.hdf NDVI_mar_HEADER
NDVI_mar_04N083W.hdf NDVI_mar_06S093W.hdf NDVI_mar_16S063W.hdf NDVI_mar_26S083W.hdf NDVI_mar_46S073W.hdf
NDVI_mar_04N093W.hdf NDVI_mar_14N063W.hdf NDVI_mar_16S073W.hdf NDVI_mar_36S053W.hdf NDVI_mar_46S083W.hdf
NDVI_mar_06S043W.hdf NDVI_mar_14N073W.hdf NDVI_mar_16S083W.hdf NDVI_mar_36S063W.hdf NDVI_mar_56S043W.hdf
NDVI_mar_06S053W.hdf NDVI_mar_14N083W.hdf NDVI_mar_26S043W.hdf NDVI_mar_36S073W.hdf NDVI_mar_56S063W.hdf
thais@thais-HP-ProBook-4530s:~/BRAMS/CursoBRAMS_CPTEC/BRAMS-exec-4.2/teste_shalow/data-brams/ndvi-spot$

```

FONTE: Autor (2012)

5.1.3 INSERINDO NDVI NO BRAMS

Com os dados então "blocados" de forma a ser assimilado pelo modelo, então insere-se de maneira análoga ao modo de inserção com os dados climatológicos, que se segue deste modo:

Para se inserir os dados de NDVI no modelo BRAMS é necessário configurar o RAMSIN (entrada do modelo), utilizando-se a variável NDVIFIN na lista nominal do RAMSIN \$MODEL_FILE_INFO, da seguinte maneira:

“NDVIFN = '<\$BRAMS-DIR>/NDVI-MODIS ou SPOT/N',

'<\$BRAMS-DIR>/NDVI-MODIS ou SPOT/N',

'<\$BRAMS-DIR>/NDVI-MODIS ou SPOT/N',

N é o prefixo dos arquivos.

Posteriormente, muda a variável NDVIFLG, como mostrado abaixo:

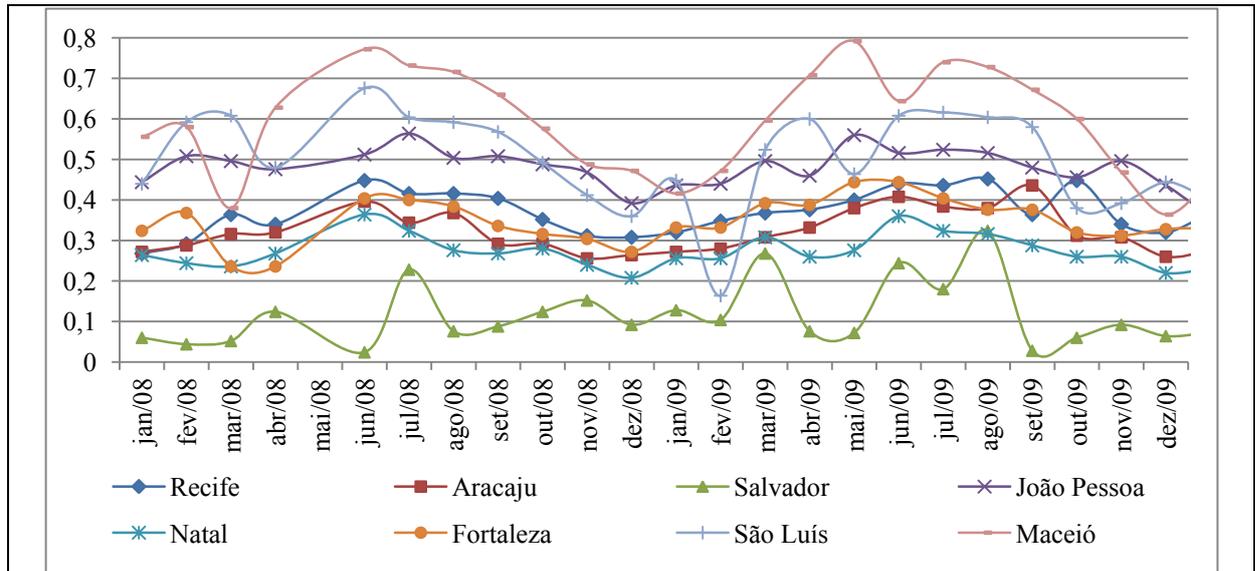
NDVIFLG = 1,1,1,1,

5.1.4 Preparando as Simulações

De posse das imagens mensais do NDVI climatológico e observado, foram realizados dois conjuntos de simulações de 06 dias, divididas da seguinte forma: por grades, sistemas de sensores e pelo comportamento do NDVI, onde serão analisadas as seguintes variáveis por bioma: Fluxo de Calor Sensível (h), Fluxo de Calor Latente (le), Altura Geopotencial ($\delta\phi$), Temperatura Potencial (θ), Razão de Mistura (r), Radiação de Onda Longa (ROL), Radiação de Onda Curta (ROC), e a Precipitação Acumulada para o período de simulação.

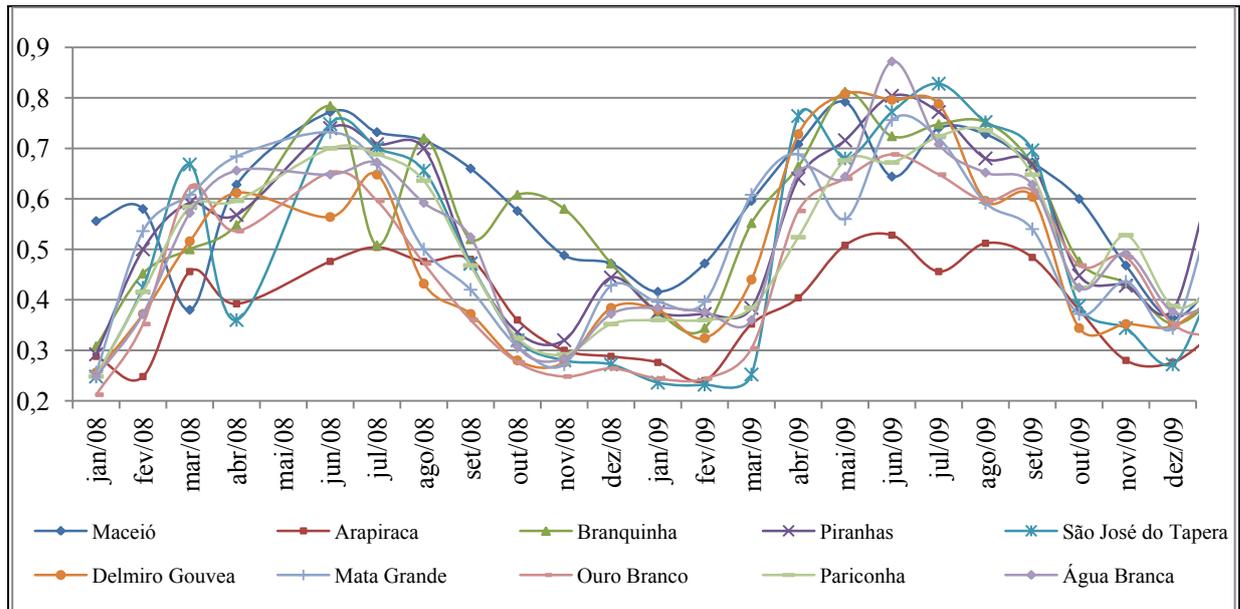
Com base nos dados processados do produto de NDVI do SPOT VEGETATION traçou-se o período de simulação sendo este definido com base nos maiores valores de NDVI observados através do gráfico espectro-temporal (Figura 9), onde tem-se os valores de NDVI mensal para cada capital do Nordeste do Brasil, da grade 1. Pode-se verificar que em média nos dois anos selecionados o mês de junho foi o que apresentou os maiores valores em praticamente todas as cidades, com exceção de Salvador cujos valores observados são muito baixos ao longo de todo o período, o que é característico de uma área pouco vegetada, e de pixels não puros, ou seja, com a presença de outros alvos que não apenas vegetação. Percebe-se ainda que devido as características de heterogeneidade comumente encontrada nas cidades, o que tende a traçar um perfil temporal mais estável como observado em Recife, Aracaju, Natal e Fortaleza, mas que mesmo com baixa variação os seus valores mais altos se concentraram dentro do mês de junho, sendo esta a resposta da vegetação já nas primeiras chuvas em maio.

Figura 9: Perfil Espectro-temporal do NDVI SPOT, para as capitais da região Nordeste do Brasil.



FONTE: Autor, (2012).

Uma análise semelhante pode a partir do NDVI obtido para diversos municípios da grade 2 (Figura 10), no que corresponde ao Estado de Alagoas. Percebe-se que as diferenças, encontradas no perfil espectral temporal do índice, estão diretamente relacionadas ao tipo de bioma ao qual pertencem, nota-se claramente que os municípios que tem as maiores variações estão localizados no sertão, por exemplo os municípios de São José da Tapera e Ouro Branco; e conforme essa variação diminui, observa-se as mudanças nos biomas no Estado. Contudo ainda tem-se grande parte dos índices mais elevados concentrados também no mês de junho. Essa análise é importante posteriormente para verificarmos qual o peso que a vegetação teve nas simulações, uma vez que o período estudado compreende as épocas com o maior vigor vegetativo na maioria das regiões.

Figura 10: Perfil Espectro-temporal do NDVI SPOT no Estado de Alagoas.

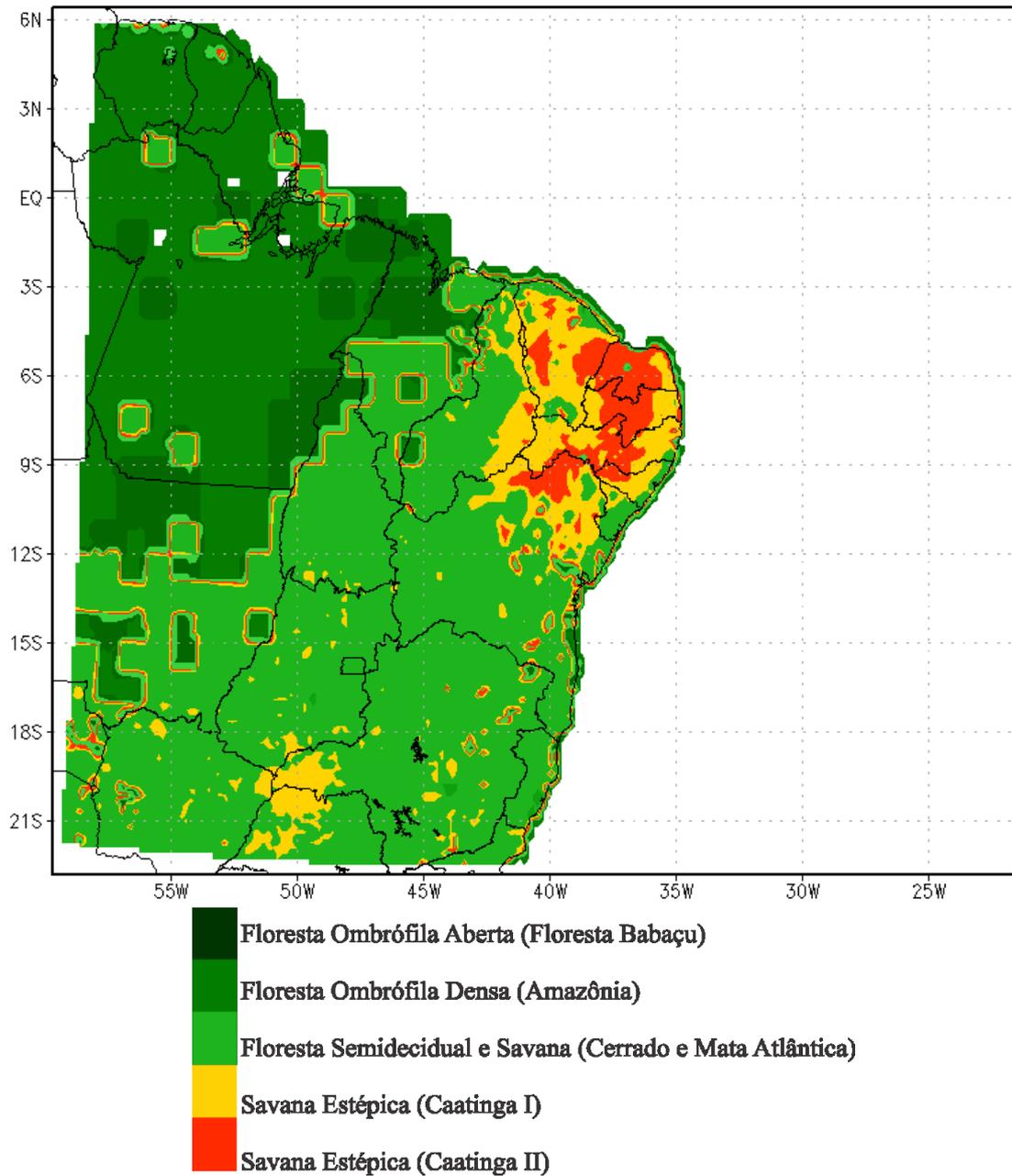
FONTE: Autor, (2012).

5.1.5 Vegetação

Para a definição da vegetação foi confeccionado, após as rodadas, os mapas de vegetação, e assim atribuídos os tipos de vegetação captados pelo modelo, para ambas as grades, e posteriormente feita uma comparação com o mapa de vegetação nativa (IBGE), afim de descrever os tipos de vegetação existentes na área de estudo, como seguem as Figuras 11 e 12 .

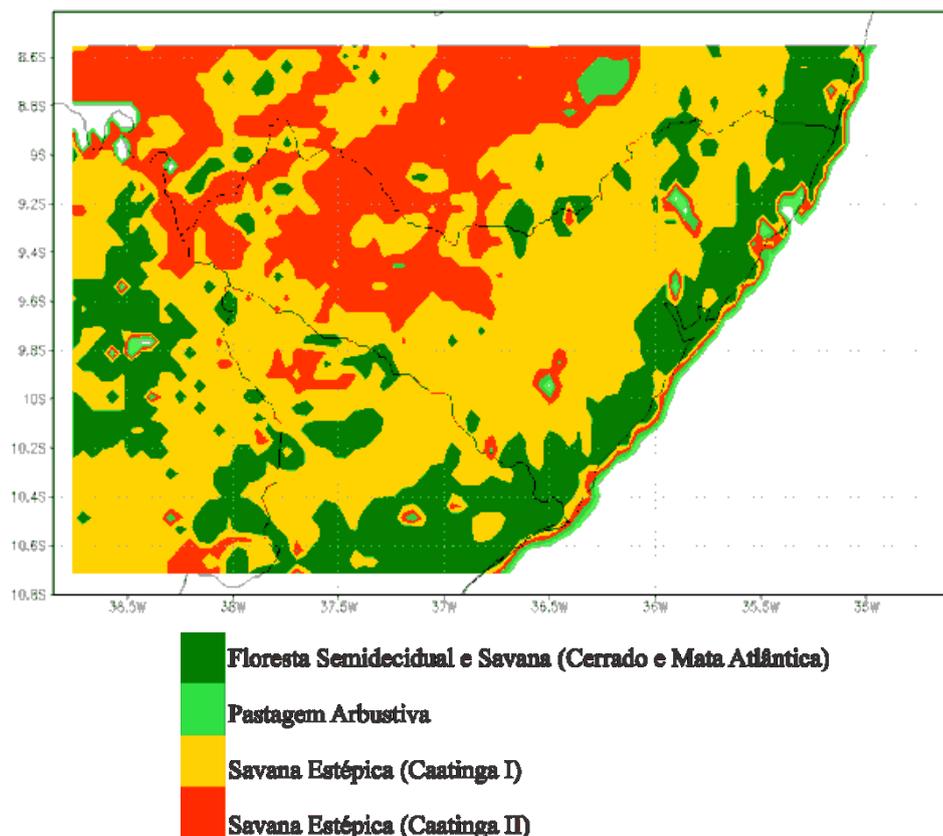
Os tipos de Vegetação encontrados nas Simulações totalizam seis biomas, sendo que três deles ocorreram em ambas as grades (Floresta Estacional Semidecidual com Savana-Mata Atlântica e Cerrado; Savana Estépica I e II - Caatinga Parque e Gramíneo-lenhosa), os outros são para a grade 1, que contempla o NEB (Figura 11), Floresta Ombrófila Densa - Floresta Amazônica, que não será discutida, pois apesar de estar presente não abrange a Região Nordeste que é o foco deste estudo; Floresta Ombrófila Aberta - Floresta de Babaçu e, para a grade 2, Estado de Alagoas (Figura 12), a Pastagem Arbustiva, que é um tipo de vegetação que não possui características próprias, sendo em teoria grandes latifúndios de pastagem ou de área desmatada que foram abandonados e começou a se regenerar.

Figura 11: Tipos de Vegetação grade 1: verde médio - Floresta Ombrófila Densa (Amazônia); verde escuro - Floresta Ombrófila Aberta (Floresta Babaçu); verde claro - Floresta Semidecidual e Savana (Cerrado e Mata Atlântica), amarelo - Savana Estépica (caatinga I); laranja - Savana Estépica (Caatinga II).



FONTE: Autor, (2012).

Figura 12: Tipos de Vegetação grade 2: verde escuro - Floresta Semidecidual e Savana (Cerrado e Mata Atlântica), verde claro - Pastagem Arbustiva, amarelo - Savana Estépica (caatinga I), laranja - Savana Estépica (caatinga II).



FONTE: Autor, (2012).

A Floresta Ombrófila Aberta, ou Floresta de Babaçu, ou Mata dos Cocais é uma região um pouco mais úmida devido à proximidade com o clima equatorial superúmido da Amazônia, sendo mais frequente a ocorrência de uma espécie de palmeira, o babaçu. A Mata dos Cocais é classificada como uma formação florestal, mas, na realidade, constitui uma formação vegetal secundária, por seu acentuado desmatamento.

A Floresta Estacional Semidecidual ou Mata Atlântica, está presente em praticamente toda a costa do Brasil, indo desde o Estado do Rio Grande do Norte, até o Rio Grande do Sul, possui vegetação densa e de alto porte, possuem folhas largas, com precipitação média anual de aproximadamente 1200mm, e temperatura média anual variando entre 18°C e 26°C, com baixa amplitude térmica entre dia e noite.

O cerrado ou Savana, está presente nos Estados do Maranhão, Piauí e Bahia, na Região Nordeste, e em Praticamente toda a Região Centro-Oeste e na Região Norte, com o Estado do Tocantins. Possui vegetação de médio a pequeno porte, em áreas relativamente esparsas, com folhas pequenas e espessas. Possui temperatura média anual variando entre

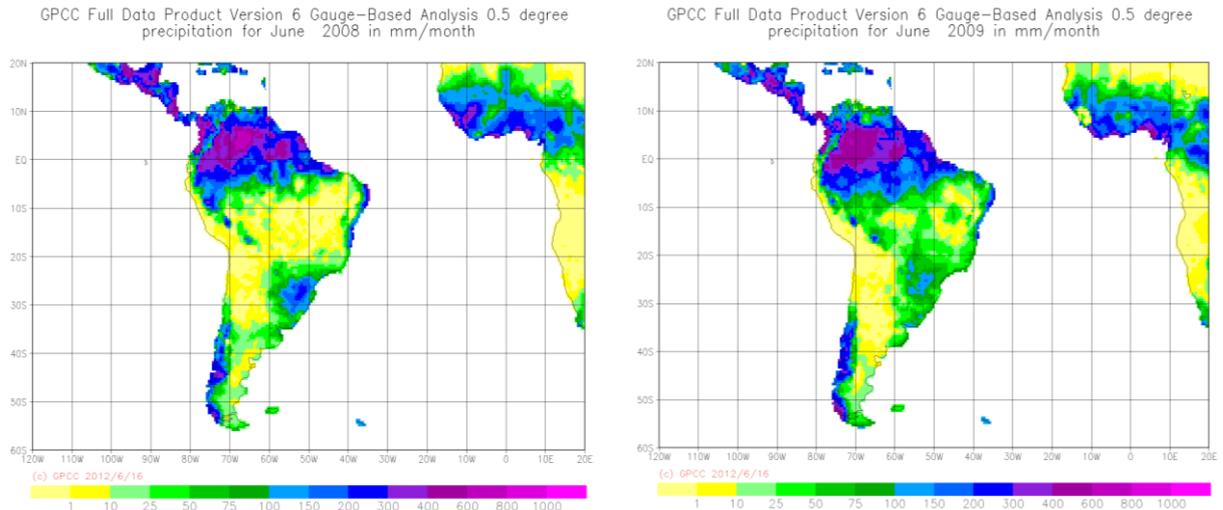
21°C e 27°C, com precipitação média anual em torno de 1500mm, e possui duas estações bem definidas, uma chuvosa, que compreende aproximadamente cinco (5) meses do ano, com precipitações torrenciais e, outra estação seca, presente nos outros sete (7) meses e praticamente sem precipitações.

O Bioma Savana Estépica, mais conhecido como Caatinga, possui vegetação de pequeno, médio e em alguns casos de grande porte, possui um regime de chuvas bastante curto, com aproximadamente de 3 a 5 meses de chuva e de 7 a 9 meses de estiagem, com temperaturas médias anuais em torno de 25°C a 29°C, com elevadas amplitudes térmicas. Visto que todas as classificações de Savana Estépica ocorrem no Nordeste, as que provavelmente englobam esta categoria é a Savana Estépica Parque, que possui vegetação de médio porte (até 5m de altura), e arbustiva com presença de clareiras; E também a Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa, que possui vegetação pequeno porte, também com presença de clareiras. Estes são observados por toda a Região Nordeste do Brasil.

5.1.6 Dados Observados

Para comparação entre as simulações foram utilizados para Precipitação os dados do *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC), obtidos no sítio <http://kunden.dwd.de/GPCC/Visualizer>, que são dados de precipitação mensais de estações espalhadas por todo o planeta e de satélites, estes dados são interpolados numa grade global de 0,5°x 0,5°. E, para visualização foi estabelecido os limites das grades referentes ao estudo, tanto para a Grade do Nordeste (G1), como para de Alagoas (G2), para ambos os anos 2008 (Figura13-a), e 2009 (Figura 13-b).

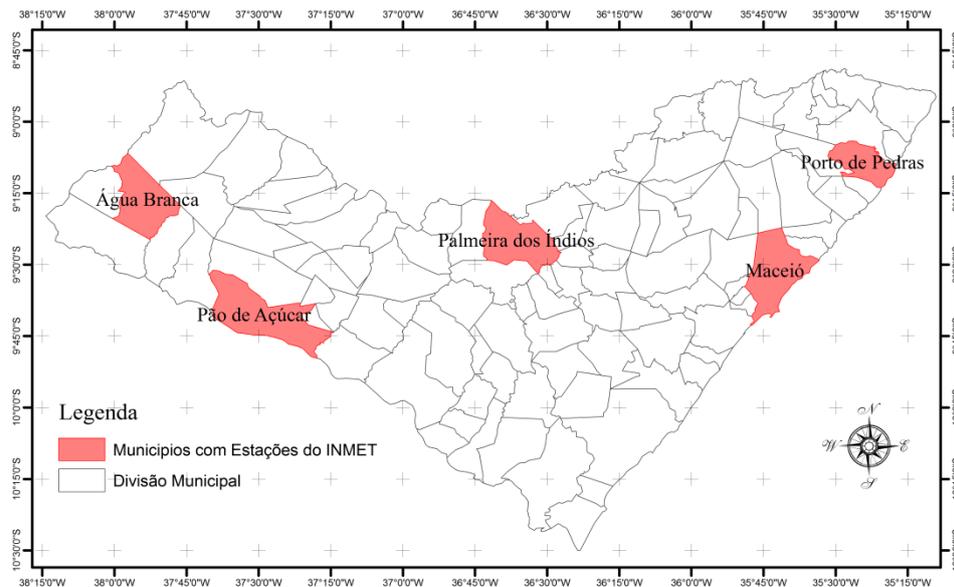
Figura 13: Dados de Precipitação Observados, GPCC. 2008 (a); e, 2009 (b).



FONTE: GPCC, (2012).

Também foram utilizados dados observados de Estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para os municípios Porto de Pedras, Maceió, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios e Água Branca, para os anos de 2008 e 2009, sendo que apenas em 2009, existem os dados de Maceió, com precipitação diária e normal climatológica da precipitação, cujos dados serão apresentados no apêndice e a distribuição espacial das estações é apresentada na figura a seguir.

Figura 14: Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET.



FONTE: Autor, (2012).

ANÁLISE DOS DADOS

Para a extração e análise dos dados foi determinado de forma empírica um polígono na região central de cada bioma nas duas grades, a fim de minimizar efeitos de borda e contaminação de um dado pelo bioma vizinho, e buscar sua maior representatividade na área de estudo. Com isso, os resultados foram preparados através de script no GrADS, fazendo-se média de área do polígono então estabelecido, para cada bioma, em cada grade, e a partir daí, foram feitas as comparações entre as simulações, para cada variável.

As diferenças entre as simulações efetuaram-se fazendo primeiramente a média de área para cada simulação do mesmo bioma e então a diferença entre a simulação controle e a simulação modificada para o período de simulação, ou seja:

$$\textit{Diferença} = \textit{Simulação Controle} - \textit{Simulação modificada}$$

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As variáveis estudadas para cada bioma e grade foram: Fluxo de Calor Sensível e Latente (W/m^2), radiação de Ondas Longas e Curtas (W/m^2), Precipitação total Acumulada na Superfície (mm), Razão de Mistura (g/kg) e, Temperatura Potencial (K), para os dias 01 a 06 de junho de 2008 e 2009, a cada hora, ou seja, das 00UTC de 02 de junho às 00UTC de 06 de junho. Para análise dos campos só foram utilizados os dados a partir do dia 02 de junho, devido o primeiro dia ser o tempo necessário para estabilização do modelo.

Foram gerados aproximadamente para estas duas simulações 140Gb, para as previsões, mais 7Gb para cada pós-processamento com as duas grades aninhadas, totalizando mais 200 figuras, e 170Gb em todo o processo. Em razão deste extenso volume de dados, serão discutidos os resultados mais relevantes obtidos a partir deste estudo, levando-se em consideração as simulações e as grades utilizadas.

Os biomas que mais apresentaram diferenças nas variáveis estudadas foram: Floresta Estacional Semidecidual e Savana (para ambas as grades), para Fluxo de Calor Sensível, Latente, Temperatura Potencial e Razão de Mistura; Floresta Ombrófila Aberta (G1), para Fluxos de Calor Sensível, Latente e Temperatura Potencial; e, Pastagem Arbustiva (G2), para quase todas as variáveis, exceto Radiação de Onda Longa e Temperatura Potencial. Sendo então apresentados para as respectivas variáveis somente os biomas acima citados.

Os biomas Savana Estépica I e II, apresentaram maior uniformidade nos resultados entre as simulações, tendo somente a do tipo I alterações significativas na variável Radiação de Onda Curta e Razão de Mistura, enquanto que a do tipo II apresentou somente na Razão de Mistura. Porém isto já era esperado, por se tratar de um bioma pouco vegetado e com grande extensão de solo exposto, onde as principais atividades são ligadas à pecuária extensiva, e a oferta de água é pouca e restrita a determinada época do ano, o que não resulta diferença significativa nos Índices de Vegetação dos diferentes produtos de NDVI avaliados.

6.1 PRECIPITAÇÃO

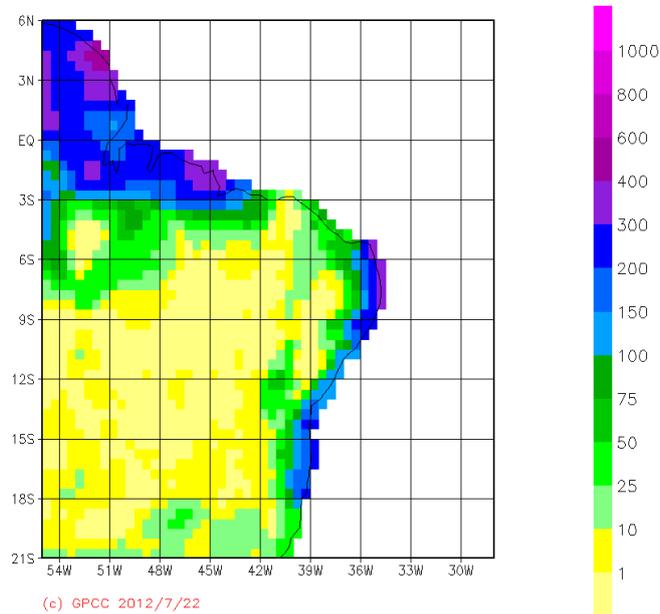
Para se verificar então a precipitação do modelo BRAMS, vamos compará-la com os dados de precipitação do *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC), obtidos no sítio <http://kunden.dwd.de/GPCC/Visualizer>, que são dados de precipitação mensais de estações espalhadas por todo o planeta e de satélites, estes dados são interpolados numa grade global de 0,5°x 0,5°. E, para visualização foi estabelecido os limites das grades referentes ao estudo, tanto para a Grade do Nordeste (G1), como para de Alagoas (G2), para ambos os anos 2008 e 2009.

6.1.1 Análise para o ano 2008

Como se observou na Região Nordeste, com os dados observados do GPCC (Figura 15), os maiores índices de Precipitação ocorreram ao redor da costa e na parte Norte da região, os índices vão diminuindo à medida que se adentra ao continente. Foi possível observar cinco faixas de precipitação, a primeira de 0 a 10mm, que se estendeu pela área interior da Região Nordeste, compreendida pelo bioma Savana Estépica (Caatinga), de 10 a 100mm, em áreas mais próximas à costa, e na porção centro-norte do NEB. De 100 a 400mm compreendendo quase toda a costa do NEB, e de 400 a 1000mm, em áreas da costa, estas duas últimas faixas encontram-se no bioma identificado como Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica).

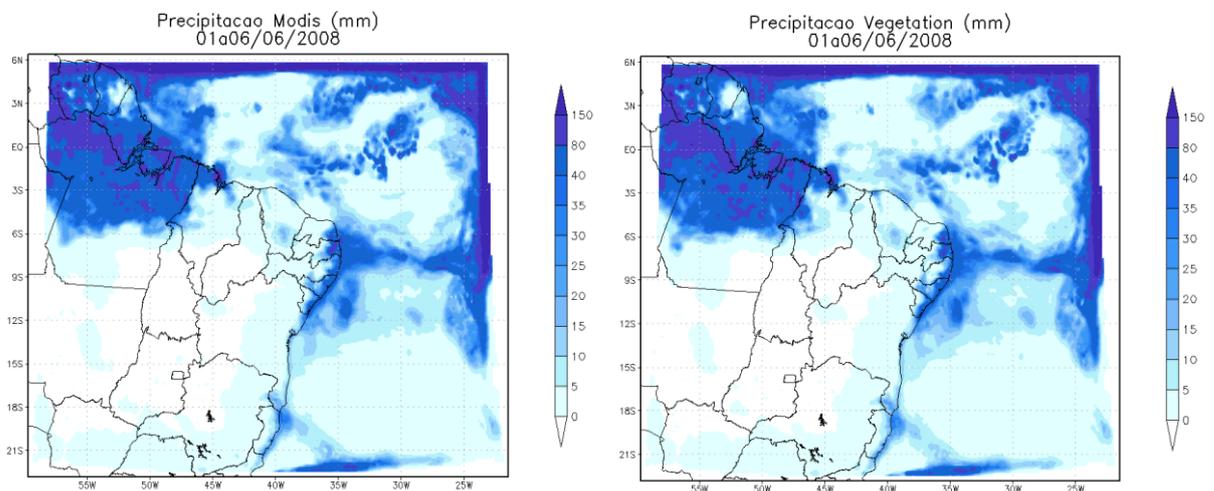
Figura 15: Dados de Precipitação GPCC de satélites e estações para o mês de junho de 2008, em grade de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, para a Região Nordeste (G1).

GPCC Full Data Product Version 6 Gauge-Based Analysis 0.5 degree precipitation for June 2008 in mm/month



FONTE: GPCC, (2012).

Figura 16: Precipitação acumulada na simulação controle (MODIS) (a), e modificada (VEGETATION) (b), para o NEB (G1), para o período de 02 a 06 de junho de 2008.



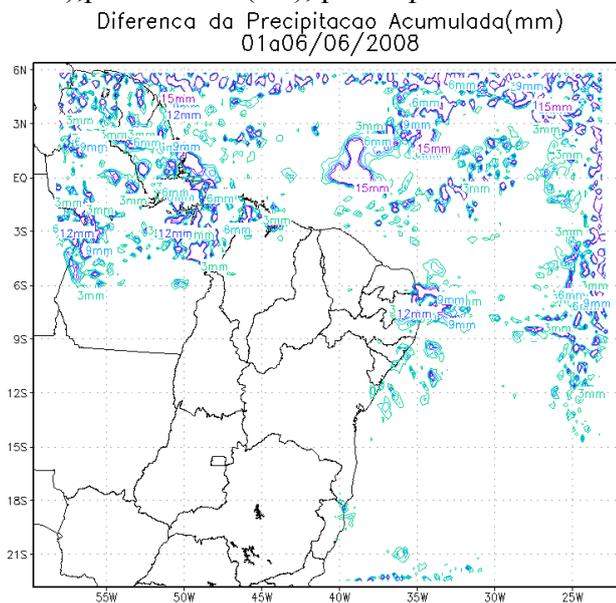
FONTE: Autor, (2012).

Como pôde-se observar, na Região Nordeste, no ano de 2008, comparando-se os dados obtidos nas simulações com os dados do GPCC (Figura 15), foi possível concluir que a simulação modificada (Figura 16b), foi a que apresentou melhor padrão na distribuição de precipitação, que a simulação controle (Figura 16a), pois se observa para a região Nordeste nos dados observados (GPCC), intervalo desde 1mm até 300mm, para o mês de junho de

2008, e a predominância dos maiores índices de precipitação ocorreram na costa do NEB, sem adentrar ao continente, como ocorreu na simulação modificada (VEGETATION), e também o mínimo de precipitação que foi observado na região oeste da Bahia e sudoeste do Piauí, com máximo de 1mm (GPCC) e de 0mm na simulação modificada, e com máximo de 5mm, no restante da simulação do semi-árido Nordestino, correspondendo com o GPCC.

Na figura 17, é possível notar maior diferença na costa leste e norte do Nordeste, onde observou-se que a simulação controle obteve maiores índices que a simulação modificada.

Figura 17: Diferença entre as Precipitações acumuladas da simulação controle (MODIS), e modificada (VEGETATION), para o NEB (G1), para o período de 02 a 06 de junho de 2008.



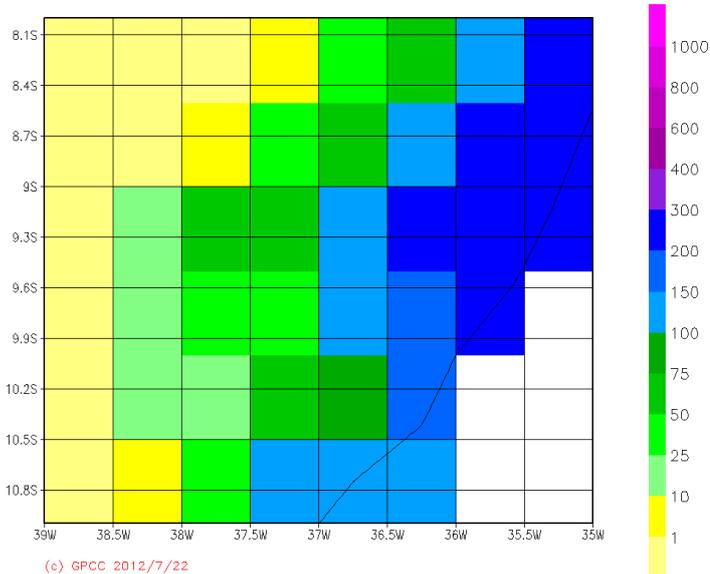
FONTE: Autor, (2012).

No Estado de Alagoas (G2), tanto a simulação controle (Figura 19-a), como a modificada (Figura 19-b), conseguiram representar bem, pois no Estado, tem-se um acumulado mensal, desde 10mm até 300mm pelo GPCC, e na simulações desde 5mm até dados superiores a 80mm.

Segundo os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a precipitação observada para o período simulado do ano de 2008, nos municípios Porto de Pedras, na região de mata Atlântica, com 178mm, num total de 264mm; Palmeira dos Índios, com 46,5mm, num total de 90mm; Pão de Açúcar, com 21,5mm, num total de 47mm; e Água Branca, com 33,5mm, de 94,5mm mensais ocorreram nos dez primeiros dias, aumentando assim a representatividade do produto mensal do GPCC, Figura 18.

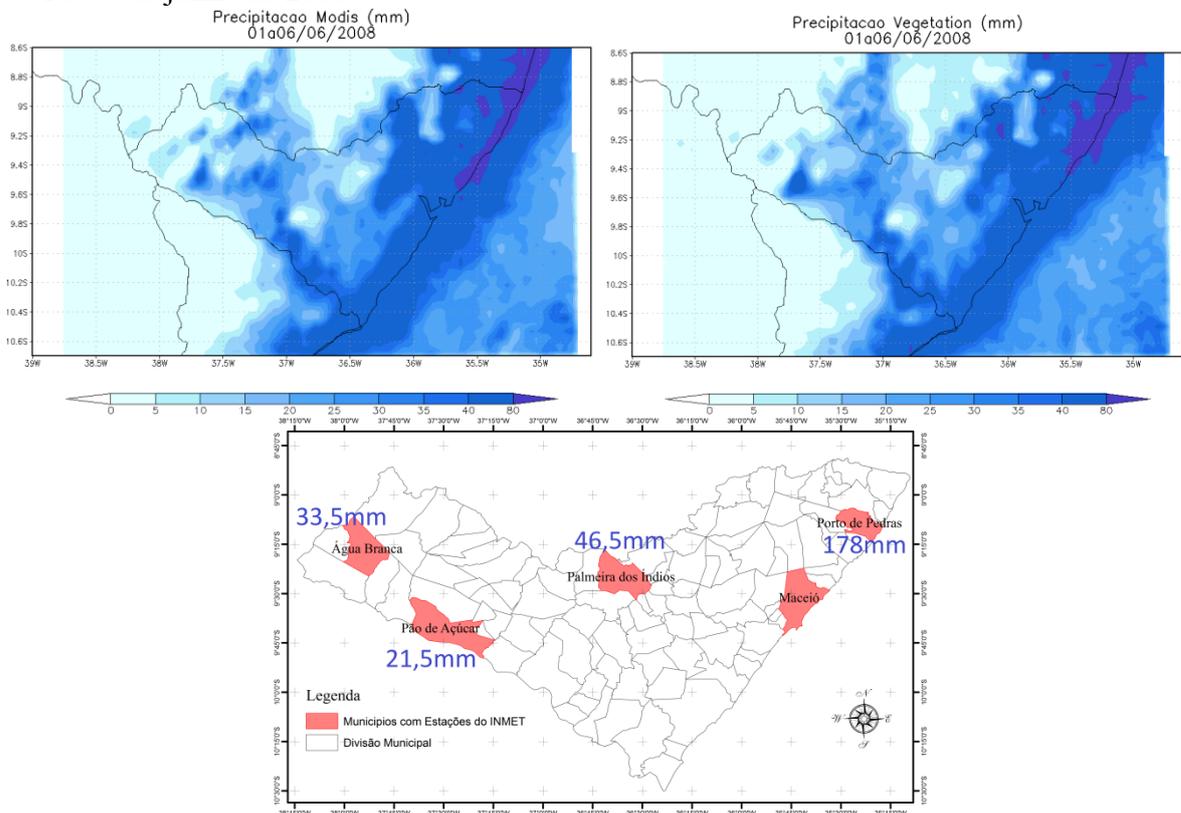
Figura 18: Precipitação acumulada observada (GPCC), para o Estado de Alagoas (G2), para o período de junho de 2008.

GPCC Full Data Product Version 6 Gauge-Based Analysis 0.5 degree precipitation for June 2008 in mm/month



FONTE: GPCC, (2012)

Figura 19: Precipitação acumulada da simulação controle (MODIS) (a), e simulação modificada (VEGETATION) (b), e Distribuição espacial das estações INMET, com os totais pluviométricos para os dias de simulação (c), para o Estado de Alagoas (G2), para o período de 01 a 06 de junho de 2008.

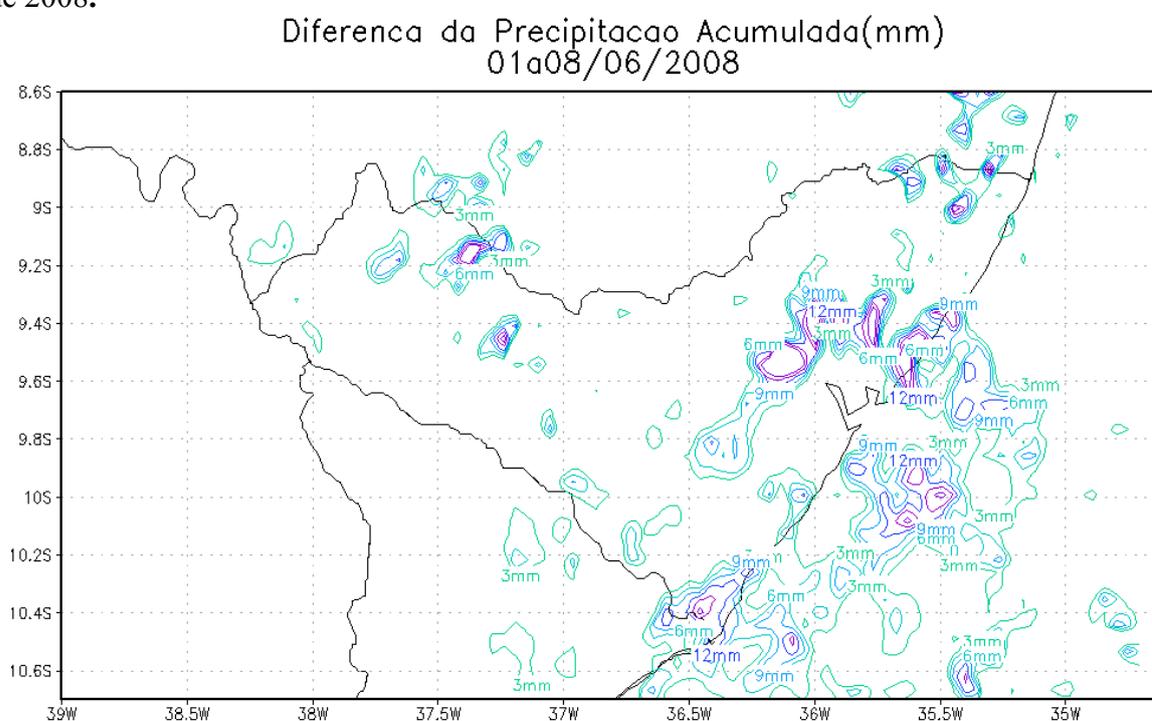


FONTE: Autor, (2012).

Como se pôde observar, na simulação modificada tivemos maior compatibilidade com os dados observados, pois para o município de Palmeira dos Índios, que se localiza na Savana Estépica I, foi de 46,5mm, já no município de Pão de Açúcar, que também fica no bioma Savana Estépica I, a precipitação foi de 21,47mm, e em Água Branca, que se localiza na Savana Estépica II, com 33,5mm, e em Porto de Pedras, na Mata Atlântica, foi de 178mm.

Na Figura 20, as maiores diferenças entre as simulações encontram-se principalmente na região costeira do Estado, com a simulação controle apresentando índices mais altos que a modificada, em até 15mm.

Figura 20: Diferença entre as precipitações acumuladas das simulações controle (MODIS) e modificada (VEGETATION), no Estado de Alagoas (G2), para o período de 02 a 06 de junho de 2008.



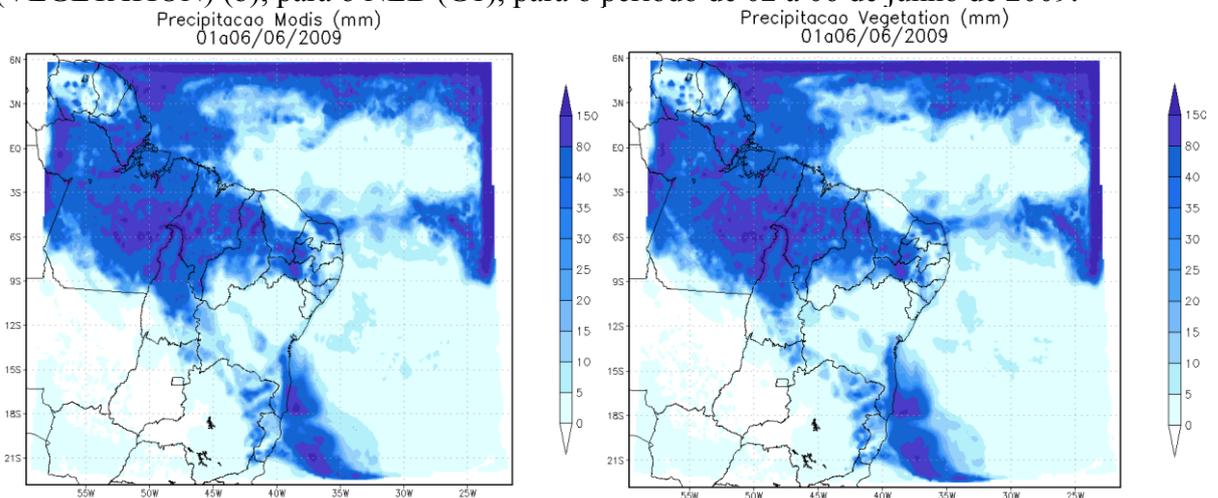
FONTE: Autor, (2012).

6.1.2 Análise para o ano 2009

Segundo os dados observados GPCC (Figura 22), a simulação da Região Nordeste (G1), que mais se assemelha ao observado, é a simulação modificada (Figura 21-b), pois apesar de não reproduzir tão bem, possui menos pontos saturados que a simulação controle (Figura 21-a), na região da Amazônia até o semi-árido. Segundo o GPCC, a precipitação varia de 10mm a 300mm, porém neste corredor é de 150mm a 50mm, enquanto que a simulação modificada, varia de 30mm a 150mm ou mais. O que também pode ser visto pela Figura 23

(diferença da simulação controle menos a modificada) indicando que mais precipitação ocorreu na simulação controle, comparada a modificada.

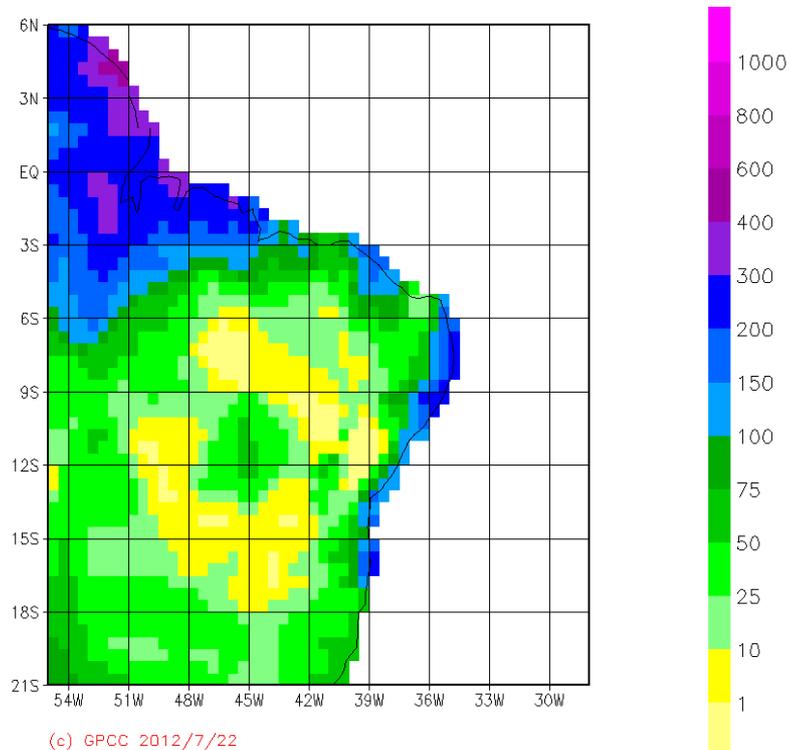
Figura 21: Precipitação acumulada na simulação controle (MODIS) (a) e modificada (VEGETATION) (b), para o NEB (G1), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

Figura 22: Dados de Precipitação GPCC de satélites e estações para o mês de junho de 2009, em grade de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, para a América Latina e Oeste da África.

GPCC Full Data Product Version 6 Gauge-Based Analysis 0.5 degree precipitation for June 2009 in mm/month

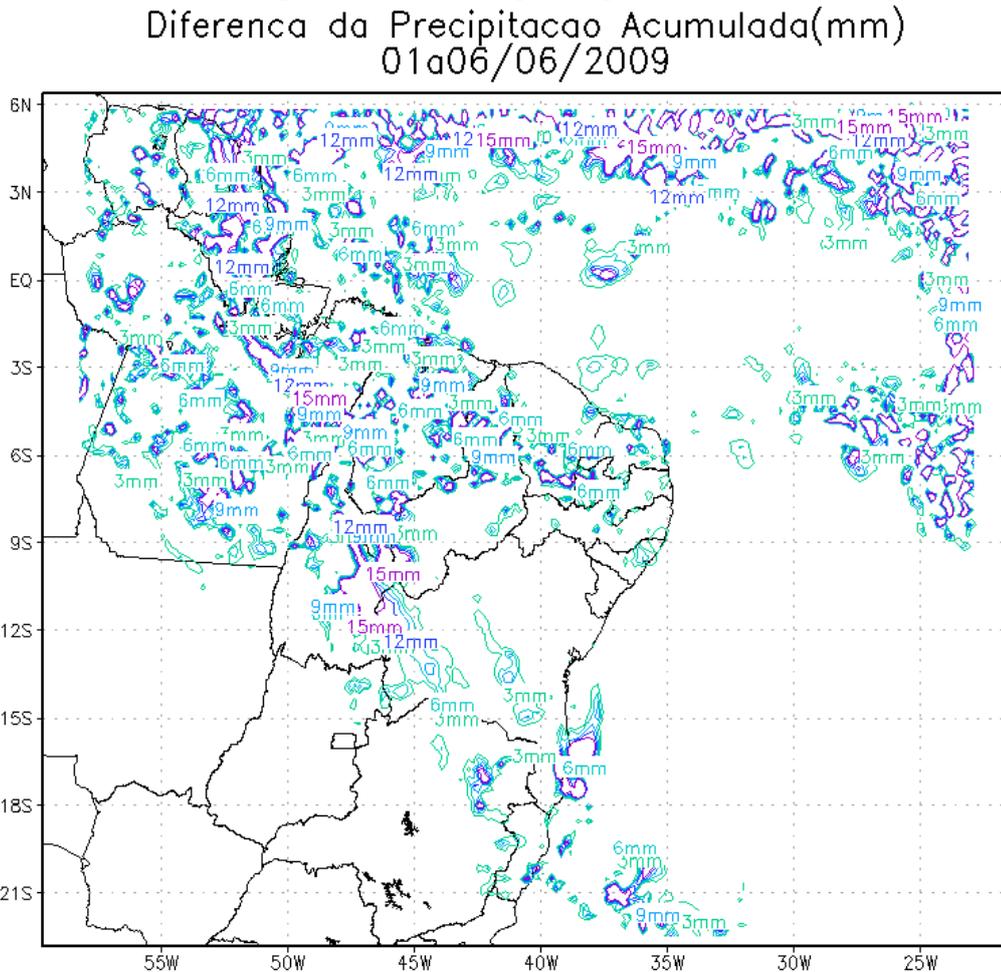


(c) GPCC 2012/7/22

FONTE: GPCC, (2012).

Na Figura 23, as maiores diferenças entre as simulações ocorreram sobre a faixa da Zona de Convergência do Atlântico Sul, desde a porção nordeste da região sudeste, indo em direção à região amazônica, e também sobre a região Nordeste na área de influência dos alísios, apresentando a simulação controle valores com até 15mm superiores à modificada.

Figura 23: Diferença entre as Precipitações acumuladas da simulação controle (MODIS), e modificada (VEGETATION), para o NEB (G1), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

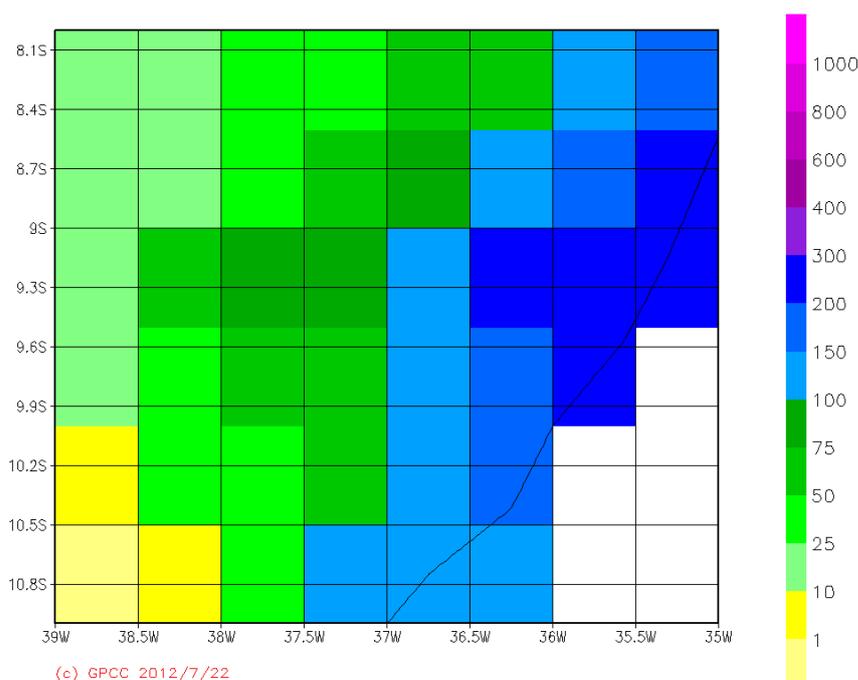
No Estado de Alagoas (G2), os dados observados (Figura 24), variam entre 10mm e 200mm, com os índices mais elevados na costa, e de 25mm a 75mm na região central do Estado e na porção semi-árida de 10mm a 25mm. A simulação que representa melhor é a controle (Figura 25-a), pois apontou índices mais elevados na costa que a simulação modificada (Figura 25-b), diminuindo seu índice, conforme se caminha para a região mais semi-árida do Estado, estabelecendo na costa pontos com precipitação de até 40mm e de 5mm a 10mm na região semi-árida.

Segundo dados do INMET o ano de 2009 foi mais úmido que 2008, porém a maior parte da precipitação ocorreu a partir da segunda quinzena do mês de junho, justificando então na comparação entre os anos 2008 e 2009 a diminuição da precipitação acumulada nos seis primeiros dias, demonstrando que as simulações de certa forma conseguiram captar a pouca incidência de chuva e "acertaram" inclusive os totais pluviométricos, no que se refere à simulação modificada, para a grade 2 (ver apêndice).

Pois em 2009, o município Porto de Pedras, com 45mm, Palmeira dos Índios, com 06mm, Pão de Açúcar, com 04mm, Água Branca também com 04mm, e Maceió com 45mm, corroboram que a melhor distribuição da precipitação ocorreu na simulação modificada.

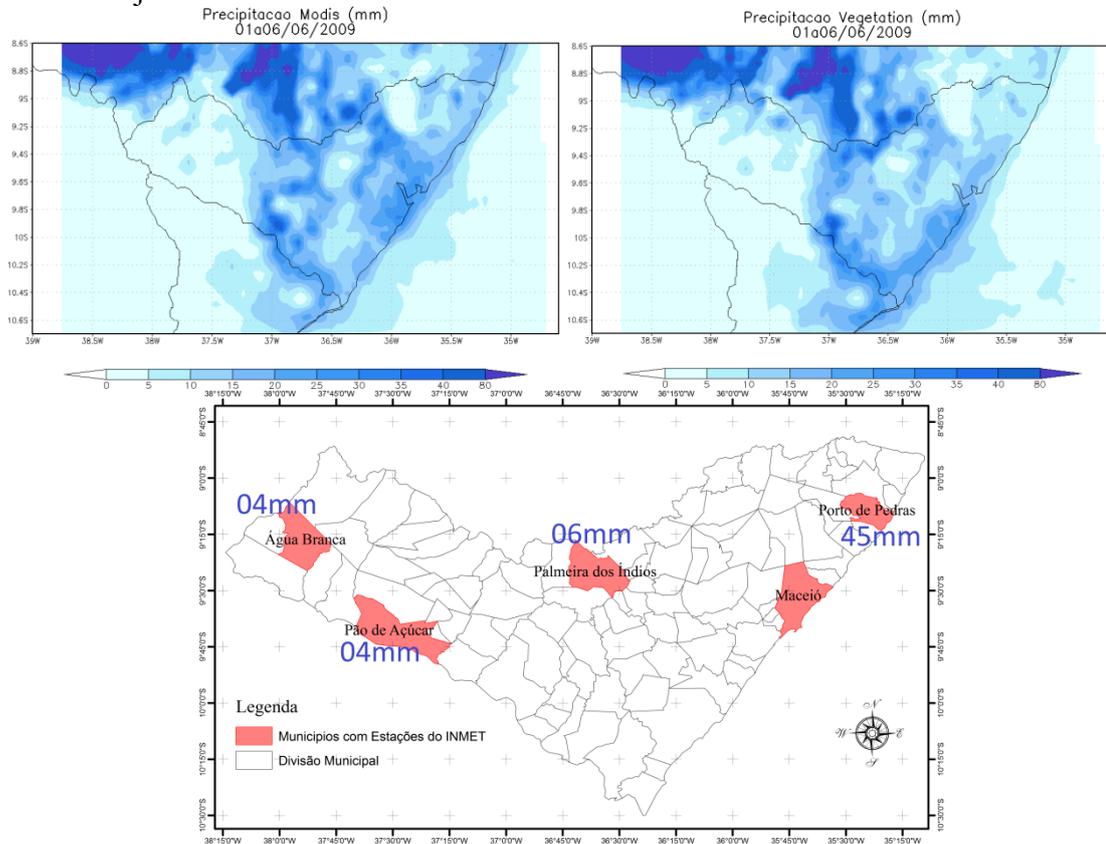
Figura 24: Precipitação acumulada observada (GPCC), para o Estado de Alagoas (G2), para o período de junho de 2009.

GPCC Full Data Product Version 6 Gauge-Based Analysis 0.5 degree precipitation for June 2009 in mm/month



FONTE: GPCC, (2012).

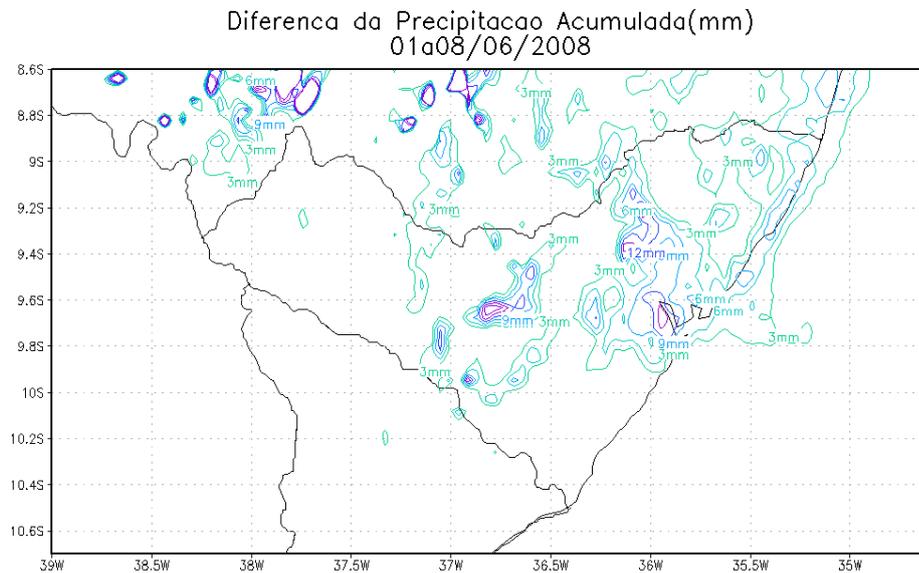
Figura 25: Precipitação acumulada da simulação controle (MODIS) (a) e modificada (VEGETATION) (b), e Distribuição espacial das estações INMET, com os totais pluviométricos para os dias de simulação (c). para o Estado de Alagoas (G2), para o período de 01 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

Na figura 26, podemos observar que a diferença entre as simulações ocorre na porção centro-leste do Estado de Alagoas, com a simulação controle apresentando maiores índices que a modificada, com até 12mm.

Figura 26: Diferença entre as precipitações acumuladas das simulações controle (MODIS) e modificada (VEGETATION), no Estado de Alagoas (G2), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

6.2 FLUXO DE CALOR SENSÍVEL

O Fluxo de Calor Sensível, é uma importante variável para detecção de alteração de temperatura ambiente, pois se trata da energia utilizada, ou desprendida, para este fim. Na meteorologia é um importante indicativo, pois como é um índice inversamente proporcional ao Fluxo de Calor Latente, pode indiretamente indicar advecção de ar seco ou úmido na atmosfera.

Seu comportamento clássico é atingir valores máximos próximo ao meio dia solar, e diminuir à medida que sua incidência decresce, alcançando valores próximos à $0W/m^2$.

6.2.1 Floresta Ombrófila Aberta

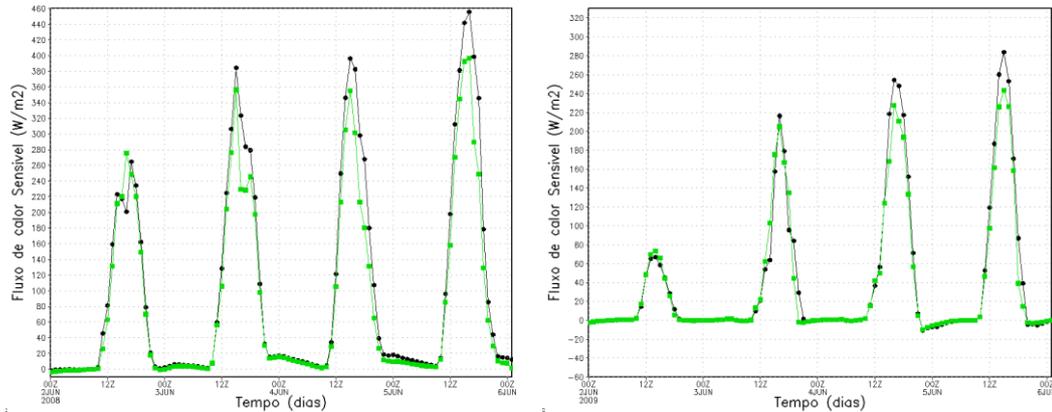
- Região Nordeste (G1)

Pode-se observar neste bioma, que as maiores discrepâncias do fluxo de Calor Sensível no ano de 2008 (Figura 27-a), entre as duas simulações, se dá entre o período de 12UTC e 18UTC, período este, que registra os maiores índices, devido ao maior aquecimento, pois se trata do período de 09h às 15h local.

O Ciclo médio realizado pela simulação modificada, apresenta-se em sua maioria com valores inferiores aos observados pela simulação controle, com diferenças de até 100W/m^2 . A simulação controle apresentou valores inferiores às da modificada no dia 02 de junho às 16 UTC.

No ano de 2009 (Figura 27-b), o comportamento dos fluxos médios de calor sensível se mostra mais semelhante, nos primeiros dias, comparando-se a simulação controle e modificada, tendo a simulação controle, apresentado valores superiores aos da simulação modificada.

Figura 27 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Sensível para Floresta Ombrófila Aberta (Floresta de Babaçu) (Círculos Fechados simulação controle - Modis e quadrados fechados, simulação modificada - Vegetation), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).



FONTE: Autor, (2012).

Os picos observados em ambas as simulações tanto de 2008 como de 2009, diferem-se bastante, apresentando em 2008, um pico máximo de 460W/m^2 referente à simulação controle, e 380W/m^2 da modificada, enquanto que, para 2009, o valor máximo ficou em 280W/m^2 (controle), e 240W/m^2 (modificada).

Estes valores diferentes, porém altos, podem ser justificados por ser uma área de transição entre a caatinga e a floresta amazônica. Havendo áreas de vegetação mais esparsas, podendo também ser por ações naturais ou antrópicas apresentar mais ou menos clareiras e assim, consequentemente aumentar o fluxo de calor sensível na região.

O que aparentemente ocorreu na Floresta Ombrófila Aberta, foi um aumento da cobertura vegetal na região, que pode ser ocasionado pelo manejo da silvicultura na região, ou ainda, aumento no regime de chuvas no ano de 2009, favorecendo o brotamento.

6.2.2 Floresta Estacional Semidecidual e Savana

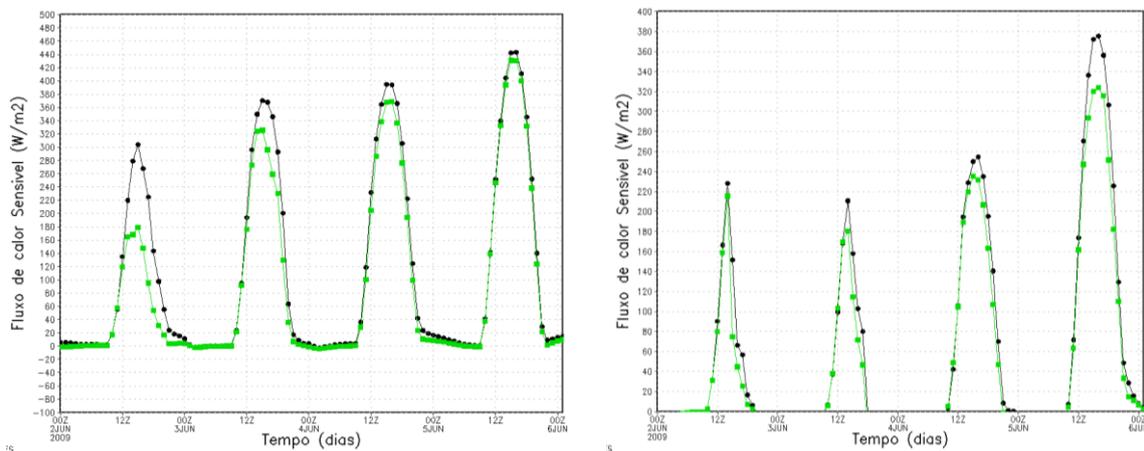
- Nordeste Brasileiro (G1) e Estado de Alagoas (G2)

No ano de 2008, foi observado comportamento muito semelhante, em ambas as grades, quase não se distinguindo as simulações, por este motivo as respectivas figuras não serão expostas neste campo de resultados, pois a dissertação se estenderia muito.

Em 2009 (Figura 28-a), é possível visualizar que, apesar do comportamento do fluxo ser o mesmo (valores mais altos para os horários mais quentes e valores mais baixos para horários mais frios), percebe-se grande distinção no que diz respeito aos valores. As maiores diferenças entre as simulações foram de 120W/m^2 , para o respectivo estudo comparativo para 2009.

Estes altos valores (510W/m^2 em 2008 e 440W/m^2 em 2009), referentes ao comportamento geral dos índices nestes biomas podem ser indicativos de áreas de clareira ou desmatadas, no que se refere ao Bioma Mata Atlântica e ou, na própria vegetação esparsa e de pequeno porte existente no Bioma Cerrado.

Figura 28 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Sensível para Floresta Estacional Semidecidual e Savana, para a grade 1 (a) e grade 2 (b), (Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

No ano de 2008, o comportamento do fluxo, foi muito parecido com o ocorrido para a média deste bioma para a Região do Nordeste (G1), neste ano. Apresentando máximo em 520W/m^2 para ambos os sensores.

Já em 2009 (Figura 28-b), apesar de índices máximos mais baixos, em torno de 370W/m^2 e 320W/m^2 , para a simulação controle e modificada, respectivamente, é evidente a diferença entre o comportamento dos fluxos dos respectivos sensores.

Pode-se observar uma drástica diminuição entre os anos, passando em 2008 de 520W/m^2 , para ambos os sensores, para 380W/m^2 em 2009, para a simulação controle e 320W/m^2 , para a modificada.

Esta diferença pode ser justificada pela ocupação no Estado de Alagoas (Grade 2) da Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual), por áreas de cultura irrigada, além de também se tratar de um mês tido como chuvoso no Estado. Segundo dados da Cooperativa dos Agricultores de Açúcar e Alcool de Alagoas, na safra de 2006/2007, houve área irrigada de aproximadamente 187 000 ha, durante o ano safra que compreende o estudo, a Cooperativa não obteve dados de área consolidados, contudo devido às necessidades de cultura mais áreas são irrigadas a cada ano, portanto nos anos do estudo estas áreas devem ser mais extensas, o que justificaria a redução nos índices de calor sensível. E, no caso da Savana (Grade 1), a diminuição ocorrida em 02 de junho, pode ser justificada pela nebulosidade, que deverão ser confirmados pela Radiação de Onda Longa e curta.

6.2.3 Pastagem Arbustiva

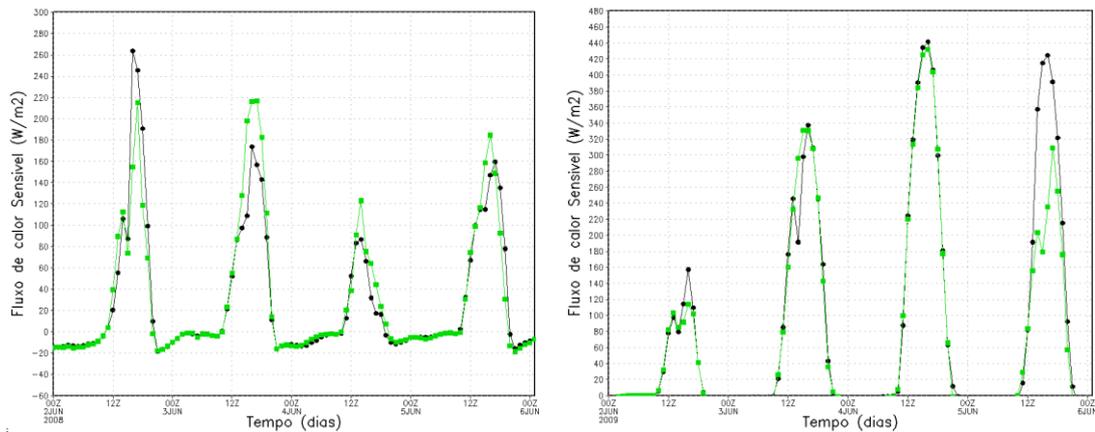
- Estado de Alagoas (G2)

Em 2008 (Figura 29-a), o comportamento oscila entre as simulações com valores máximos, para a simulação modificada, com 220W/m^2 , e controle, com 260W/m^2 . Ao avaliar o gráfico como um todo podemos citar dois comportamentos distintos, onde na primeira análise verifica-se a variação pontual nos resultados das duas simulações, mas que apesar dessa variação percebemos que o comportamento ao longo do tempo nas duas simulações esteve em fase, ou seja, seguiu a mesma tendência, marcada pelas duas quedas acentuadas nas duas simulações, o que é indicativo de aumento de umidade e possível precipitação, conforme já identificado na variável anterior, este comportamento característico deverá refletir diretamente nos campos de fluxo de calor latente e razão de mistura, que iremos avaliar mais adiante.

No ano de 2009 (Figura 29-b), os máximos diários pertencem à simulação controle. E a maior diferença observada entre as simulações foi no dia 05 de junho, com 260W/m^2 . Na análise do gráfico, podemos observar que o comportamento de tendência das simulações foi semelhante até o último dia. Já a simulação modificada apresentou tendência de queda do índice, indicando na primeira parte que, para ambas as simulações houve precipitação, como foi indicado na variável anterior e que depois desta precipitação, a nebulosidade cessou, aumentando assim o fluxo de calor sensível, e conseqüentemente a temperatura ambiente, como decorreu até o último dia de simulação, quando a controle apresentou que esta tendência

continua, já na modificada visualizou-se diminuição do índice, que indica ocorrência de nebulosidade, que serão confirmados pelas variáveis fluxo de calor latente, ROL e ROC.

Figura 29 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Sensível para o Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).



FONTE: Autor, (2012).

Para este bioma, o comportamento do Fluxo médio de calor sensível atingir valores altos já era esperado, pois há menos vegetação, e conseqüentemente solo mais exposto, forçando o aumento da temperatura ambiente.

De acordo com a variável Fluxo de Calor Sensível, houveram diferenças significativas entre as simulações, estando sempre a simulação modificada com índices abaixo da controle, demonstrando que pode ter ocorrido alteração da vegetação nos biomas estudados.

6.3 FLUXO DE CALOR LATENTE

O Calor Latente, corresponde à energia necessária para alterar a fase da água, seja no estado sólido, líquido ou gasoso. Na Meteorologia, o Calor Latente é utilizado para auxiliar na medição de umidade na atmosfera, ou seja, quanto maior for a energia do Fluxo de Calor Latente, maior é a quantidade de água que está sendo ‘transformada’ de seu estado líquido, para o estado de vapor, aumentando assim a umidade.

O comportamento normal do Fluxo de Calor Latente, é se apresentar maior quando o fluxo de calor sensível diminui, e menor quando este aumenta.

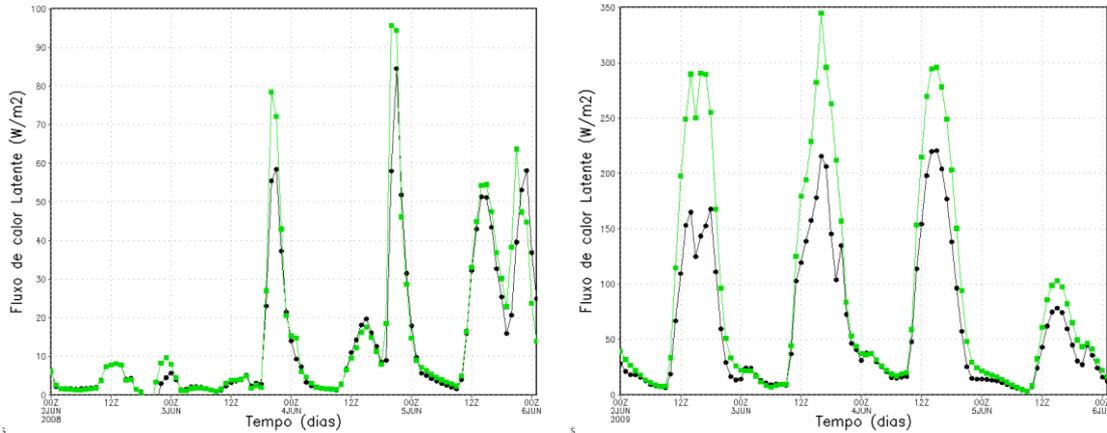
6.3.1 Floresta Estacional Semidecidual e Savana

- Nordeste do Brasil (G1)

O ciclo médio do Fluxo de Calor Latente em 2008 (Figura 30-a), manteve-se baixo durante toda a simulação com máximo em 95W/m^2 , no evento que apresentou maior diferença, em 04 de junho, apresentando a simulação modificada 95W/m^2 , e simulação controle 69W/m^2 . Analisando o gráfico percebe-se que, no início da simulação o fluxo está muito baixo e apesar de seu índice ter aumentado, a variação ainda é muito pequena, provavelmente devido à baixa umidade, e altas temperaturas, forçando à formação de orvalho durante à noite, que justifica o valor negativo. Esta hipótese foi confirmada com os altos índices no fluxo de calor sensível, e a baixa umidade se confirmou no campo de precipitação, pois a área selecionada para representar este bioma, localiza-se na região centro-oeste da Bahia, onde foram encontrados os valores mais baixos de precipitação na grade 1, e se apresentará através dos campos de razão de mistura, a falta de nebulosidade, em ROL e ROC (ver apêndice).

No ano de 2009 (Figura 30-b), apresentou valores consideravelmente superiores, com máximo em 340W/m^2 . Neste ano foi observada também diferença significativa entre as simulações, com vários episódios superiores a 100W/m^2 , estando a simulação modificada com os valores mais altos. Na análise do gráfico, pôde-se observar maior umidade por parte da simulação modificada, que a controle, como se poderá observar no perfil de razão de mistura.

Figura 30 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Latente para o Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o NEB (G1), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).



FONTE: Autor, (2012).

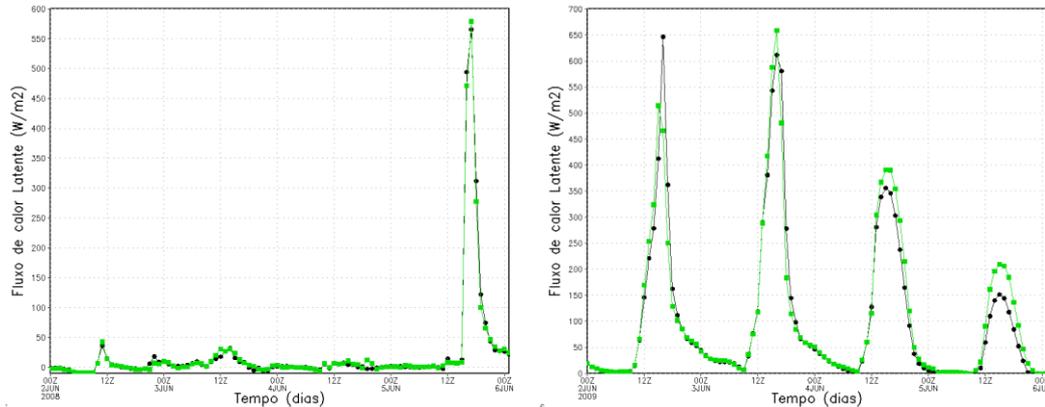
- Estado de Alagoas (G2)

No ano de 2008 (Figura 31-a), observou-se também, como na Grade 1, semelhança entre as simulações, e com índices muito baixos, em quase toda a simulação, de 570W/m^2 , na simulação modificada e 560W/m^2 na controle. Este baixo índice, provavelmente deu-se devido à baixa disponibilidade hídrica para alteração de estado físico da água, ocasionando umidade mais baixa, como esperamos encontrar no perfil de razão de mistura.

Este aumento no último dia de simulação é corroborado pelo aumento da pluviosidade na região de Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica), pois em 05 de junho, a estação do INMET, localizada no município de Porto de Pedras, apresentou índice de 48mm.

No ano de 2009 (Figura 31-b), notou-se um pico no dia 02 de junho, onde a simulação controle apresentou diferença de 190W/m^2 em relação à modificada. O que pode ter ocasionado esta diferença, pode ser a redução de vegetação, pois o NDVI utilizado para a simulação controle é da série climatológica (2001-2002), enquanto que o da simulação modificada é o valor observado, visto que, pelos dados do INMET, houve em Porto de Pedras precipitação de 28mm em 01 de junho, passando o restante do período de simulação sem precipitação significativa, como poderá ser observado no perfil de razão de mistura, o que pode indicar ainda uma redução das áreas de irrigação de cana de açúcar, já que no Estado de Alagoas a predominância neste bioma se dá por esta cultura.

Figura 31 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Latente para o Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).



FONTE: Autor, (2012).

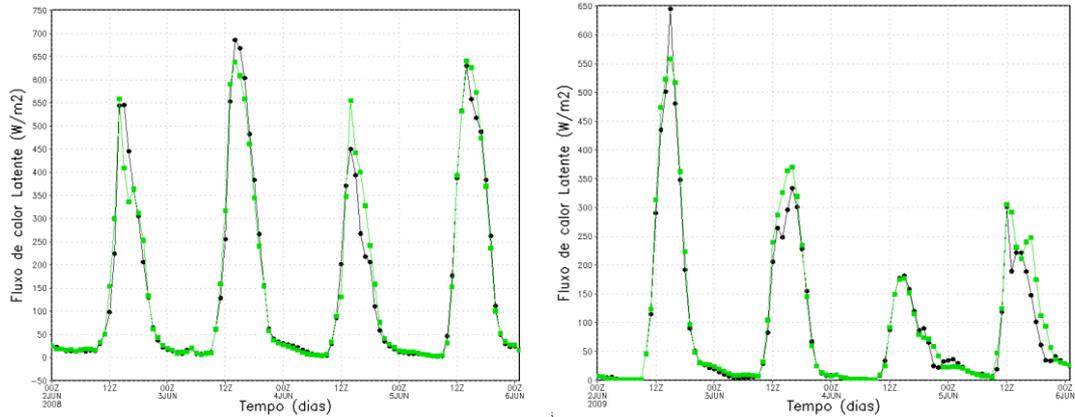
6.3.2 Pastagem Arbustiva

- Estado de Alagoas (G2)

Em 2008 (Figura 32-a), o Fluxo de Calor Latente, obteve a maior diferença entre as simulações, em 02 de junho, a simulação controle apresentou 550W/m^2 , e a modificada, 410W/m^2 , uma diferença de 140W/m^2 . Na análise do gráfico podemos observar grande umidade no decorrer da simulação, como poderá se observar no perfil de razão de mistura.

No ano de 2009 (Figura 32-b), observa-se uma drástica redução de energia, enquanto que no dia 02 de junho, verifica-se o máximo da simulação em 650W/m^2 , pela simulação controle e 550W/m^2 pela modificada. Isto pode indicar que, o ar estava muito úmido no início da simulação, decrescendo este índice conforme o passar do tempo, esta diminuição no Fluxo de calor latente, também pôde ser observada no fluxo de calor sensível de forma contrária apresentando menores índices no início da simulação e aumento no decorrer da mesma, confirmando o que foi descrito na variável Fluxo de Calor Sensível, precipitação e posterior ausência da mesma e que se confirmarão nas variáveis de ROC e ROL e razão de mistura.

Figura 32 - Ciclo Médio do Fluxo de Calor Latente para o Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).



FONTE: Autor, (2012).

De acordo com os biomas discutidos pôde-se observar, como um todo, que o comportamento à noite mostrou-se semelhante entre as simulações, e que as maiores variações ocorreram durante o dia, como era de se esperar, pois a fonte de energia para alteração do estado físico da água provém do sol. No que se refere ao comportamento do fluxo entre as simulações, observou-se que tanto a simulação controle como a modificada obtiveram variações nos resultados, no entanto com tendência semelhantes, e que estas variações foram corroboradas pelos campos de precipitação e fluxo de calor sensível.

6.4 RAZÃO DE MISTURA

O perfil de razão de mistura é utilizado principalmente para indicar a umidade específica da atmosfera, mas além disso, também pode-se analisar advecção de ar seco e úmido na atmosfera de acordo com o comportamento da isolinhas.

6.4.1 Pastagem Arbustiva

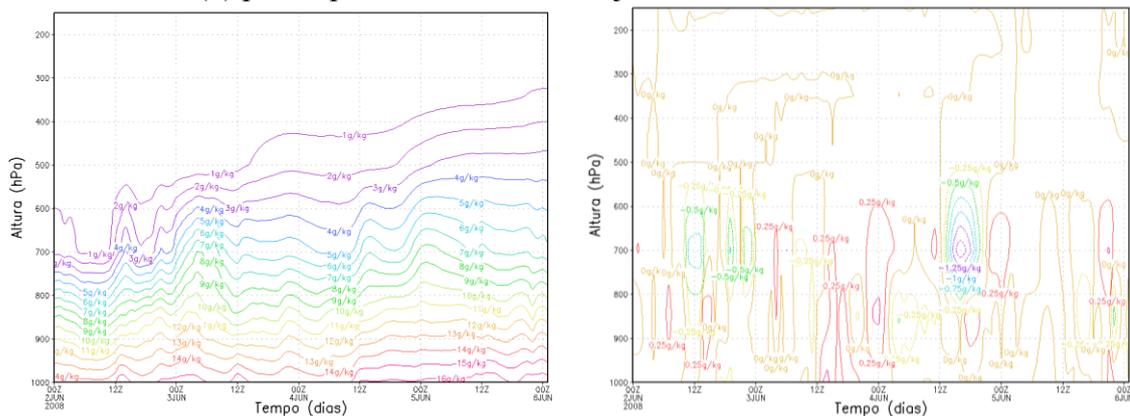
- Estado de Alagoas (G2)

Notou-se que em 2008 (Figura 33-a), a atmosfera se inicia muito seca e com advecção de ar seco de altitude em direção à superfície, é observado também uma pequena advecção de

umidade em superfície para níveis mais altos, em 02 de junho, e, esta movimentação é notada até 600hPa, é observado em 03 de junho, pequeno aporte de umidade da superfície que já é despercebido em 925hPa. No dia 05 de junho, há transporte de ar seco em 700hPa, em direção a superfície. Como se pôde observar, no fluxo de calor latente há grande umidade no decorrer da simulação conforme mostra a figura 33-a, dos perfis de razão de mistura. Também é observado aumento da umidade no decorrer da simulação indicando precipitação e confirmando os campos de FCS e FCL, e corroborado pelo campo de precipitação.

Na diferença entre as simulações no ano de 2008 (Figura 33-b), notou-se que a simulação modificada, trouxe considerável umidade se comparada com a simulação controle, com até 1,25g/kg de vapor, em 04 de junho. Também foi possível observar mais umidade por parte da controle de 0,5g/kg.

Figura 33: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS), (a) e . Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b) para o período de 02 a 06 de junho de 2008



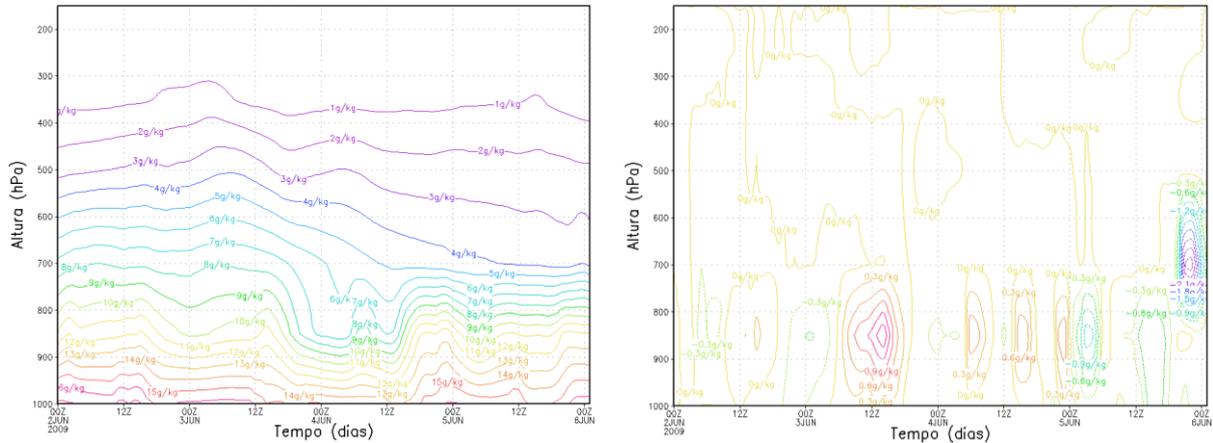
FONTE: Autor, (2012).

No ano de 2009, na simulação controle (Figura 34-a), foi possível observar dois fortes transportes de ar seco em 700hPa, em direção à superfície no dia 04 de junho. E também aporte de umidade da superfície em 03 de junho, para médios níveis (400hPa). Observou-se uma tendência de ressecamento, porém com esta advecção de umidade no fim da simulação, pode-se concluir que pode estar relacionado com aumento de precipitação, por parte principalmente da simulação modificada que apresentou maior índice no fim da simulação

A diferença entre as simulações (Figura 34-b), em 2009, foi positiva em até 1,5g/kg, em 03 de junho, e negativa principalmente em 05 de junho, chegando a -2,1g/kg. Isso indica que a simulação controle, atribuiu mais umidade que a simulação modificada, para áreas positivas e o contrário ocorre para valores negativos.

Todas as diferenças ocorreram até 500hPa, onde notou-se que a simulação modificada, demonstrou mais umidade em médios níveis, enquanto que na simulação controle em baixos níveis (1000 a 800hPa). É uma diferença bastante considerável entre as simulações.

Figura 34: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS) (a) e: Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b) para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

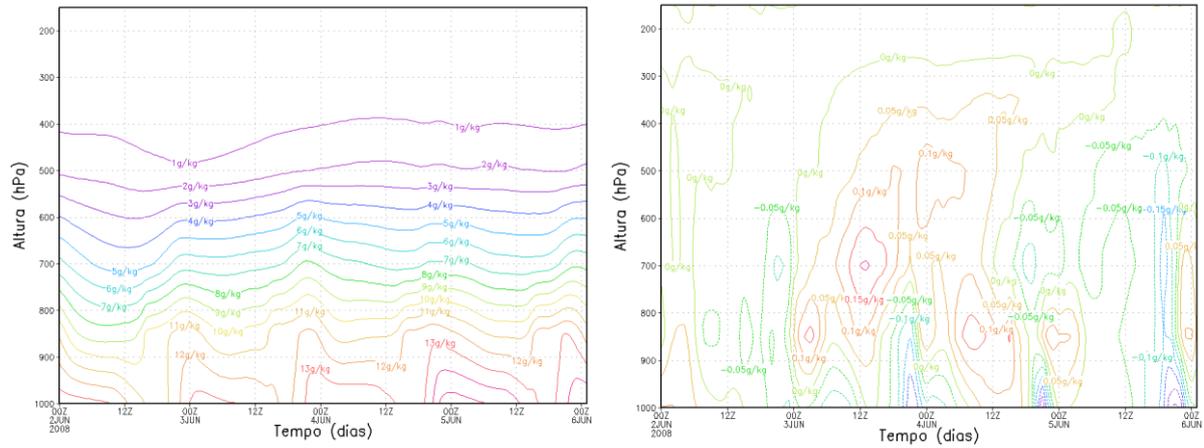
6.4.2 Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica)

- Região Nordeste (G1)

No ano de 2008, na simulação controle (Figura 35-a), foi possível observar que em quase todos os dias (exceção do dia 02 de junho), que há advecção de umidade da superfície, estabilizando-se em médios níveis. A atmosfera encontra-se seca, como apontado pela variável de fluxo de calor latente, com aumento de umidade a partir do dia 04 de junho. No dia 02 de junho, é notada advecção de ar seco em médios níveis em direção à superfície.

A diferença entre as simulações no ano de 2008 (Figura 35-b), nota-se máxima divergência em 0,15g/kg, tanto para a simulação controle (03 de junho), como para a modificada (05 de junho). No geral, pode-se observar que há bastante diferença entre as concentrações nos níveis, conforme o passar do tempo.

Figura 35: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o NEB (G1) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008.

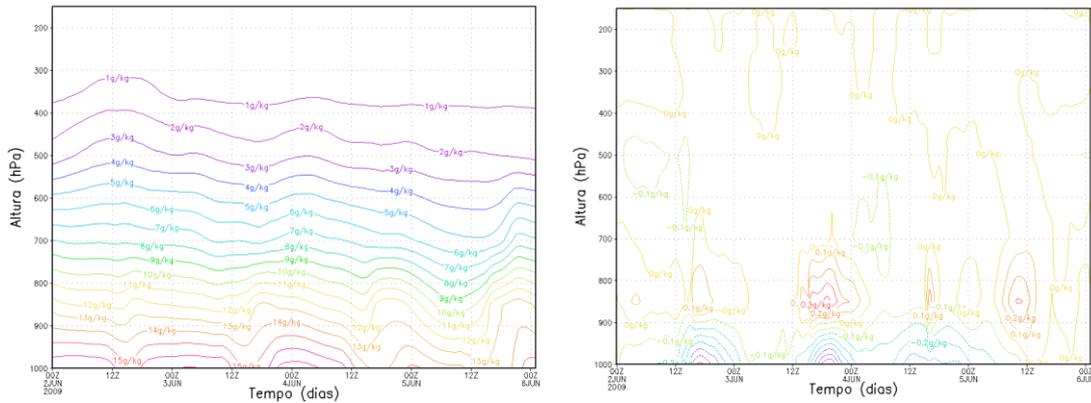


FONTE: Autor, (2012).

No ano de 2009, para a simulação controle (Figura 36-a), observou-se duas advecções de umidade em superfície, ambas em 05 de junho. Há também aporte de ar seco em baixos níveis (800hPa), em direção à superfície, em 03 de junho. Na simulação modificada, verificou-se a superfície mais úmida, com advecção de umidade em superfície mais aparente somente entre 05 e 06 de junho, alcançando até médios níveis (500hPa). O que é mais aparente é o transporte de ar seco, entre a baixa e média atmosfera, em direção à superfície. O comportamento geral do perfil indica que a atmosfera está perdendo umidade, corroborando com a variável fluxo de calor latente, que apresentou uma redução.

Na diferença entre as simulações (Figura 36-b), é observado maior umidade em superfície por parte da simulação modificada, porém logo acima, em baixos níveis (900 a 700hPa), é notado mais umidade por parte da simulação controle, chegando a 0,3g/kg, e em médios níveis (700hPa a 500hPa), a simulação modificada, volta a dispor mais umidade, porém a diferença é pouca (0,1g/kg).

Figura 36: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o NEB (G1) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

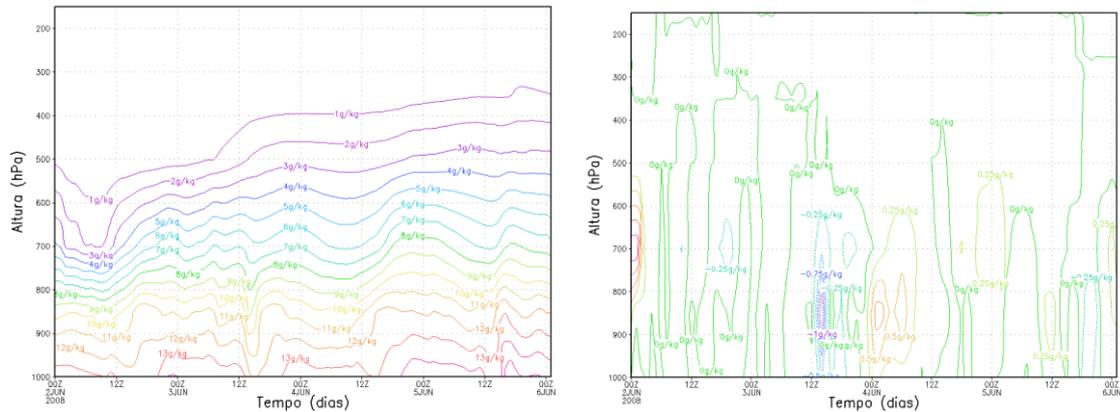
- Estado de Alagoas (G2)

No ano de 2008, na simulação controle (Figura 37-a), observou-se entrada de ar seco (02 de junho), em médios níveis (550hPa), e outra em 03 de junho, também de médios níveis, em direção à superfície. Observou-se também aumento na tendência de umidade, como se pode notar com o passar do tempo, e também um aporte de umidade da superfície para níveis médios (600hPa), ocorreu em 05 de junho, que pode ser atribuído à precipitação ocorrida neste dia, segundo dados do INMET, para a estação localizada no município de Porto de Pedras, representativa para este bioma, que registrou 18mm.

Porém a mesma se apresenta seca no início da simulação aumentando sua umidade somente no final, passando a ficar em superfície, com umidade específica em 16g/kg, por isto a tendência de aumento de umidade, confirmando o que foi observado no fluxo de calor latente.

Na figura 37-b, a diferença entre as simulações controle e modificada em 2008, observou-se que a simulação modificada, apresentou mais umidade em 03 de junho, da superfície, até quase 600hPa, de até 1g/kg. Logo após, a simulação controle, apresentou maior umidade da superfície à 600hPa, em até 0,5g/kg. No restante a diferença não ultrapassa 0,25g/kg de vapor de água em ar seco.

Figura 37: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008.

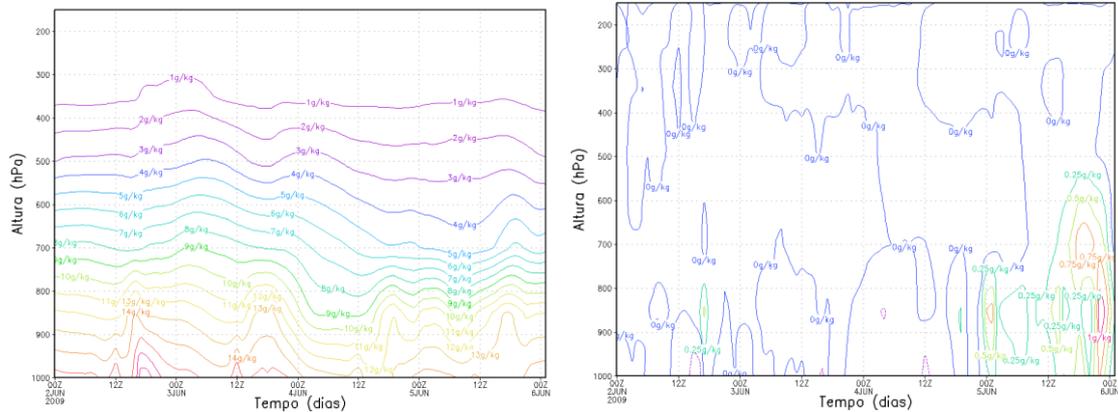


FONTE: Autor, (2012).

Em 2009, na simulação Controle (Figura 38-a), são observadas cinco (5), advecções de umidade da superfície para níveis mais altos. O primeiro foi em 02 de junho, até 700hPa; o segundo, em 03 de junho, até 400hPa; o terceiro, em 04 de junho, até 700hPa; o quarto, em 05 de junho, até 600hPa; e, o quinto, em 05 de junho, até 350hPa. Observou-se também tendência de ressecamento da atmosfera no final da simulação, como foi observado também no fluxo de calor latente..

A diferença entre as simulações para o ano de 2009 (Figura 38-b), se percebe mais entre os dias 05 e 06 de junho, com até 1g/kg de diferença, à favor da simulação controle.

Figura 38: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

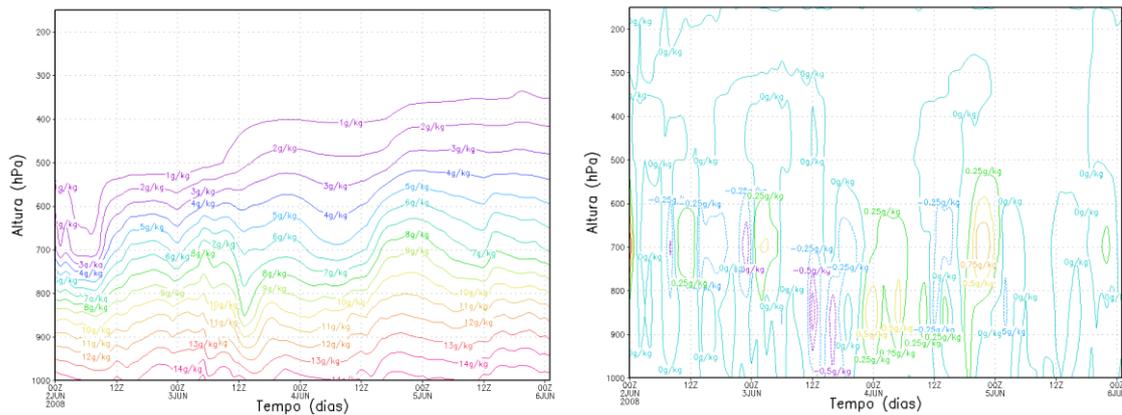
6.4.3 Savana Estéptica I

- Estado de Alagoas (G2)

Para o ano de 2008, na simulação controle (Figura 39-a), são observados quatro (4) transportes de ar seco oriundos de médios e altos níveis para superfície, o primeiro se deu em 02 de junho, o segundo e o terceiro em 03 de junho e; o quarto em 05 de junho. Também são observados três (3) eventos de transporte de umidade da superfície para a atmosfera, o primeiro e o segundo ocorrem em 03 de junho; e o terceiro em 04 de junho. Observou-se também uma tendência de aumento de umidade.

Na diferença das simulações (Figura 39-b), é observado um máximo de 0,75g/kg, tanto na simulação controle, como modificada, as diferenças se concentram em baixos e médios níveis (1000hPa a 600hPa).

Figura 39: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Savana Estépica I para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008.



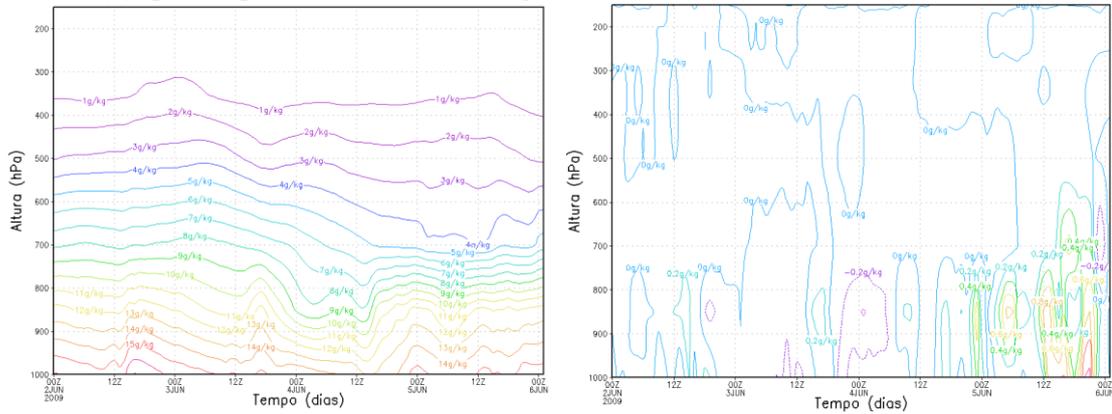
FONTE: Autor, (2012).

Para o ano de 2009, a simulação controle (Figura 40-a), observou-se três (3), advecções de superfície, a primeira em 02 de junho, a segunda em 03 de junho; e a terceira em 05 de junho. Foi observada também uma tendência de diminuição de umidade na atmosfera.

A diferença entre as simulações (Figura 40-b), para Savana Estépica I no Estado de Alagoas, observou-se um aumento de umidade para a simulação controle, de até 0,6g/kg, e, na simulação modificada foi de 0,2g/kg em alguns pontos. No geral, a simulação controle, apresentou mais umidade no decorrer da simulação, principalmente no final (últimas 24h de simulação), de 700hPa até a superfície (1000hPa).

Esta diminuição na umidade é esperada, pois como foi apresentado na variável precipitação, os índices de pluviosidade para este bioma em 2009, foram muito baixos, confirmando então esta baixa umidade.

Figura 40: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Savana Estépica I para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS), (a) Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

6.4.4 Savana Estépica II

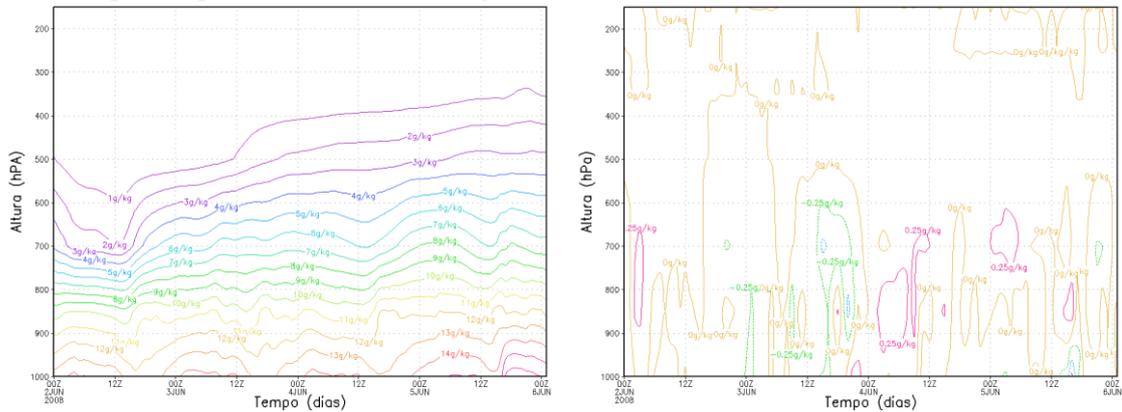
- Estado de Alagoas (G2)

No ano de 2008, a simulação controle (Figura 41-a), apresentou três *downdrafts*, de 02, 04 e 05 de junho. Foi observado também quatro episódios de *updraft*, o primeiro ocorreu em 02 de junho, o segundo em 03 de junho, o terceiro e o quarto em 04 e 05 de junho, respectivamente. Observou-se também uma tendência de aumento de umidade.

Na simulação modificada, foram observados três episódios de *downdraft*, o primeiro e o segundo em 02 e 04 de junho, respectivamente; e, o terceiro, em 05 de junho. Houve também três episódios de *updraft*, o primeiro e o segundo ocorreram em 02 e 03 de junho, e, o terceiro em 05 de junho. Houve tendência de umedecimento da atmosfera, concordando com a variável precipitação que indicou até 10mm durante os cinco dias de simulação.

Na diferença entre as simulações controle e modificada para o Estado de Alagoas em 2008 (Figura 41-b), o máximo tanto para a simulação modificada quanto para a controle, foi de 0,25g/kg. Na primeira metade da simulação a predominância de maior umidade foi na simulação modificada, até 600hPa, e na segunda metade do período de simulação foi da controle, também até 600hPa.

Figura 41: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Savana Estépica II para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação Controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura de Mistura, para o período de 02 a 06 de junho de 2008.

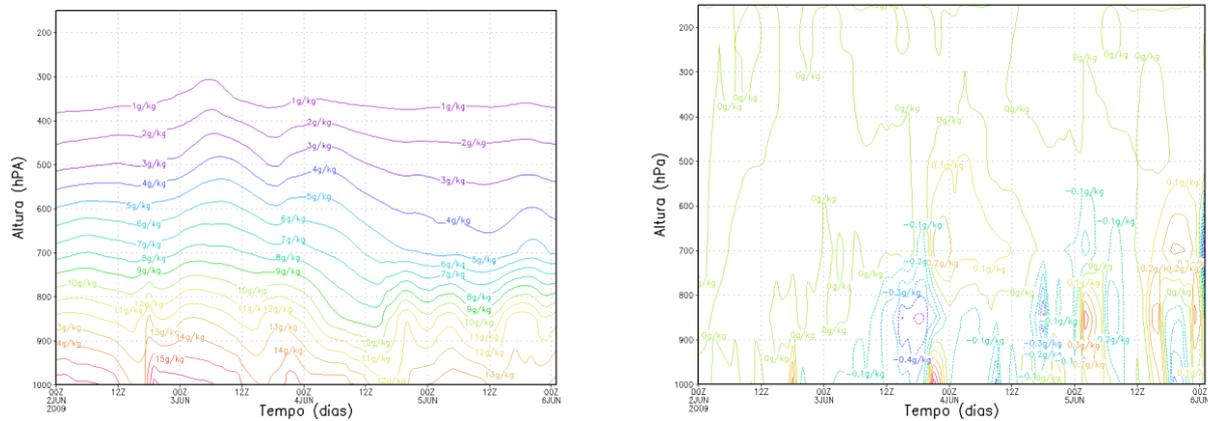


FONTE: Autor, (2012).

Para o ano de 2009, a simulação controle (Figura 42-a), apresentou três episódios de *downdraft*, os dois primeiros em 02 e 03 de junho, e, o terceiro em 05 de junho. Foram observados também três episódios de *updraft*, os dois primeiros, em 02 e 03 de junho; e, o terceiro em 05 de junho, houve tendência de ressecamento da atmosfera, conforme indicado na variável precipitação e FCL, a diminuição de precipitação ocorrida neste bioma, durante a simulação.

Na diferença entre as simulações controle e modificada para o Estado de Alagoas em 2009 (Figura 42-b), observou-se que a simulação controle atingiu máximo de 0,3g/kg, e a simulação modificada atingiu 0,4g/kg. As duas simulações se revesaram na distribuição de umidade para a atmosfera, a modificada em 03 de junho, e em 04 de junho, a controle no dia 03 de junho, o dia 04 de junho, e, em 05 de junho, até o final da simulação.

Figura 42: Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Savana Estépica II, para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Razão de Mistura (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

6.5 TEMPERATURA POTENCIAL

A temperatura potencial, é a máxima temperatura (registrada em graus Kelvin), de uma parcela de ar seca trazida ao nível de referência (1000hPa), de forma adiabática. É uma importante variável meteorológica, pois através do seu perfil podemos visualizar a camada limite planetária, além da estabilidade da atmosfera e as advecções.

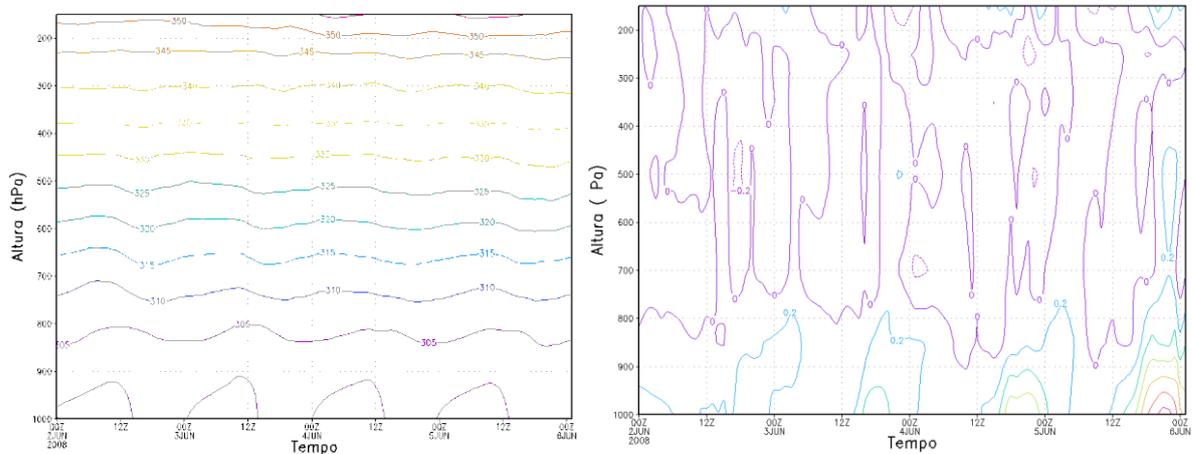
6.5.1 Floresta Ombrófila Aberta (Floresta de Babaçu)

- Região Nordeste (G1)

No ano de 2008, no perfil da simulação controle (Figura 43-a), observou-se atmosfera estável, com pequena elevação da camada limite entre 12UTC e 15UTC. A temperatura potencial está aumentando na proporção de 5K para 100Pa. Observou-se que, em superfície a elevação da Temperatura Potencial (TP), com a altura, se dá de forma mais suave que sua descida, mostrando maior instabilidade durante a noite.

A diferença entre as simulações controle e modificada, para a Região Nordeste em 2008 (Figura 43-b), observou-se que a simulação modificada sofre impacto com redução de T de aproximadamente 0,2°C, da superfície até 800hPa, sempre por volta das 15h local, comparada com a simulação controle.

Figura 43 - Perfil médio da Razão de Mistura do Bioma Floresta Ombrófila Aberta (Floresta de Babaçu), para o NEB (G1) - Simulação controle (MODIS) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b) para o período de 02 a 06 de junho de 2008.



FONTE: Autor, (2012).

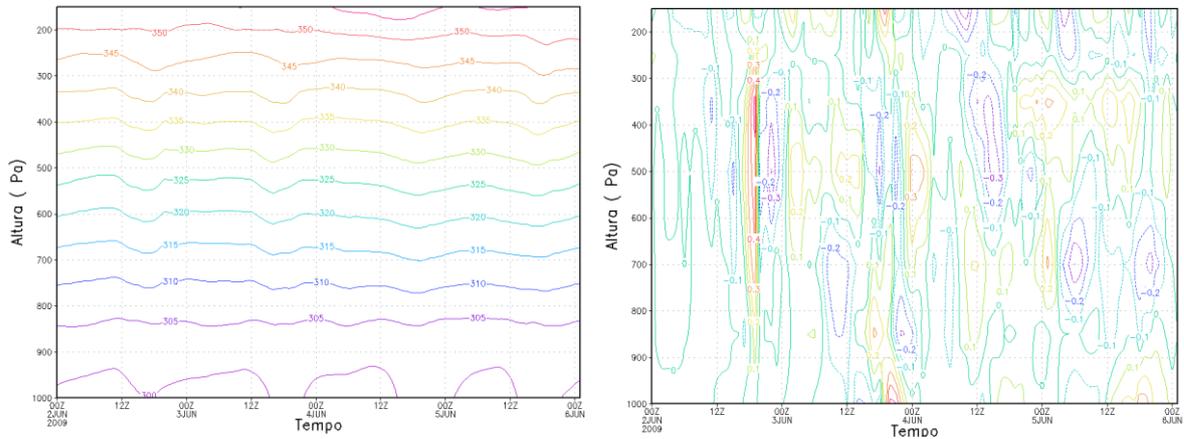
No ano de 2009, a simulação controle (Figura 44-a), observou-se um rebaixamento da camada limite, a partir das 12UTC. Com temperatura potencial de 300K a 350K em todo o perfil, durante a simulação. Na simulação modificada, este rebaixamento está mais aparente (com ondas mais acentuadas), e temperatura máxima de 355K, com atmosfera estável, pois $\frac{d\theta}{dz} > 0$.

Neste perfil é observado que, nos dois primeiros dias de simulação a atmosfera encontra-se mais próxima à condição de neutralidade, visto que, tanto o aumento como a redução de TP com a altura é muito pequeno. E, no restante da simulação a situação de neutralidade é mantida somente durante o dia e então, devido à sua elevação e descida é passada à condição de instabilidade.

Na diferença entre as simulações controle e modificada (Figura 44-b), percebe-se maior disparidade entre 02 e 03 de junho, chegando em médios níveis 0,4K superiores para a simulação controle, e 0,3K para a simulação modificada, respectivamente. Também foi observado entre 03 e 04 de junho, diferença no perfil desde a superfície até altos níveis, apresentando a simulação controle aumento de 0,3K, e, a modificada 0,2K. Em superfície foi observado que houve maior umidade por parte da simulação controle.

Porém, após os 950hPa, é observada condição de estabilidade, significando que a parcela com temperatura superior está mais seca, e com isso a parcela se expande, indicando que esta parcela encontra-se estável, aplicando-se isto à camada, podemos dizer que a camada que se encontra com temperatura superior, está mais estável e por isso é mais espessa.

Figura 44: Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Floresta Ombrófila Aberta, para o NEB (G1) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

6.5.2 Pastagem Arbustiva

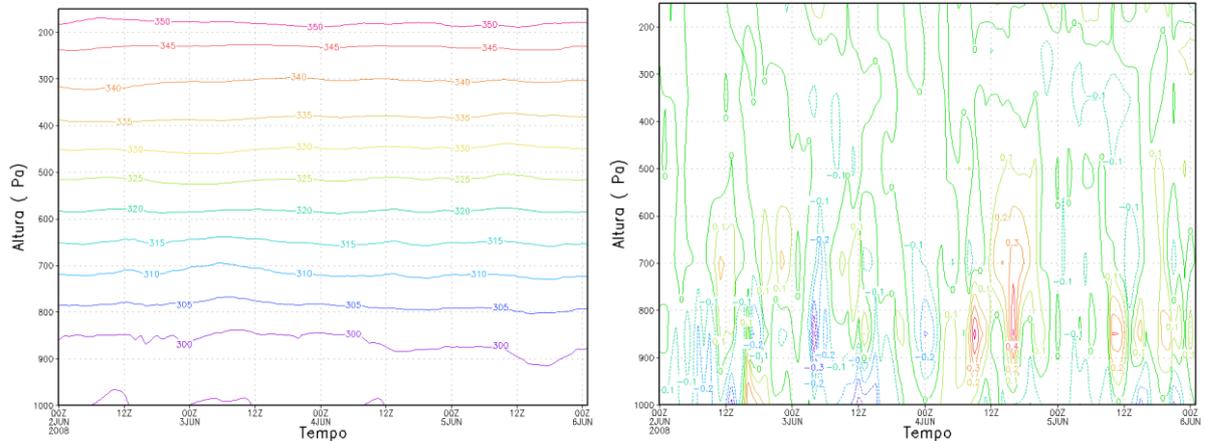
- Estado de Alagoas (G2)

No ano de 2008, a simulação controle (Figura 45-a), quase não há variação na altura da camada limite, a atmosfera encontra-se estável, com temperatura em superfície de 295K e, em 200hPa, alcançou 350K, portanto há 55K de amplitude térmica entre a superfície e altos níveis. Na simulação modificada, apesar de ser mais perceptível, quase não há alteração na camada limite, porém por volta das 12UTC se observa pequena elevação. A atmosfera encontra-se estável, com amplitude de 50K.

Em superfície é observada durante toda a simulação, a condição de neutralidade, pois basicamente não há elevações ou queda de TP, a mesma se mantém constante.

A diferença entre as simulações controle e modificada de Temperatura Potencial, para Pastagem Arbustiva em 2008 (Figura 45-b), observou-se que as diferenças se concentraram principalmente em superfície e baixos níveis. Estando a simulação controle mais quente em 0,4K que a modificada, estando a controle com atmosfera mais estável.

Figura 45: Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Pastagem Arbustiva, para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008.

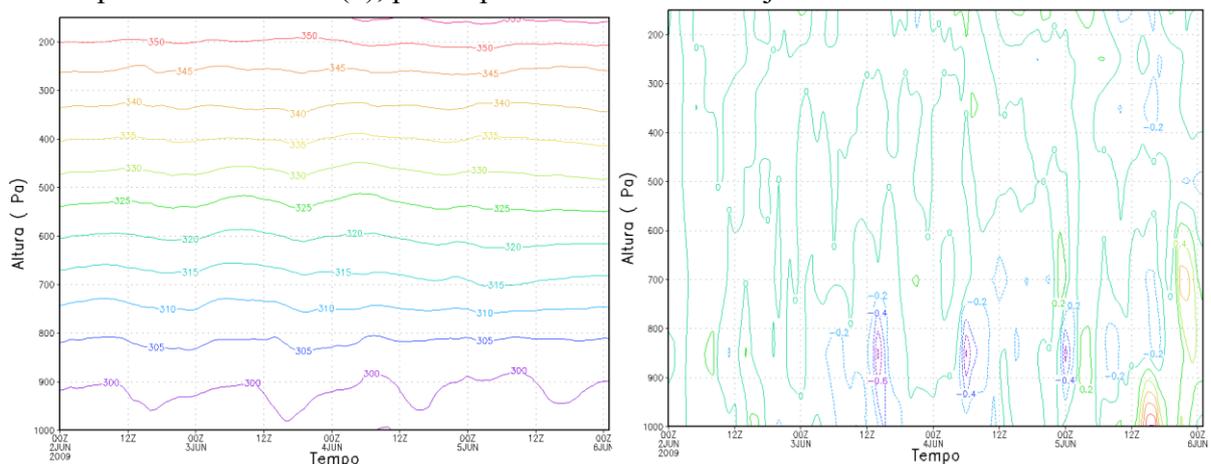


FONTE: Autor, (2012).

No ano de 2009, tanto a simulação controle (Figura 46-a), como a simulação modificada, apresentaram amplitude de até 50K, com elevação da camada limite próximo às 12UTC, e atmosfera neutra, com pequena instabilidade durante o dia.

A diferença entre as simulações controle e modificada (Figura 46-b), observou-se diferença de até 0,6K em baixos níveis para ambos os sensores, com a simulação modificada em 03 de junho mais estável, com temperatura superior em 0,4K.

Figura 46: Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Pastagem Arbustiva, para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

6.5.3 Floresta Estacional Semidecidual e Savana

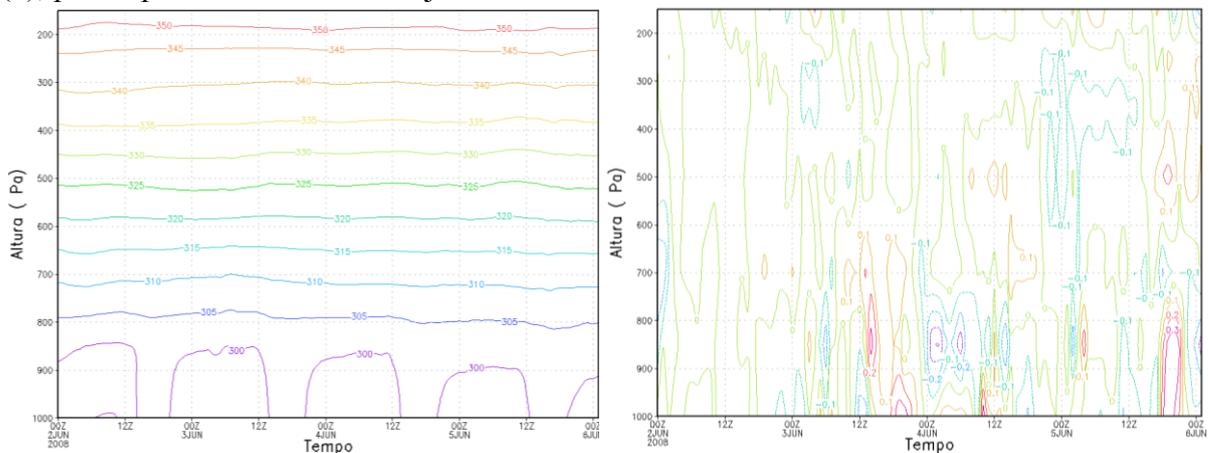
- Estado de Alagoas (G2)

No ano de 2008, tanto a simulação controle (Figura 47-a), como a modificada, não se observa alteração na camada limite, o perfil apresenta amplitude de 50K e atmosfera neutra durante o dia.

Em superfície é observada situação de instabilidade da atmosfera, devido à descida de TP com a altura, ocorrer de forma abrupta, e de estabilidade quando o aumento de TP ocorre com a altura.

Na diferença entre as simulações controle e modificada (Figura 47-b), observou-se que a simulação controle apresentou os maiores valores de 0,3K, enquanto que a simulação modificada, apresentou 0,2K.

Figura 47: Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Floresta Estacional Semidecidual e Savana (Mata Atlântica e Cerrado), para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008.



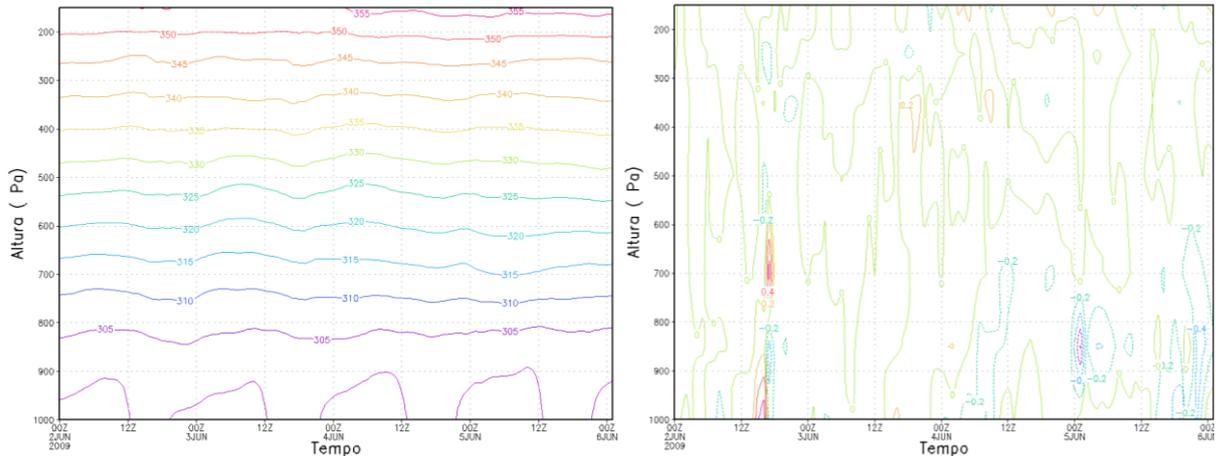
FONTE: Autor, (2012).

No ano de 2009, a simulação controle (Figura 48-a), é notada a elevação da camada limite, à partir da 09UTC, a atmosfera encontra-se estável, com amplitude de até 55K, mas em sua maioria são 50K. A simulação modificada, a elevação da camada limite é menor, e apresenta atmosfera estável.

Em relação à superfície, é observada elevação de TP com a altura de forma suave, indicando neutralidade e descida abrupta de TP, indicando instabilidade.

A diferença entre as simulações controle e modificada (Figura 48-b), notou-se que o maior índice foi por volta das 15UTC de 02 de junho, para a simulação controle, com 0,4K, e na simulação modificada o índice foi o mesmo, no final do período de simulação.

Figura 48: Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica e Cerrado), para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

6.5.4 Savana Estépica I

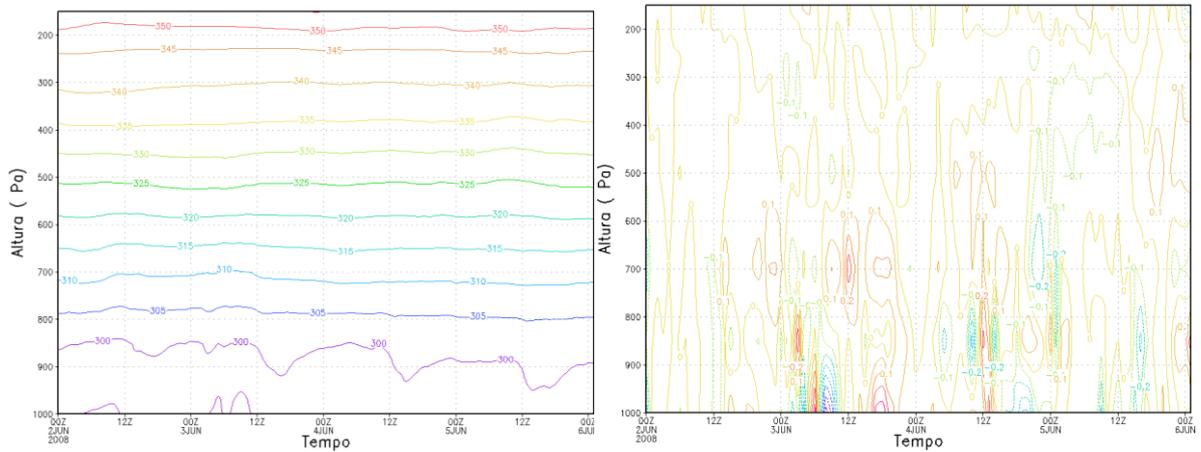
- Estado de Alagoas (G2)

No ano de 2008, a simulação controle (Figura 49-a), a atmosfera encontrou-se neutra, com elevação da camada limite até as 12UTC, com amplitude de 50K entre a superfície e altos níveis. A simulação modificada, a elevação da camada limite encontra-se entre 12UTC e 15UTC, e a atmosfera encontra-se também neutra.

Na superfície a atmosfera encontra-se neutra, pois não se observa elevação abrupta de TP, que representa estabilidade, nem o contrário representando instabilidade. Estando o comportamento da isolinha mais suave.

A diferença entre as simulações controle e modificada (Figura 49-b), observou-se que em quase todo o período de simulação houve diferença entre as mesmas, as simulações controle e modificada, apresentaram máximo de 0,2K.

Figura 49: Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Savana Estépica I (Caatinga I), para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2008.

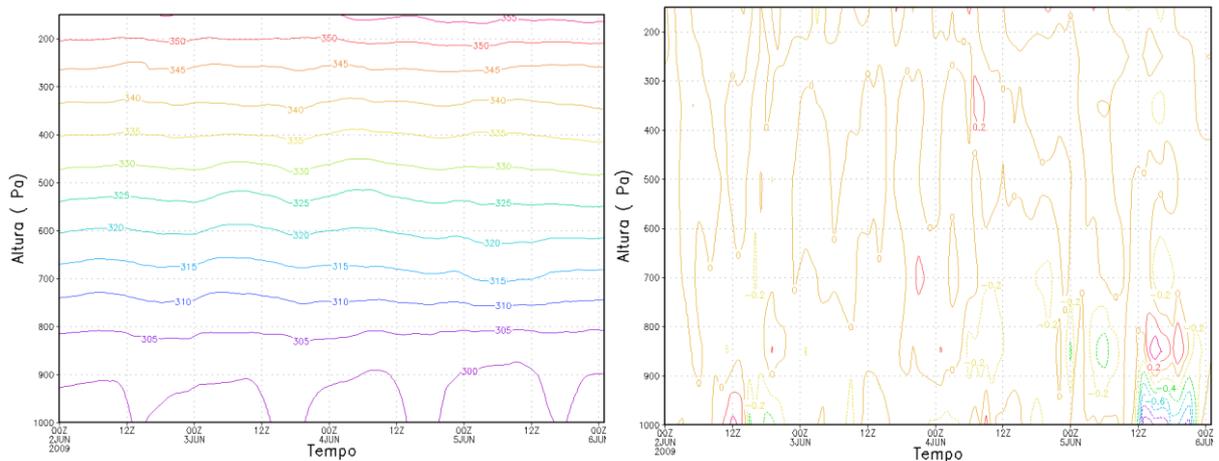


FONTE: Autor, (2012).

No ano de 2009, a simulação controle (Figura 50-a), observou-se elevação da camada limite entre 00UTC e 12UTC, a atmosfera encontra-se estável, com amplitude de 50K. Na simulação modificada, observou-se elevação da camada limite somente nos dois primeiros dias de simulação, a atmosfera estável com amplitude de 50K, também. Em superfície se observou, elevação no início mais suave, neutralidade e no final da simulação, neutralidade durante o dia, estabilidade na subida de TP e, instabilidade na descida de TP.

Na diferença das simulações (Figura 50-b), quase não há diferenciação entre as simulações, foi mais observado discrepâncias no final do período de simulação, entre 12UTC de 05 de junho e 00UTC de 06 de junho, para ambas as simulações.

Figura 50: Perfil médio da Temperatura Potencial do Bioma Savana Estépica I (Caatinga I), para o Estado de Alagoas (G2) - Simulação controle (Modis) (a) e Diferença entre os Perfis Médios de Temperatura Potencial (b), para o período de 02 a 06 de junho de 2009.



FONTE: Autor, (2012).

Após realizar a análise de todos os perfis de Temperatura Potencial, verificou-se que dentre as principais características encontra-se o comportamento dos perfis próximos a superfície, portanto os mesmos serão discutidos a seguir.

No perfil Floresta Ombrófila Aberta de 2008, podemos verificar subida de T mais suave, por volta das 00UTC e descida de T bastante brusca, por volta de 13UTC e 15UTC, mostrando estabilidade noturna da atmosfera e durante o dia certa instabilidade. Isto pode ser justificado pois por se tratar de uma região de floresta há mais umidade no ar durante o dia, aumentando a instabilidade e assim poder provocar redução de temperatura.

Já em 2009, percebe-se atmosfera mais estável, pois o comportamento da isolinha de 300K se comporta de forma mais suave, indicando como já foi discutido na razão de mistura e nos fluxos de calor latente e sensível, que a atmosfera encontra-se mais seca, que no ano anterior.

No perfil de pastagem arbustiva, no ano de 2008, encontramos atmosfera bastante estável e úmida até o último dia, quando se observou um alargamento na isolinha de 300K, indicando que a atmosfera sofreu perda de umidade e aumento de temperatura aumentando a espessura da camada e consequentemente sua estabilidade. Este comportamento é esperado pois se trata de vegetação de pequeno a médio porte, com áreas esparsas, diminuindo o efeito da vegetação nesta variável.

Em 2009, o perfil se diferenciou do ano anterior, iniciando mais frio, com 295K, observamos a subida de T por volta das 15UTC e descida por volta das 12UTC, apresentando neutralidade na atmosfera, pois quase não se verifica alterações bruscas.

Para o perfil de Floresta Estacional Semidecidual, em 2008, é apresentado subidas rápidas de T por volta das 18UTC e descidas bruscas próximas às 12UTC, apresentando atmosfera estável durante à noite e menos estável durante o dia, pois pelo perfil o mesmo sugere que há umidade na atmosfera e temperaturas altas durante o dia, com foi discutido nas variáveis de fluxo de calor sensível e latente e razão de mistura. Por este bioma apresentar vegetação de médio e grande porte e se apresentar de forma mais agrupada, a vegetação exerce grande influência nas variáveis.

Já em 2009, percebemos maior estabilidade na atmosfera, pois o comportamento da isolinha 300K se mostra de maneira mais suave, indicando que houve, como observamos no ano anterior, aumento de temperatura em superfície e consequente diminuição de umidade.

No perfil Savana Estépica para 2008, observamos atmosfera extremamente estável,

com pouca variação de T, indicando que há pouca umidade na atmosfera, como se visualiza na variável precipitação.

Já em 2009, foi observada maior instabilidade, havendo portanto mais umidade na atmosfera, próximo à superfície, e no decorrer da simulação esta instabilidade diminui, provavelmente devido à redução de umidade disponível, como se observou no campo de razão de mistura e precipitação (estações INMET).

6.6 RADIAÇÃO DE ONDA LONGA

A Radiação de Onda Longa e Onda Curta incidente são as formas de radiação que incide sobre a superfície. São importante indicativo de nebulosidade, por este motivo são amplamente utilizadas na modelagem meteorológica.

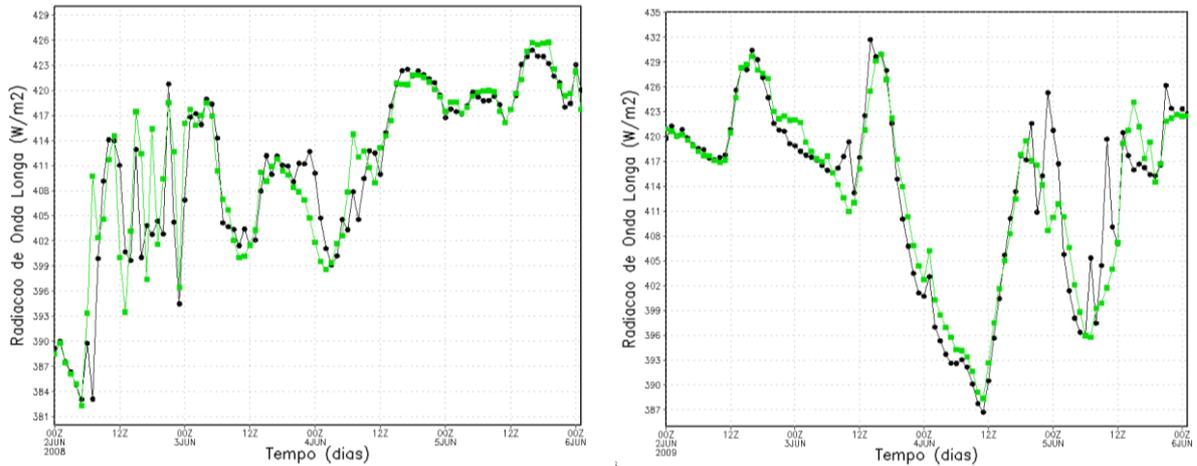
6.6.1 Pastagem Arbustiva

- Estado de Alagoas (G2)

No ano de 2008 (Figura 51-a), observou-se comportamento bem distinto entre as simulações, com mínimo em 382W/m^2 , em 02 de junho, e máximo em 05 de junho, com 426W/m^2 , com tendência de aumento. Os valores máximos são encontrados normalmente após às 12UTC e os mínimos pouco antes do mesmo horário. Na análise do gráfico, pôde-se observar que a simulação se inicia com pouca nebulosidade, sendo que em seguida sua presença já é despercebida, e a partir daí, com exceção de 03 de junho, observa-se céu limpo até o final da simulação, como foi discutido nas variáveis de fluxo de calor sensível e latente.

Já em 2009 (Figura 51-b), observa-se uma tendência de diminuição dos níveis de energia de onda longa, com máximo de 432W/m^2 , em 03 de junho, e mínimo em 04 de junho, com 387W/m^2 . Também é observada grande diferença entre as simulações. Analisando-se o gráfico identificou-se nebulosidade no meio da simulação, ocorrida no período noturno, e voltando a ocorrer aproximadamente 24horas depois, como foi melhor visualizado na simulação modificada do fluxo de calor sensível, já no de calor latente apresenta uma diminuição que foi atribuída à ausência de precipitação, o que pode ter ocorrido, porém isso não se confirma nesta variável, pois indica nebulosidade, porém pode ser atribuído à nuvem do tipo stratus.

Figura 51 - Ciclo Médio Radiação de Onda Longa para o Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).



FONTE: Autor, (2012).

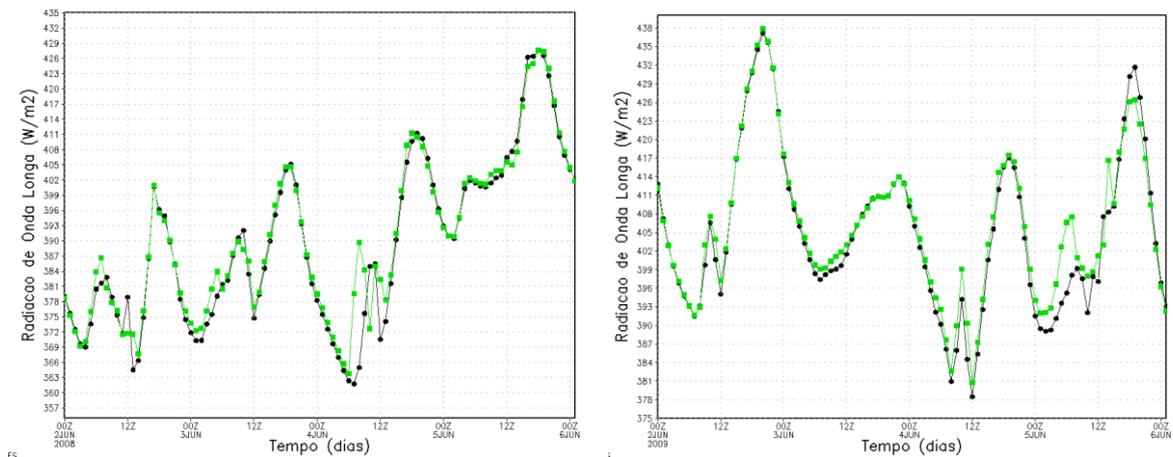
6.6.2 Savana Estépica I

- Nordeste Brasileiro (G1)

Em 2008 (Figura 52-a), as duas simulações se portaram de forma parecida, com apenas dois eventos apresentando diferença máxima de 28W/m^2 , em 04 de junho, (simulação modificada, com 380W/m^2 , e controle, com 362W/m^2), com 25W/m^2 (simulação modificada 390W/m^2 e controle 365W/m^2). O comportamento apresenta tendência decrescente, com máximos diários entre 18UTC e 19UTC, e mínimos próximos às primeiras horas do dia. Ocorrem nos dia 04 e 05 de junho os picos mínimos da simulação, ambos no início do dia. Na análise do gráfico verificamos a formação de nebulosidade em 04 de junho, como foi observado na variável de razão de mistura a umidade aumentou, confirmando então que houve precipitação.

No ano de 2009 (Figura 52-b), as simulações também se mostram similares, variando entre 378W/m^2 , em 04 de junho, e 438W/m^2 , em 02 de junho, apresenta-se com desenvolvimento decrescente. A maior disparidade entre as simulações foi em 05 de junho, com 12W/m^2 (modificada com 407W/m^2 , e controle com 395W/m^2). Na análise podemos observar também que houve nebulosidade, porém pela forma com que se apresenta, sugere que pode ter ocorrido somente a passagem de nuvens.

Figura 52 - Ciclo Médio Radiação de Onda Longa para o Bioma Savana Estépica para o NEB (G1), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).



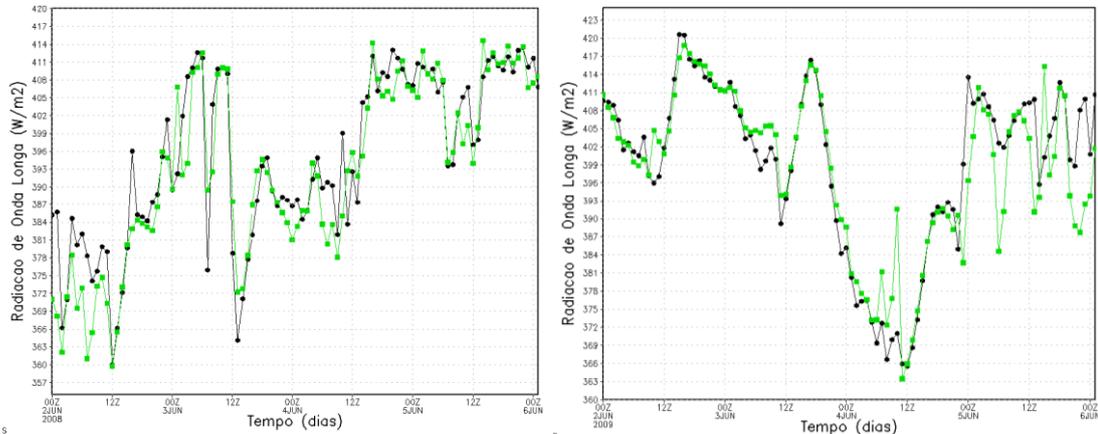
FONTE: Autor, (2012).

- Estado de Alagoas (G2)

Para o Estado de Alagoas em 2008 (Figura 53-a), o Fluxo de Radiação de Onda Longa, encontra-se bem diferenciado entre as simulações, percebe-se que o comportamento da curva é o mesmo, porém os valores se diferem em praticamente todo o período de simulação. As duas simulações apresentam tendência crescente, a simulação controle apresentou valor máximo de 413W/m², em 03 de junho, e mínimo de 360W/m² em 02 de junho. As simulações exibiram diferenças médias de 10W/m² a 12W/m², em vários pontos. Na análise observou-se que houve pouca nebulosidade, pois apesar do índice ter diminuído, não diminuiu o suficiente para acusar forte nebulosidade, como nuvem convectiva, pois para que isto ocorra o fluxo deve cair até pela metade, e não foi o que ocorreu.

No ano de 2009 (Figura 53-b), as diferenças entre simulações foram maiores, como em 04 de junho, de 22W/m² (simulação controle 370W/m², e modificada 392W/m²). Enquanto que, a simulação modificada, apresenta certa estabilidade. Apesar destas diferenças o máximo e o mínimo são compartilhados entre as simulações, apresentando 418W/m² (modificada) e 420W/m² (controle), em 02 de junho. Analisando o gráfico podemos concluir que ocorreu o mesmo que em 2008, houve nebulosidade porém muito pequena, ou somente sua passagem, pois o índice não diminuiu o suficiente.

Figura 53: Ciclo Médio Radiação de Onda Longa para o Bioma Savana Estépica I para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).



FONTE: Autor, (2012).

6.7 RADIAÇÃO DE ONDA CURTA

Os gráficos da variável Fluxo de Onda Curta, não apresentou grande diferença de uma simulação para outra e também obtiveram comportamento típico, com os máximos durante o dia e mínimos à noite.

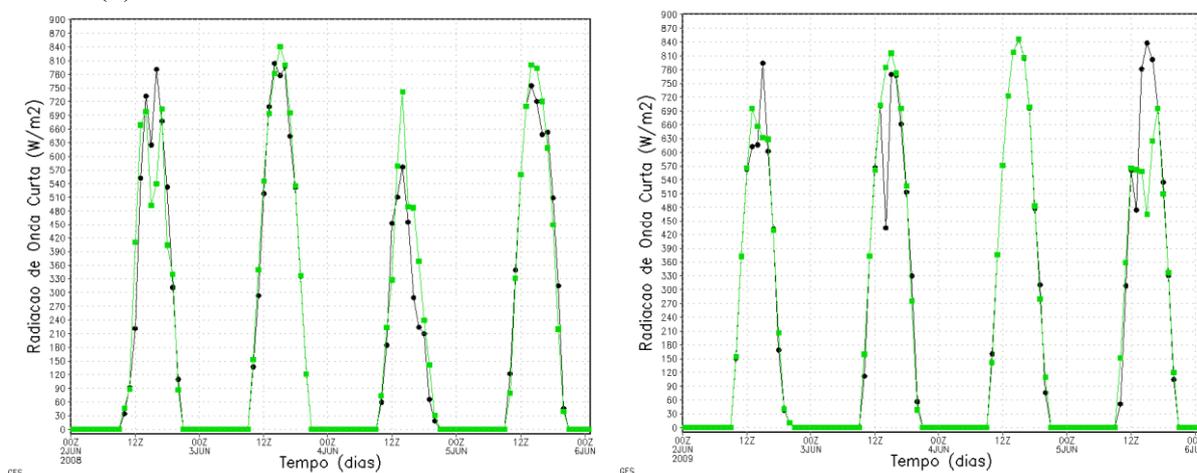
6.7.1 Pastagem Arbustiva

- Estado de Alagoas (G2)

Para o ano de 2008 (Figura 54-a), encontra-se bastante diferença entre as simulações, nove (9), com diferenças superiores a 100W/m^2 , nos dias 02 e 04 de junho, sempre após às 12UTC. O máximo foi de 780W/m^2 , em 02 de junho, para a simulação controle, e, de 840W/m^2 , em 03 de junho, para a modificada. Os máximos diários se dão sempre entre às 14UTC e 16UTC.

No ano de 2009 (Figura 54-b), as diferenças se intensificaram, foi observado cinco (5) casos, com diferenças superiores a 200W/m^2 . Os índices são mais elevados que os que ocorreram em 2008, também entre 12UTC e 18UTC. Com máximo de 840W/m^2 , para ambos os sensores em 04 de junho. E, máximos diários entre 12UTC e 15UTC.

Figura 54: Ciclo Médio Radiação de Onda Curta para o Bioma Pastagem Arbustiva para o Estado de Alagoas (G2), Círculos Fechados simulação controle (Modis) e quadrados fechados, simulação modificada (Vegetation)), para o período de 02 a 06 de junho de 2008 (a) e 2009 (b).



FONTE: Autor, (2012).

No perfil de Radiação de Onda Curta (ROC), não foi observada diminuição significativa para indicar precipitação convectiva, pois como ROC, possui baixo comprimento de onda e conseqüentemente alta frequência, este seria facilmente impedida por uma camada espessa de nuvem.

Isto indica em sua maioria que, houve nebulosidade, porém sem grande profundidade ótica.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de utilização do NDVI observado para auxiliar na melhoria do modelo BRAMS na previsão numérica do tempo, dividiu-se em várias etapas. Sendo que, para se inserir os dados observados, foi necessária a adaptação do mesmo, de decendial para mensal com utilização da ferramenta MAX e do filtro Majority e inserção no modelo fatiando o mesmo em blocos de 10° latitude x 10° longitude e geração de um arquivo descritor.

No que se refere à diferença das simulações, provavelmente pela simulação modificada utilizar os dados do índice de vegetação mais recente, e através dele o modelo considerar alterações até no perfil de umidade, e, assim conforme foi mostrado na variável precipitação refletir melhor não só a distribuição espacial como a variação quantitativa de precipitação, principalmente no Estado de Alagoas, este estudo provou que a utilização de índices de vegetação mais recentes para a previsão do tempo, auxiliam na melhoria dos resultados.

Aconselha-se que estudos futuros sejam realizados, como comparação entre os períodos de resposta de NDVI observado máximos e mínimos, bem como com anos de El Niño e La Niña, além de se utilizar diferentes sistemas sensores, para se analisar qual tem a melhor resposta.

8 CONCLUSÕES

De acordo com apresentado foi possível concluir que:

A utilização do índice de vegetação atualizado do sensor VEGETATION se mostrou eficiente para a área estudada;

A utilização da segunda grade reforçou ainda mais a importância de se utilizar dados observados recentes, afim de melhorar a previsão do tempo, pois como foi discutido no campo de precipitação, a simulação modificada obteve um melhor desempenho;

Para alguns biomas como Savana Estépica I e II, não foi notada tanta diferença entre as simulações nas variáveis, apontando que para determinadas regiões esta alteração não traria tanto benefício.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M. L. Uso de modelos de circulação geral da atmosfera para simular o clima e a variabilidade climática. In: Neto, J.L.S.; Zavatini, J. A. (orgs.) **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000. p. 83-93.
- Andres, L.; W.A. Salas; D. Skole. Fourier analysis of multi -temporal AVHRR data applied to a land cover classification. **International Journal of Remote Sensing**, 15, pp.1115-1121. 1994
- Antunes, M. A. H.; Assad, E. D.; Batista, G. T. Variação das Medidas Espectrais Tomadas com Espectrorradiômetro ao Longo do Ciclo de Crescimento de Soja (Glycine max (L.) Merrill). **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 7., 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: INPE, 1993. v.2p. 01-09.
- Azzali, S., And M. Menenti. Mapping vegetation -soil-climate complexes in southern Africa using temporal Fourieranalysis of NOAA -AVHRR NDVI data. **International Journal of Remote Sensing**, 21, pp.973 -996. 2000.
- Baret, F.; Guyot, G. Potentials and Limits of Vegetation Indices for LAI and APAR Assessment. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.3, p.161-173. 1991.
- Benoit, R., Desgagne, M., Pellerin, P., S., Chartier, Y. and Desjardins, S. The Canadian MC2: a semi-lagrangian, semi-implicit wideband atmospheric model suited for finescale process studies and simulation. **Monthly Weather Review**. 125, 2382-2415.1997
- Correia, M. F. Impacto das ações antrópicas no clima do submédio do rio São Francisco: um estudo numérico e observacional. 2001. 181p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2001.
- Cotton, W. R.; Pielke, R. A.; Walko, R. L.; Liston, G. E.; Tremback, C. J.; Jiang, H.; MCAnelly, R. L.; Harrington, J. Y.; Nicholls, M. E.; Carrio, G. G.; MCFadden, J. P. Rams 2001: Current status and future directions. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 82, p. 5-29, 2003.
- Eastman, J.R.; M. Fulk, Long sequence time series evaluation using standardized principal components. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 59, pp.1307-1312.1993.
- Fazenda, A. L., Demerval S. M., Enari E. H., Panett J., Rodrigues L. F. **First Time User's Guide** (BRAMS Version 3.2). CPTEC, 2006,. ver.2, p.4-5.
- Fisch, G.; Lean, J.; Wright, I. R.; Nobre, C. A. Simulações climáticas do efeito do desmatamento na região amazônica: estudo de um caso em Rondônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 12, n. 1, p. 33-48, 1997.

- Fonseca, E. L. da. Caracterização Espectral e Índices de Vegetação em *Paspalum notatum* Flüggé var. *Notatum* com vistas à Modelagem de Crescimento. 2000. 60 f. Dissertação (Mestrado - Agrometeorologia) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2000.
- Freitas, S. R. Modelagem numérica do transporte e das emissões de gases traços e aerossóis de queimadas no cerrado e floresta tropical da América do Sul. 1999. 204p. Tese (Doutorado em Física Aplicada) – **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 1999.
- Freitas, S. R., *et al.*: The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 1: Model description and evaluation. **Atmospheric. Chemistry. Physics. Discussions.**, 7. 8525-8569, 2007.
- Freitas, S. R.; Longo, K.; Dias, M. A. S.; Dias, P. S.; Chatfield, R.; Prins, E.; Artaxo, P.; Grell, G.; Recuero, F. Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America. **Environmental Fluid Mechanics**, v.5, p.135-167, 2005.
- Gandu, A. W.; Cohen, J. C. P. Impacto do desmatamento na região leste da Amazônia: simulações climáticas com o modelo RAMS para o período menos chuvoso. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu, 2002. p. 1265-1272. CD-ROM.
- Gevaerd, R. e Freitas, S. R.: Estimativa operacional da umidade do solo para inicialização de modelos de previsão numérica da atmosfera. Parte I: Descrição da metodologia e validação, **Revista Brasileira de Meteorologia**, 21, 3, 1-15, 2006.
- Goward, S. N.; Tucker, C.; Dye, D. G. North American vegetation patterns observed with the nimbus-7 advanced very highresolution radiometer. **Vegetation**, v.64, p.3-14, 1985.
- Grell, G. A., Devenyi, D. A new approach to parameterizing convection using ensemble and data assimilation techniques. **Geophysical Research Letters**. v. 29, 1693, 2002.
- Grell, G.A., Dudhia, J. and Stauffer, D. R. A description of the fifth generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5). **NCAR Technical Note NCAR/TN – 398 + STR**, 1994, 138 pp.
- Holben, B.N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p. 1417-1434, 1986.
- Jakubauskas, M.E.; D.R. Legates; J.H. Kastens. Harmonic analysis of time -series AVHRR NDVI data. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 67 (4), pp.461-470. 2001.
- Kaufman, Y. J.; Holben, B. N. Calibration of the AVHRR visible and near-IR bands by atmospheric scattering, ocean glint and desert reflection. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.14, n.1, p.21-52, 1993.

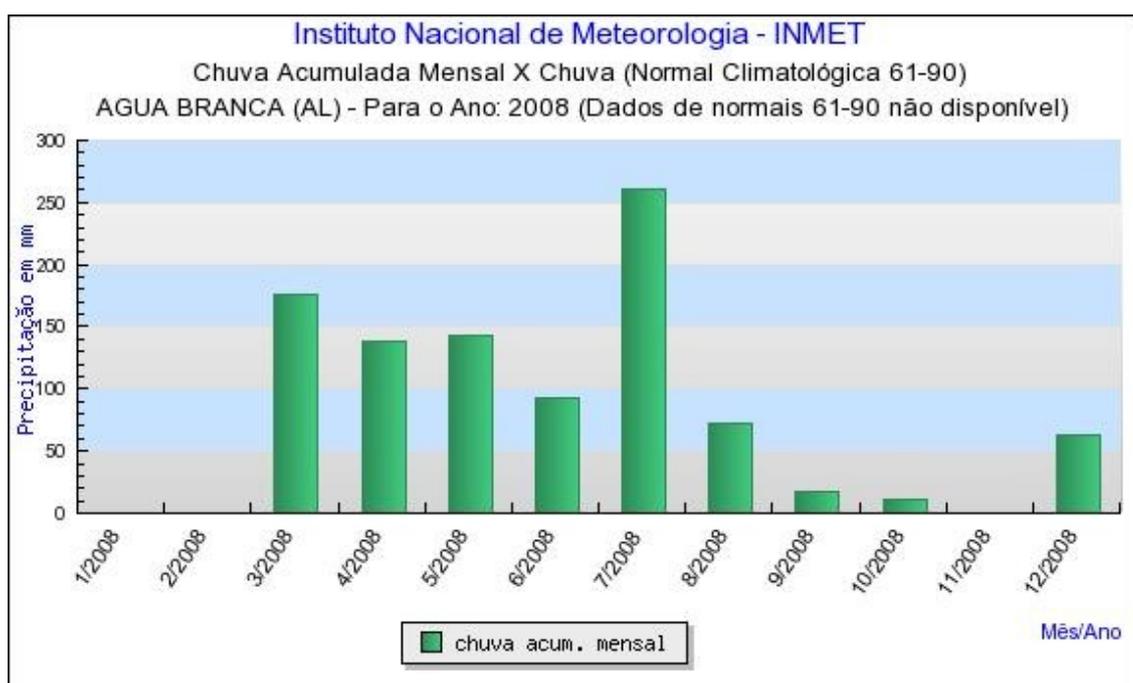
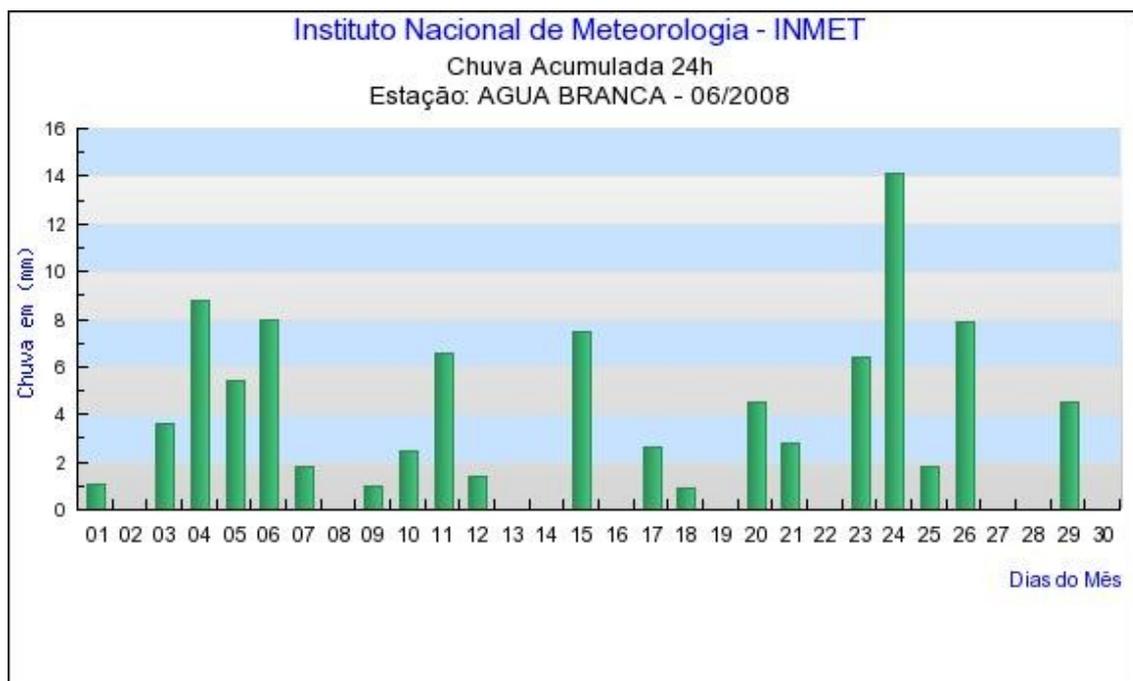
- Kuo, H. L. Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large-scale flow. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 31, p. 1232-1240, 1974.
- Kuo, H. L. On formation and intensification of tropical cyclones through latent heat convection on large-scale flow. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 22, p. 40-63, 1965.
- Lucas, A.A; Schuler, C.A.B. Análise do NDVI/NOAA em cana-de-açúcar e Mata Atlântica no Litoral Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.6, p.607-614, 2007.
- Mello, M. L. D. **Efeito da Cobertura Vegetal em Fluxos de Superfície Utilizando o Modelo RAMS**. 2003. 103f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) -Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2003.
- Mellor, G., Yamada, T. Development of a turbulence closure model for use in geophysical fluid problems. **Reviews of Geophysics and Space Physics**, v. 20, p. 851-857, 1982.
- Mesinger, F. and A. Arakawa, 1976: Numerical methods used in atmospheric models. **GARP Publication Series No. 17**, v. I.
- Molinari, J. A general form of Kuo's cumulus parameterization. **Monthly Weather Review**, v. 113, p. 1411-1416, 1985.
- Molinari, J., Corsetti, T. Incorporation of cloud-scale and mesoscale downdrafts into a cumulus parameterization: Results of one-and three-dimensional integrations. **Monthly Weather Review**, v. 113, p. 485-501, 1985.
- Nagatani, I; Saito, G; Toritani, H; Sawada, H. Agricultural Map of Asian Region Using Time Series AVHRR NDVI Data. **Asian Conference of Remote Sensing (ACRS)**. 2002.
- Pielke, R. A., Cotton, W. R., Walko R. L., Tremback, C.J., Lyons, W.A.,Grasso L.D, Nicholls M. E., Moran M.D., Wesley D.A., Lee T.J.,E.Copeland J. H. A comprehensive meteorological modeling system-RAMS. **Meteorology and atmospheric physics**, v.49, 1992, p.69.
- Rouse, J. W.; Hass, R. H; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **Nasa Earths Symposium**. v. 3, 1973. p. 309-17.
- Santin, M. M. **Operacionalização do Modelo BRAMS Aplicado à Previsão do Tempo, Agricultura e Pesquisa**. 39p. Pelotas, 2006.

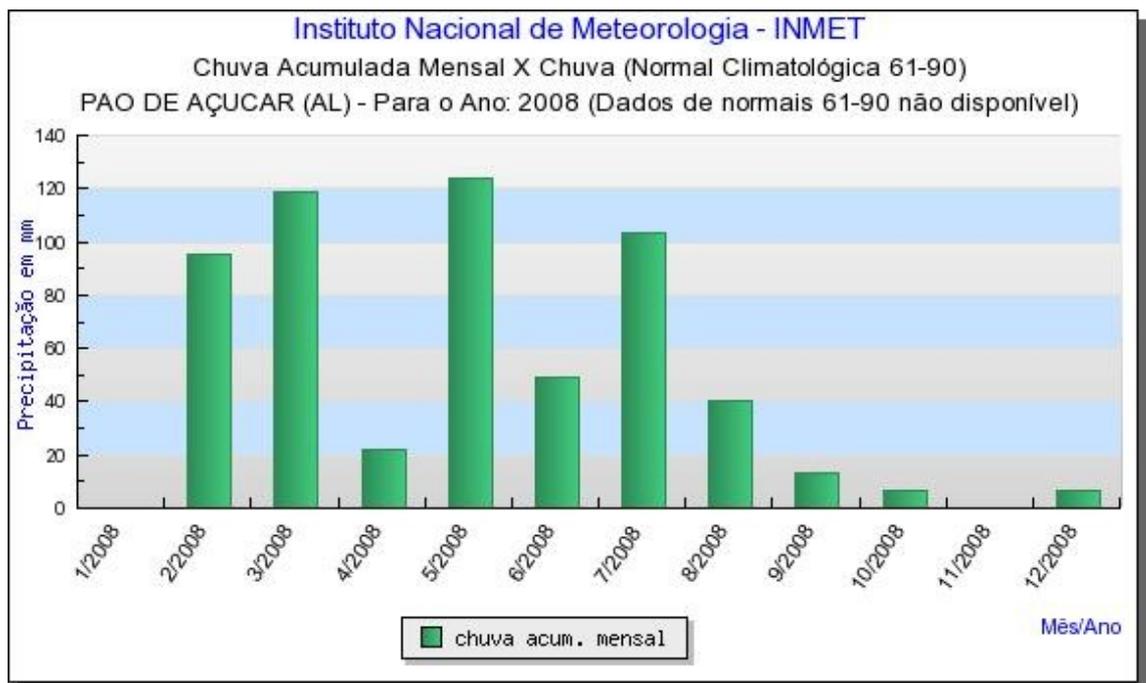
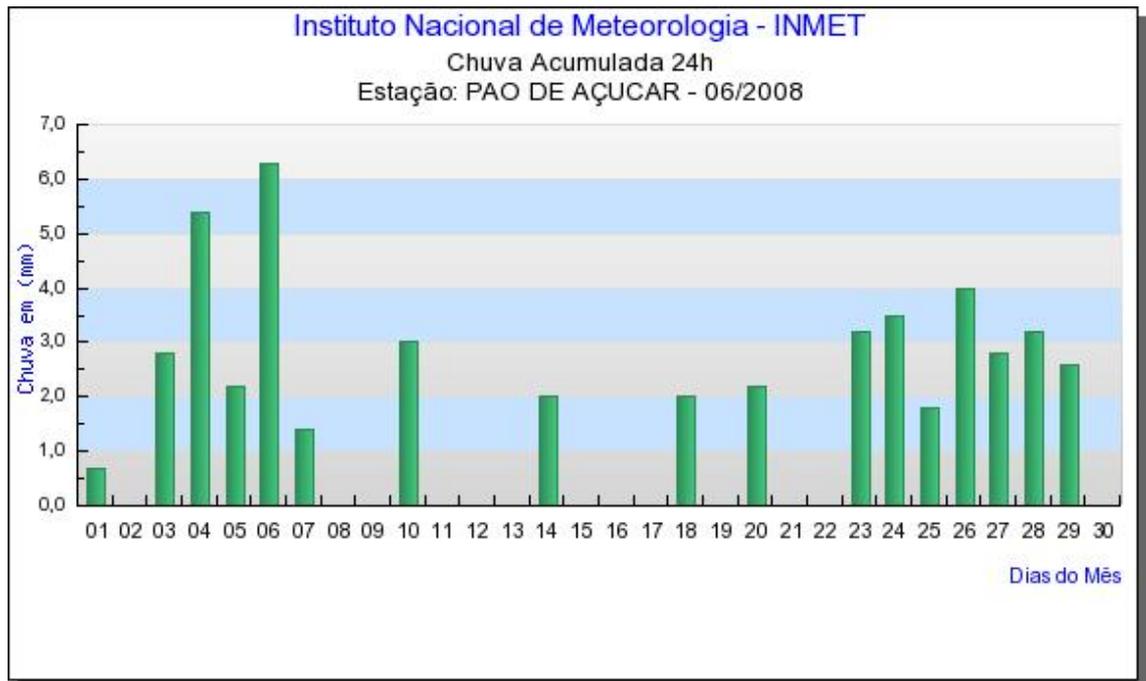
- Sestini, M. F., Alvalá, R. C. S., Mello, E. M. K. et al. **Elaboração de mapas de vegetação para utilização em modelos meteorológicos e hidrológicos**. São José dos Campos, 2002. INPE-8972- RPQ/730.
- Sestini, M. F., Alvalá, R. C. S., Mello, E. M. K. et al. **Elaboração de mapas de vegetação para utilização em modelos meteorológicos e hidrológicos**. São José dos Campos, 2002. INPE-8972- RPQ/730.
- Souza, E. P. Estudos teóricos e numéricos da relação entre convecção e superfície heterogêneas na região Amazônica. 121 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – **Universidade de São Paulo**, 1999.
- Souza, E. P., e Silva E. M., 2002. Impacto da implementação de uma parametrização de convecção rasa em um modelo de mesoescala. Descrição e testes de sensibilidade do esquema. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 18, n.1, 33-42.
- Stohlgren, T. J.; Chase, T. N.; Pielke, R. A.; Kittel, T. G. F.; Baron, J. S. Evidence that local land use practices influence regional climate, vegetation, and stream flow patterns in adjacent natural areas. **Global Change Biology**, v.4, n.5, p.495-504, June 1998.
- Tanré, D.; Holben, B. N.; Kaufman, J. Y. Atmospheric correction against algorithm for NOAA-AVHRR products: **Theory and application. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, New York, v.30, n.2, p.231-248, 1992.
- Tremback, C.J., Walko, R.L. **Implementing Very-High Resolution Capabilities into a Mesoscale Atmospheric Model: New Capabilities for the Regional Atmospheric Modeling System (RAMS), Mesoscale and CFD Modeling for Military Applications**, University of Minnesota, 2004.
- Tripoli, G. J., Cotton, W. R., 1982: The Colorado State University three-dimensional cloud mesoscale model, 1982: Part I: General theoretical framework and sensitivity experiments. **J. de Rech. Atmos.** 16, 185-220
- Tripoli, G. J.; Cotton, W. R. The Colorado State University three-dimensional cloud/mesoscale model. Part I: General theoretical framework and sensitivity experiments, **J. Rech. Atmos.**, v. 16, n. 3, p. 185-219. 1982.
- VGT4Africa, **User Manual** – First edition. 2006. Disponível em: <
http://www.vgt4africa.org/PublicDocuments/VGT4AFRICA_user_manual.pdf>.
Acesso em: 05 mar. 2011.
- Walko R.; Band L.; Baron J.; Kittel F.; Lammers R.; Lee T.; Ojima D.; Pielke R.; Taylor C.; Tague C.; Tremback C.; Vidale P. Coupled atmosphere -biophysichydrology models for environmental modeling. **J. Appl. Meteorol.**, v. 39, n. 6, p. 931- 944. 2000.
- Walko, R. L. et al. New Rams cloud microphysics parameterization. 1. The single-moment scheme. **Atmospheric Research**, v. 38 (14), p. 29-62, 1995.

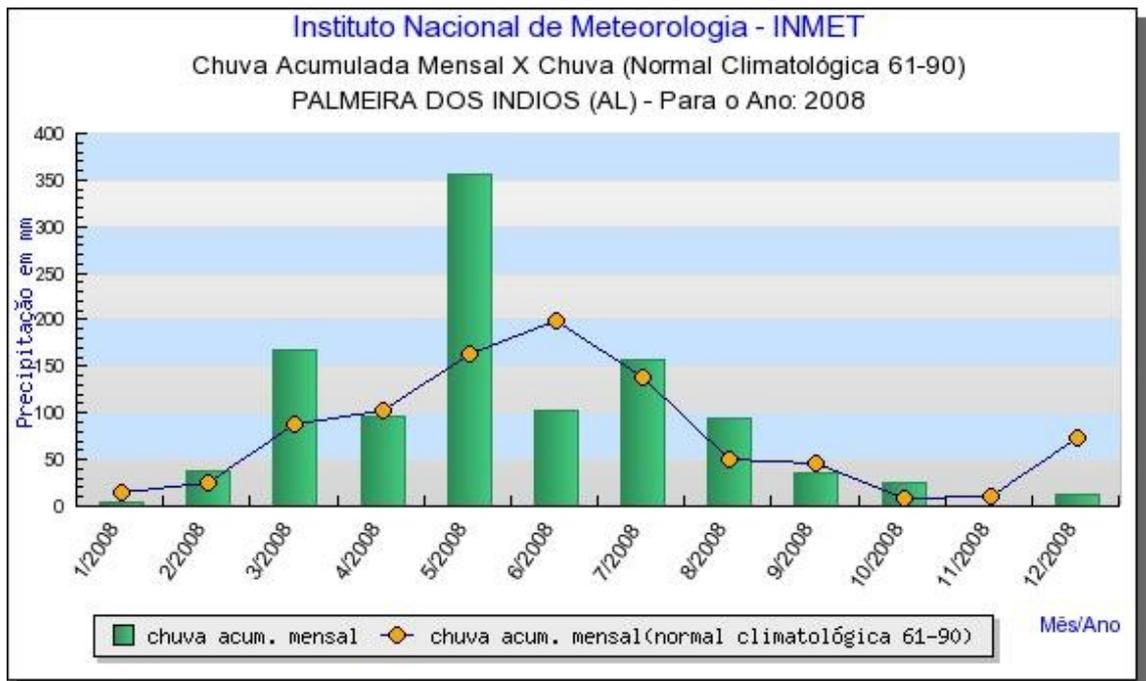
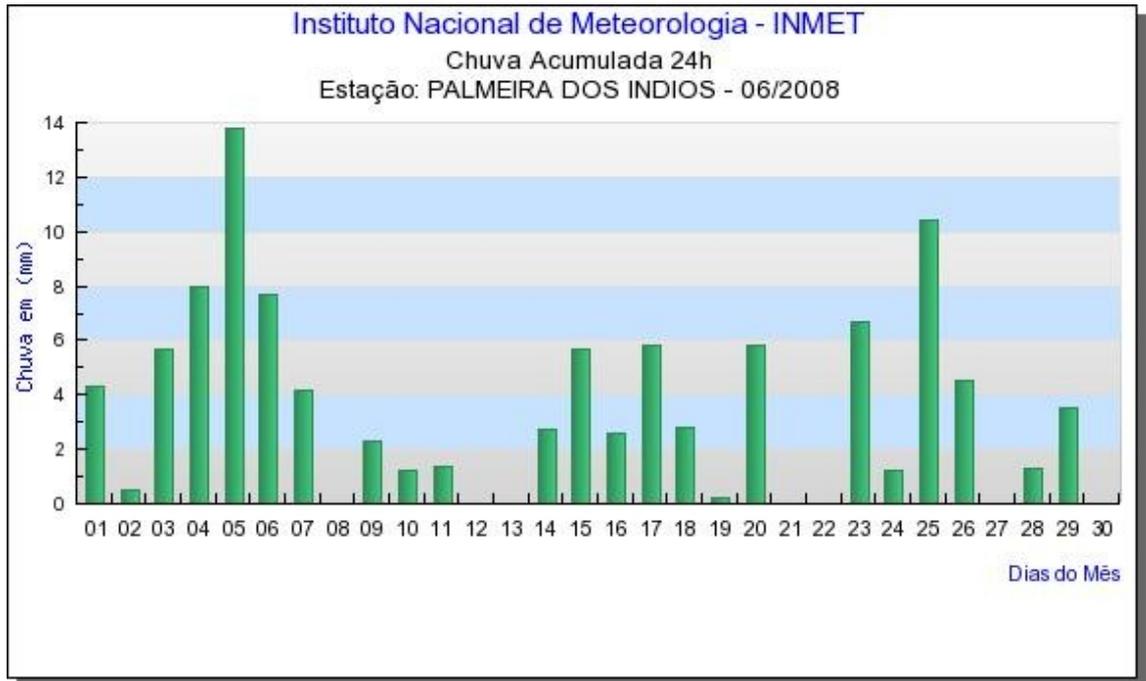
- Walko, R., Band, L., Baron, J., Kittel, F., Lammers, R., Lee, T., Ojima, D., Pielke, R., Taylor, C., Tague, C., Tremback, C., and Vidale, P.: Coupled atmosphere-biophysics-hydrology models for environmental modeling, **J. Appl. Meteorol.**, 39, 6, 931-944, 2000.
- Xue, M., Droegmeier, Wong, V.: The advanced regional prediction system (ARPS)- A multi-scale nonhydrostatic atmospheric simulation and prediction model. Part I: Model Dynamics and Verification. **Meteorology and Atmospheric Physics**, 2000. Vol. 75, 161-193.

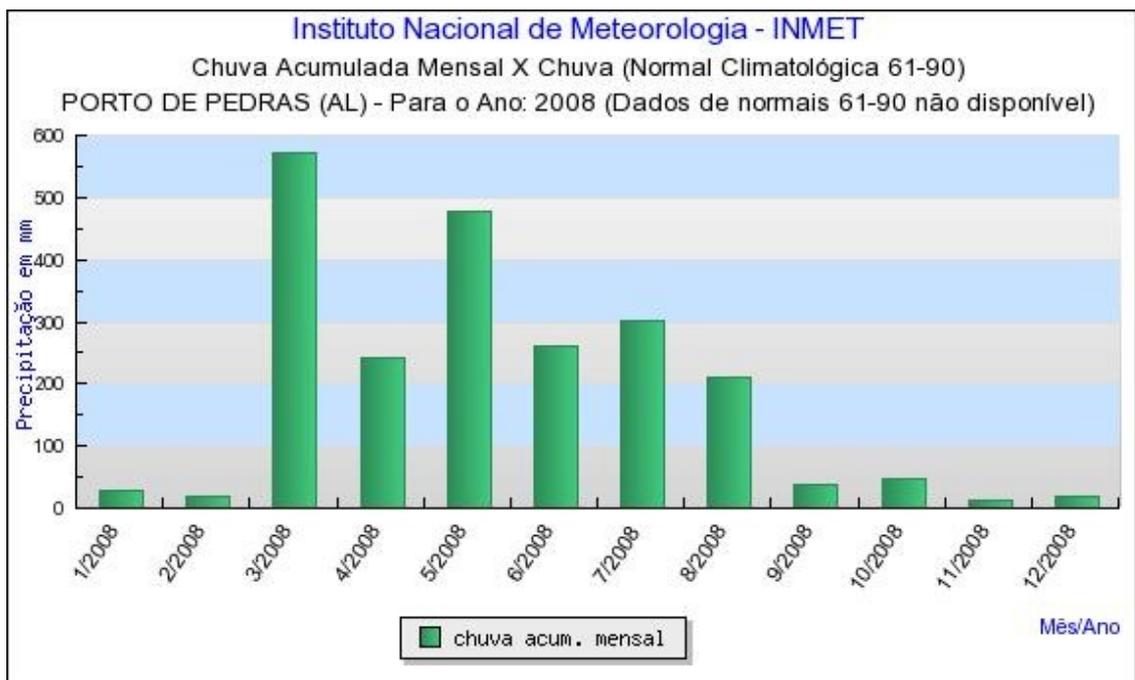
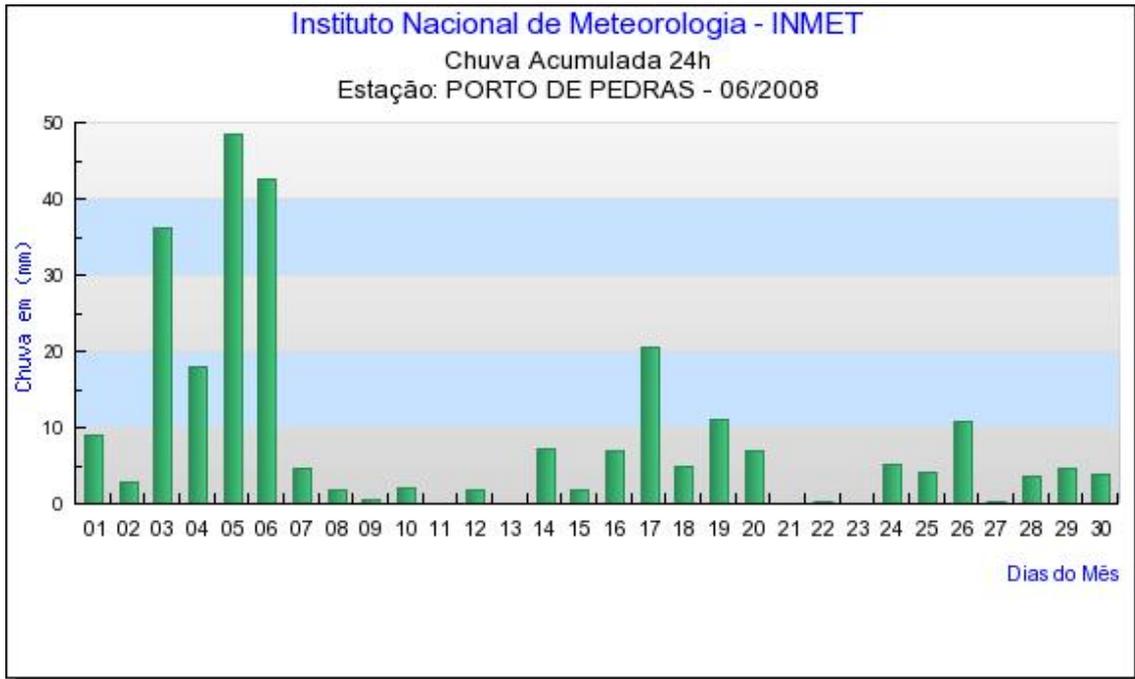
APÊNDICE 1

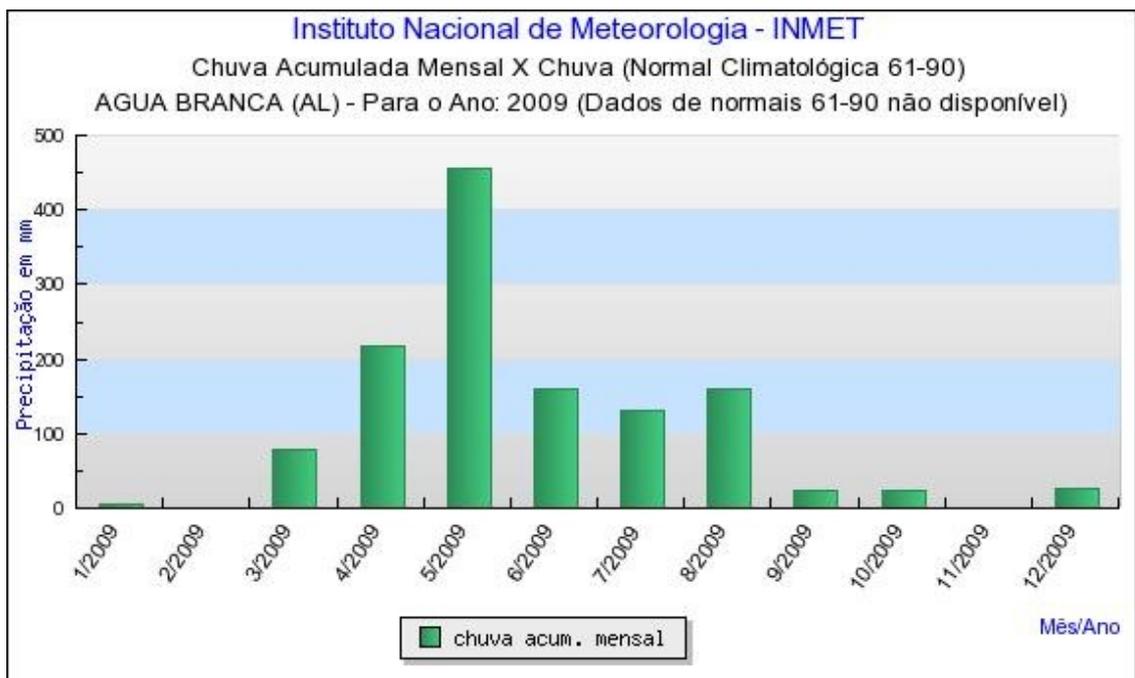
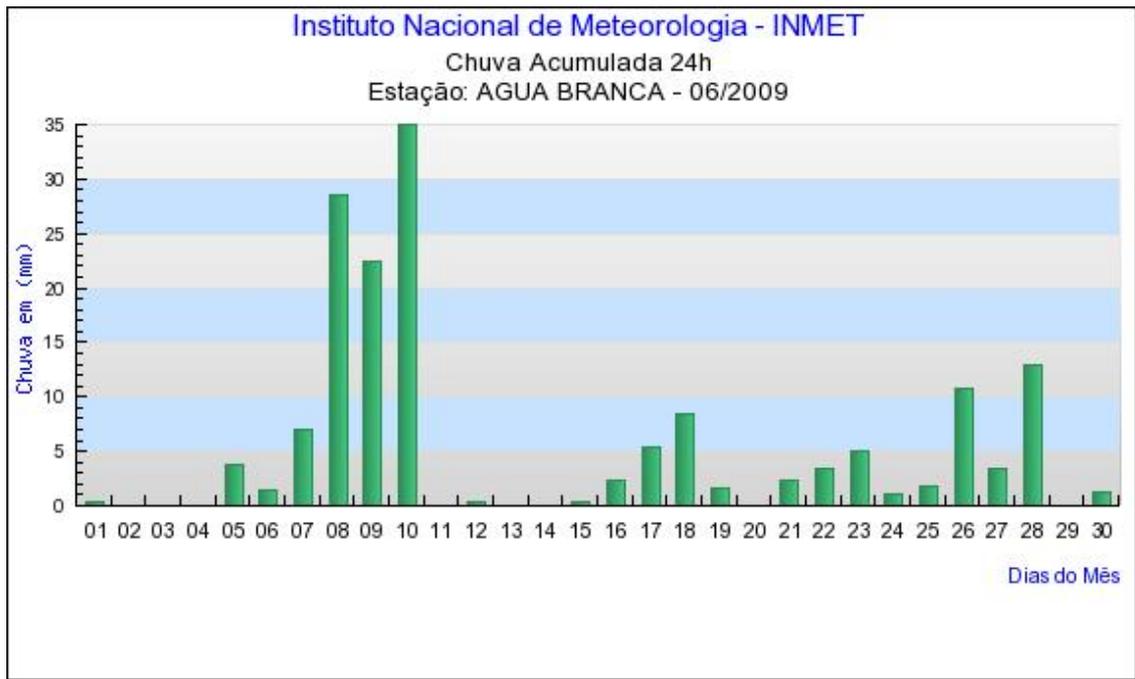
Dados pluviométricos diários e mensais das Estações Automáticas INMET para os municípios de Água Branca, Pão de Açúcar, Palmeira dos Índios, Porto de Pedras e Maceió, para os anos de 2008 e 2009

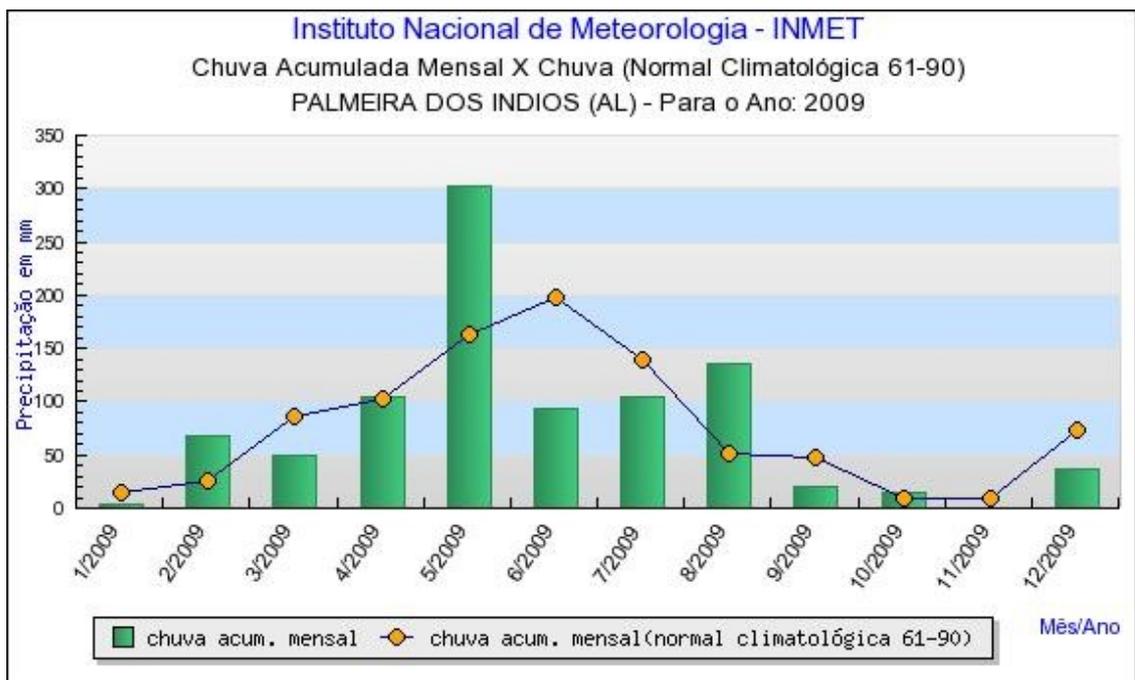
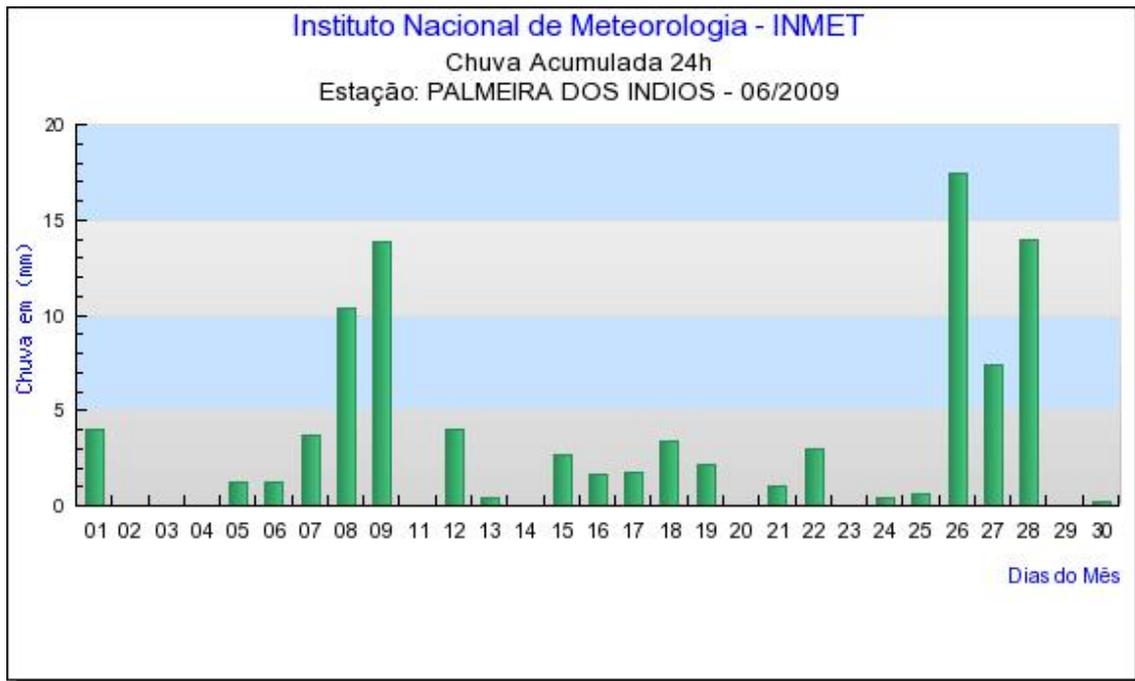


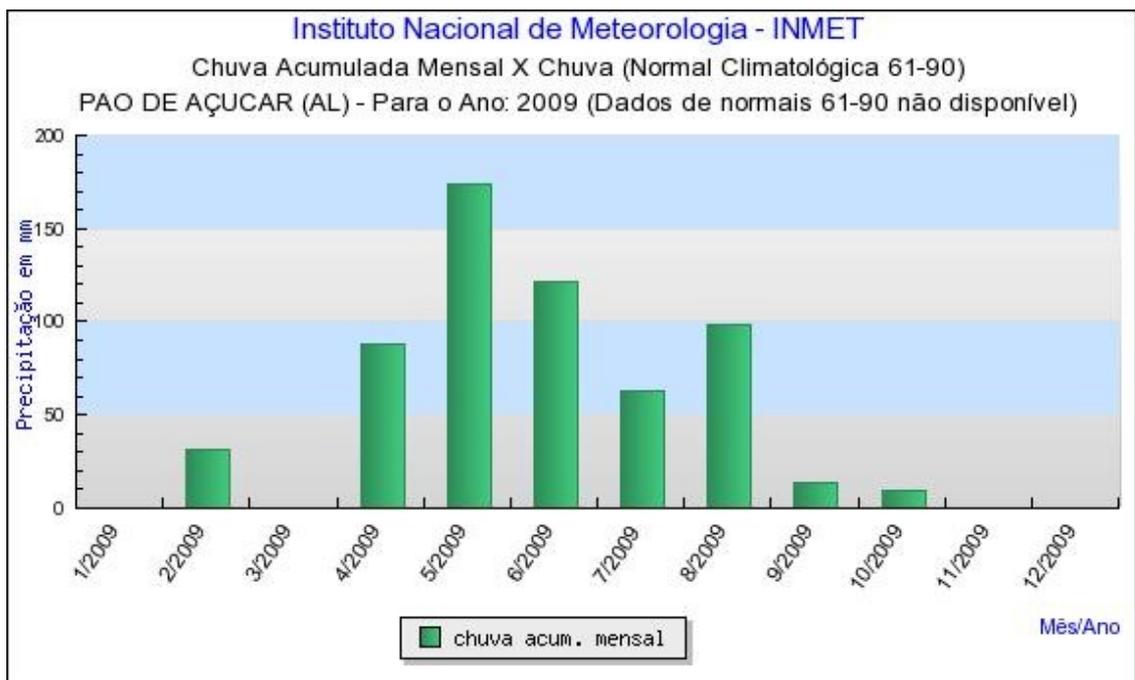
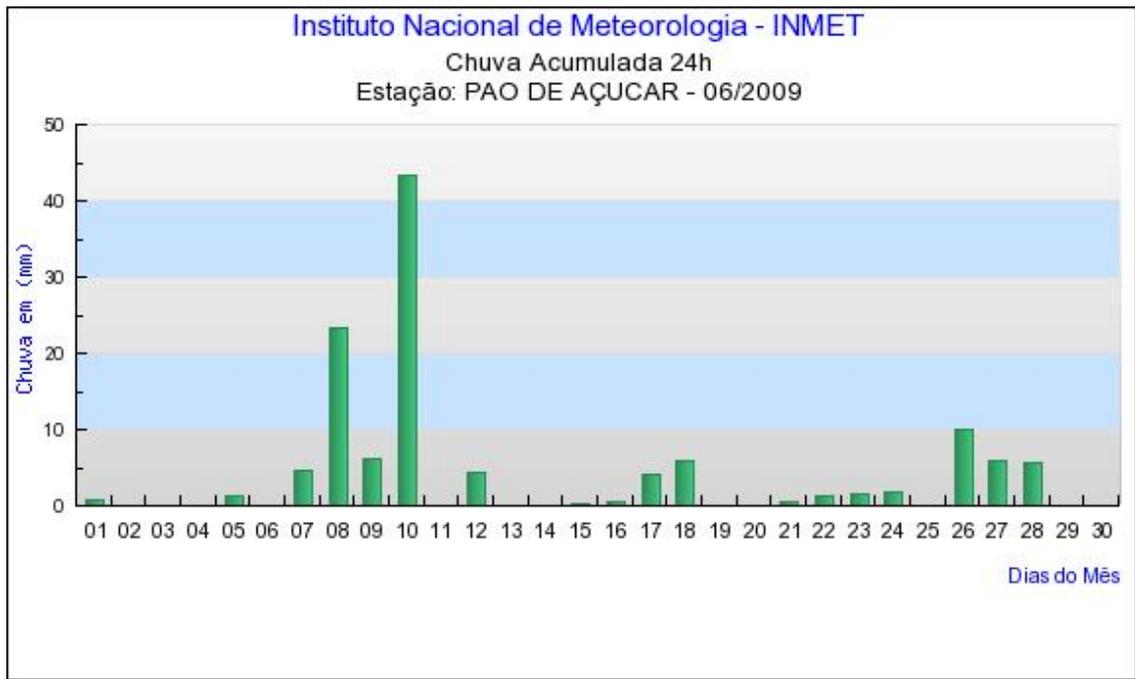


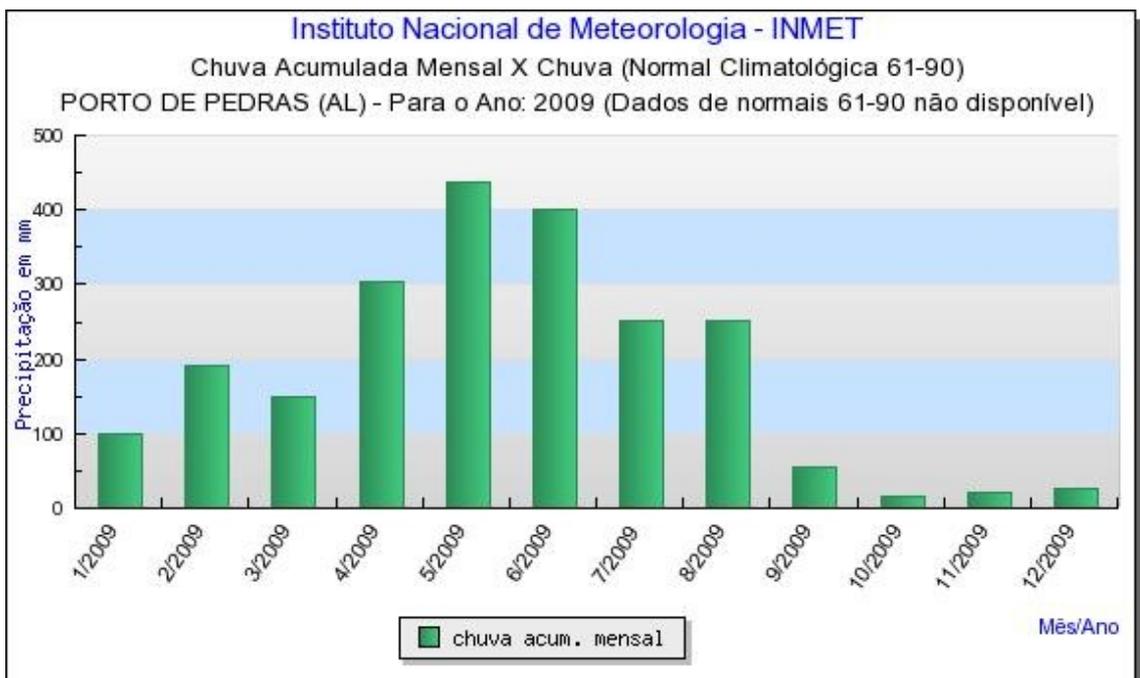
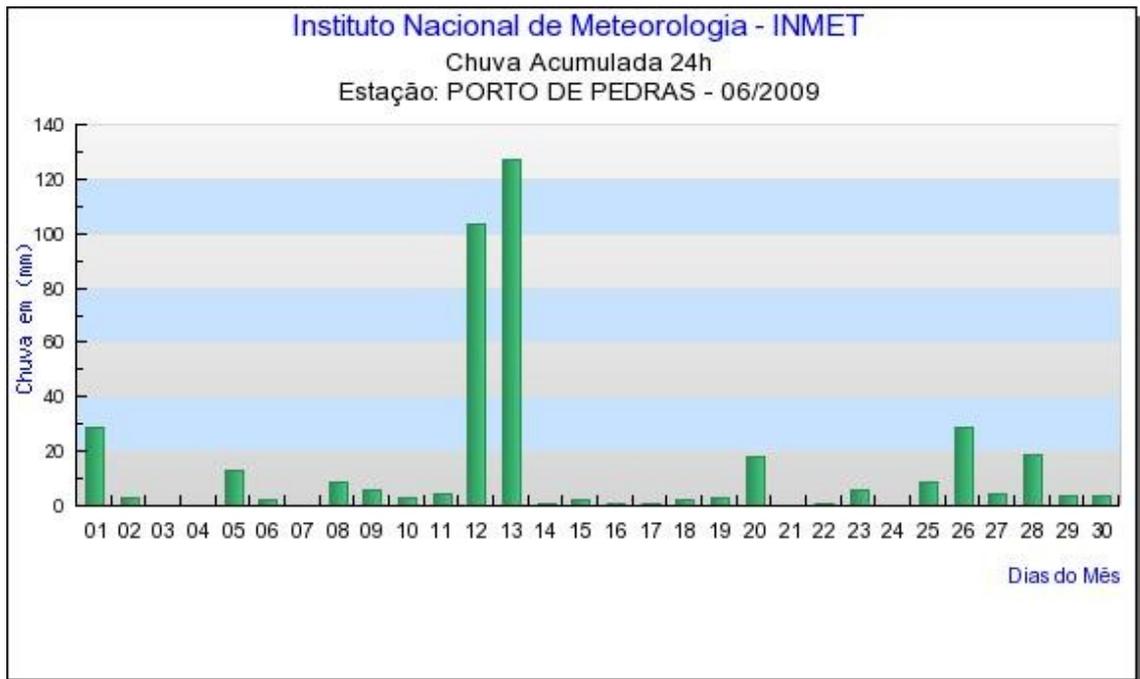


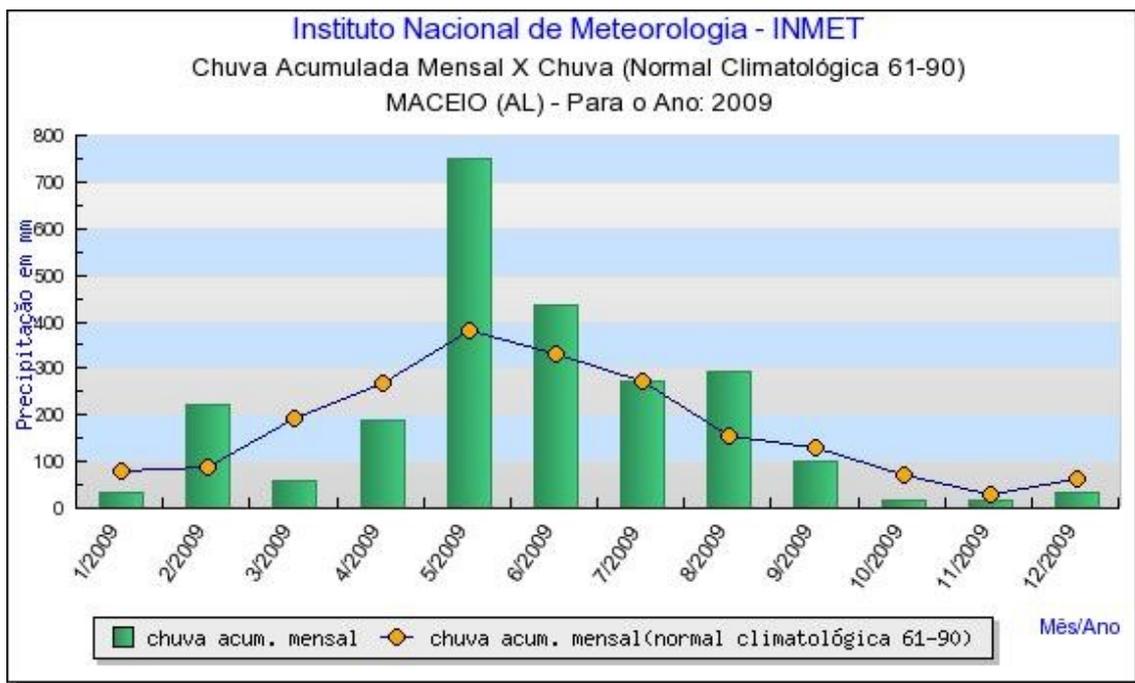
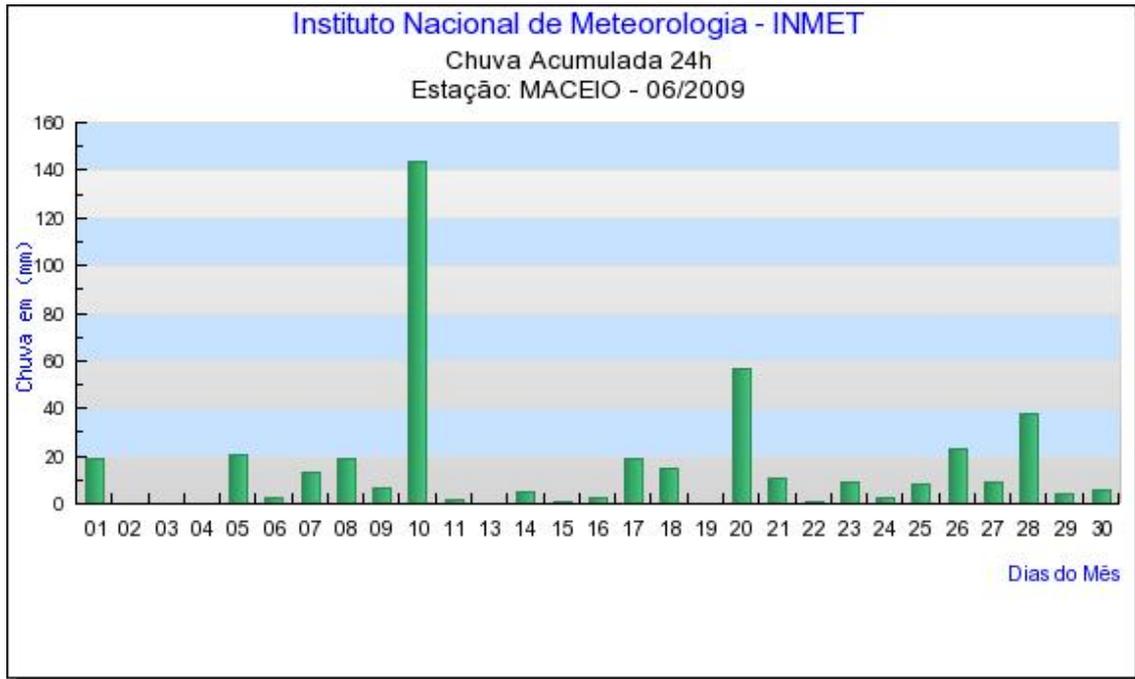












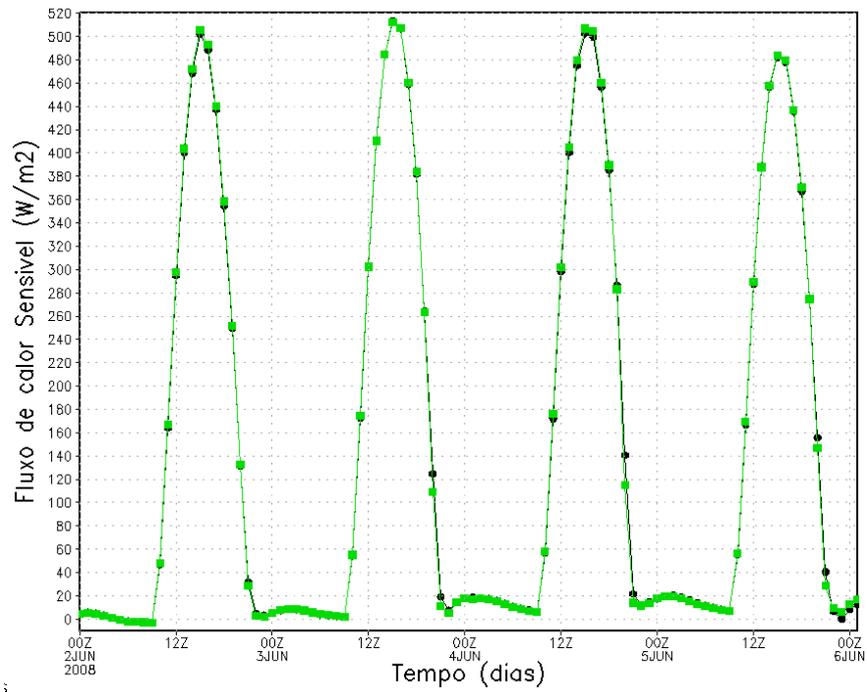
APÊNDICE 2

Gráficos dos Biomas e das grades restantes em todas as variáveis, para o ano de 2008

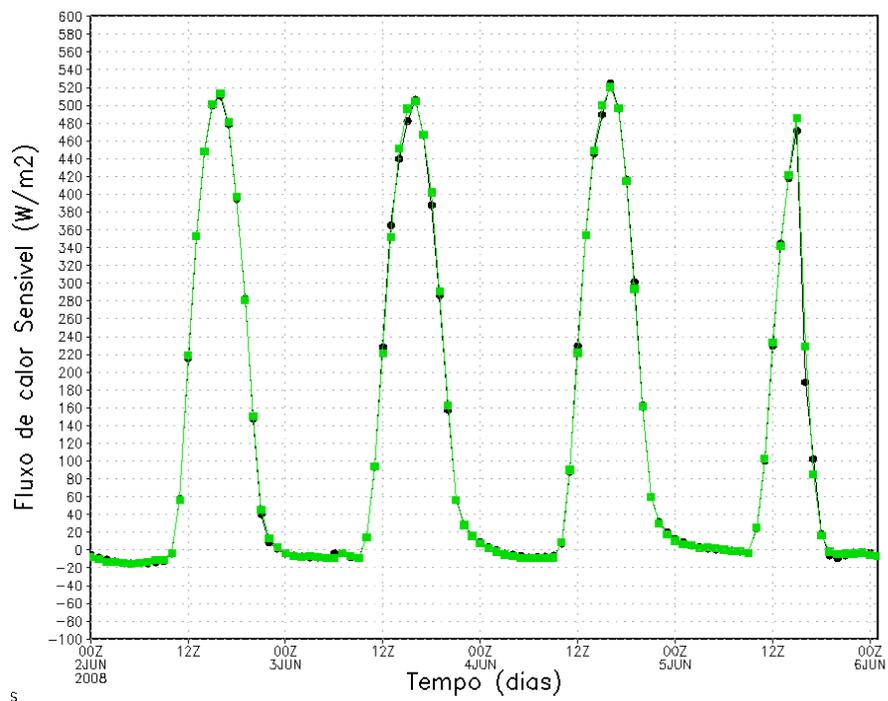
Fluxo de Calor Sensível

Floresta Estacional Semidecidual

Grade I

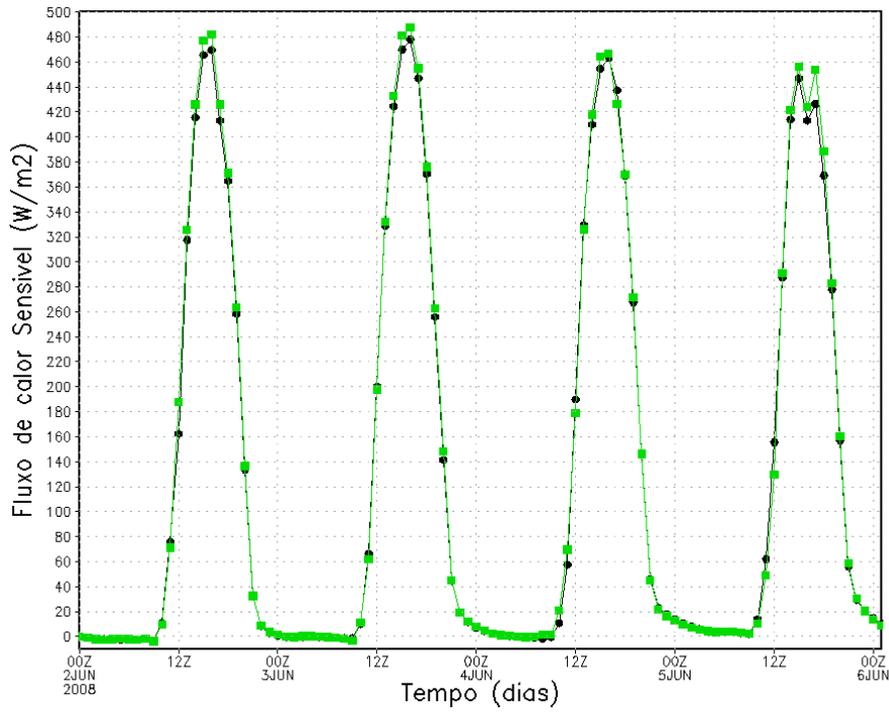


Grade II

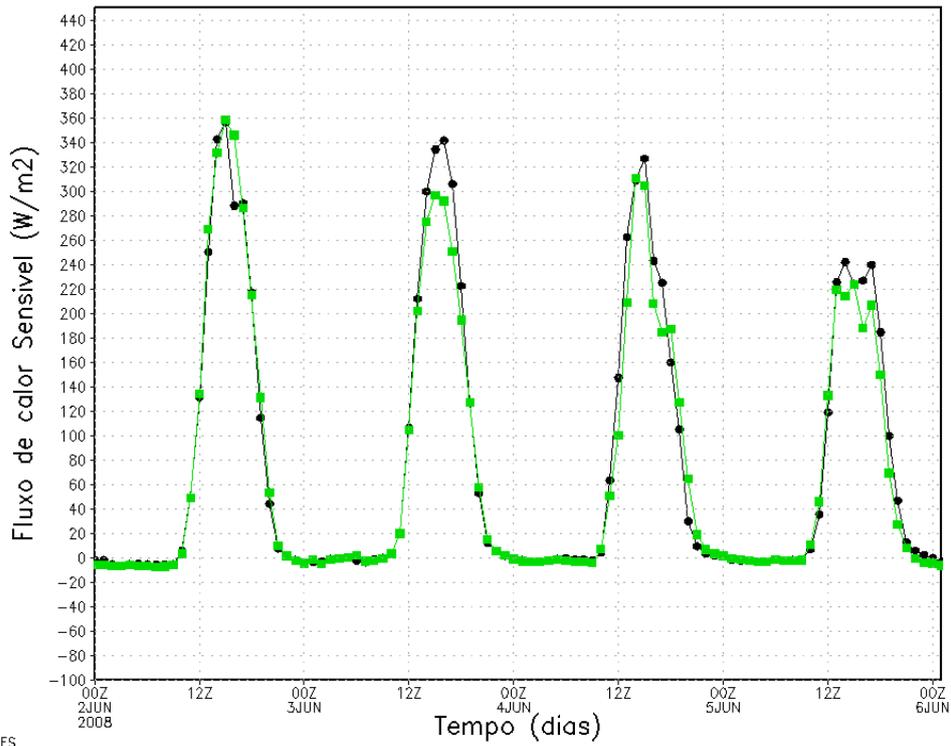


Savana Estépica I

Grade I



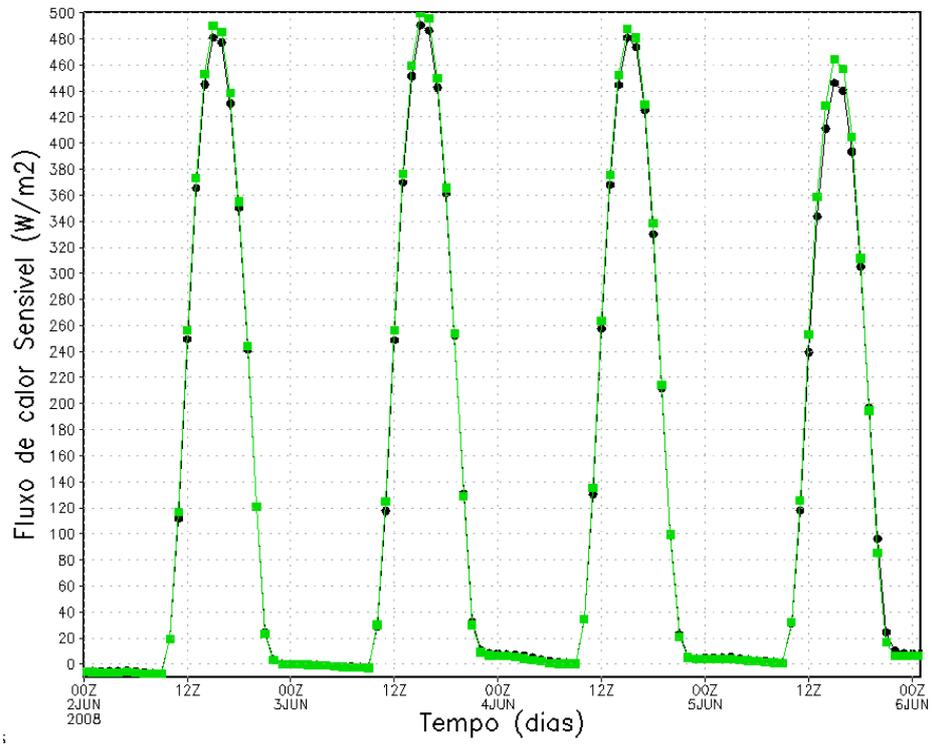
Grade II



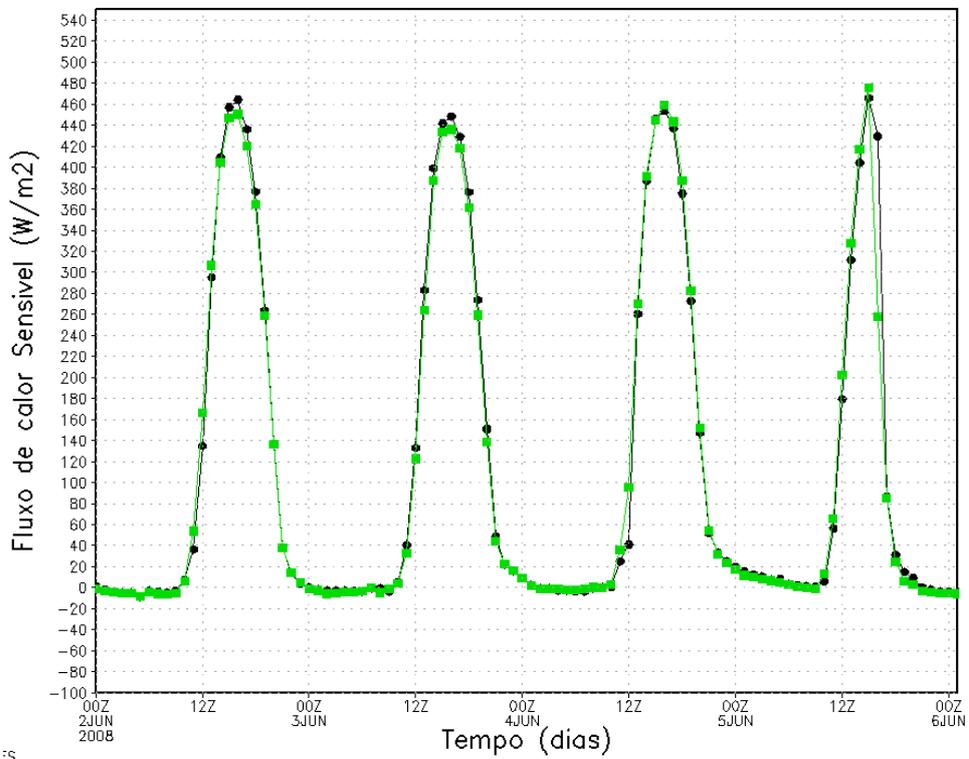
ES

Savana Estépica II

Grade I

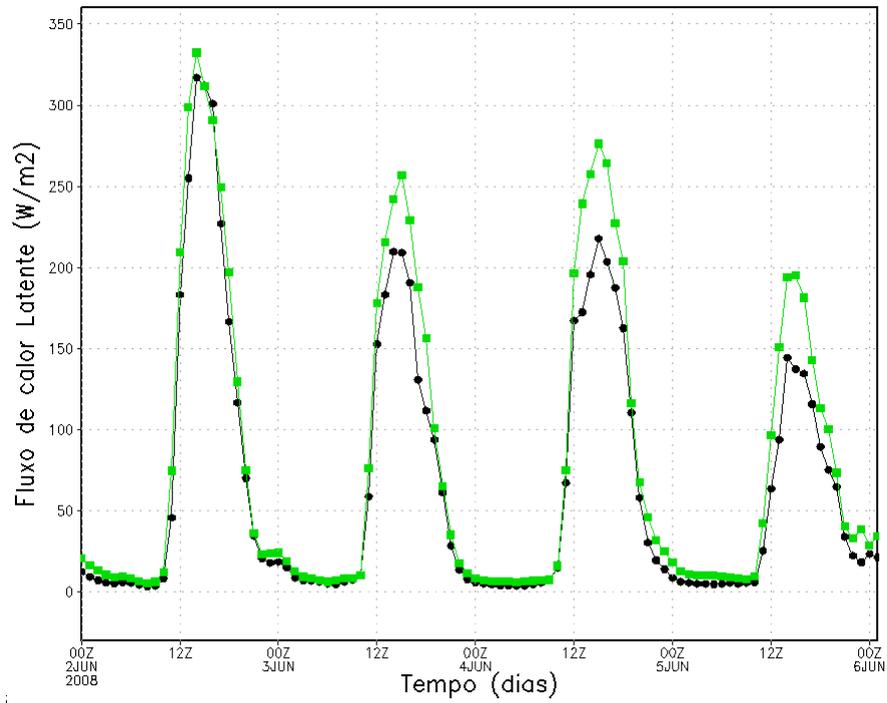


Grade II



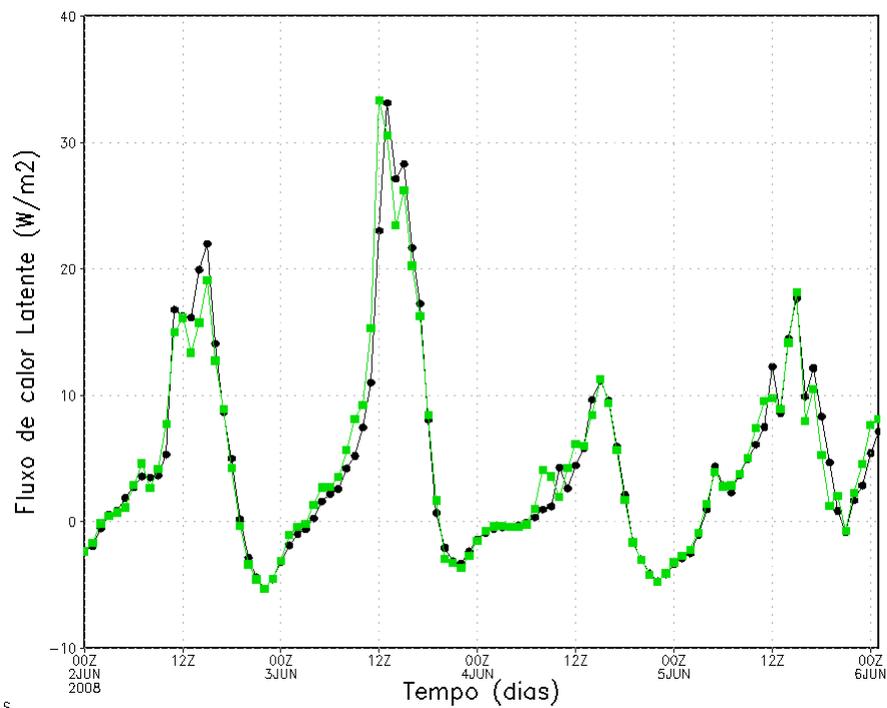
Fluxo de Calor Latente

Floresta Ombrófila Aberta

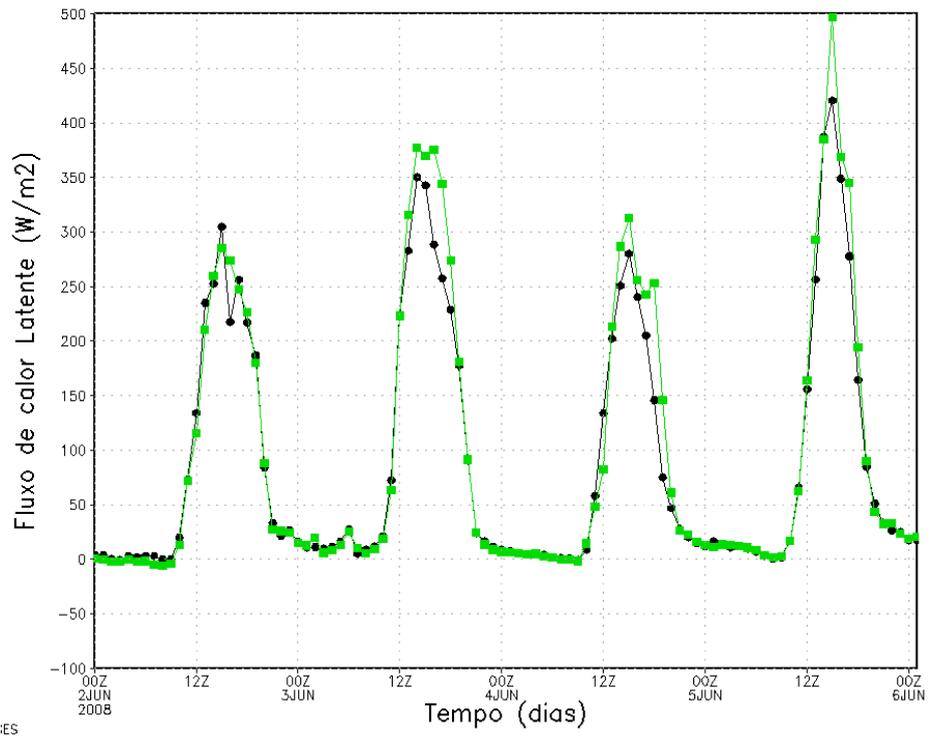


Savana Estépica I

Grade I

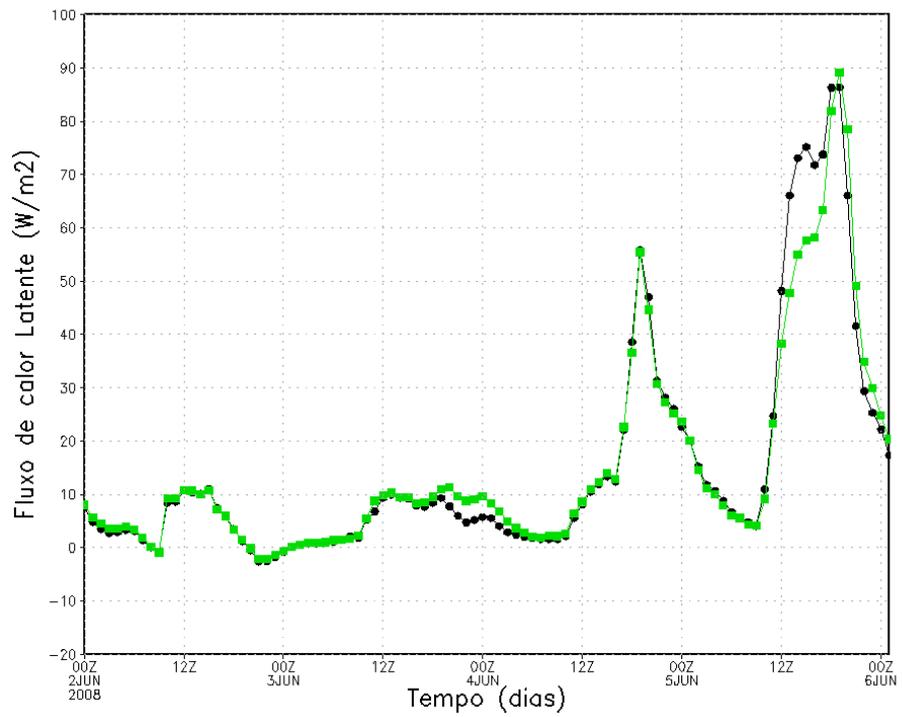


Grade II

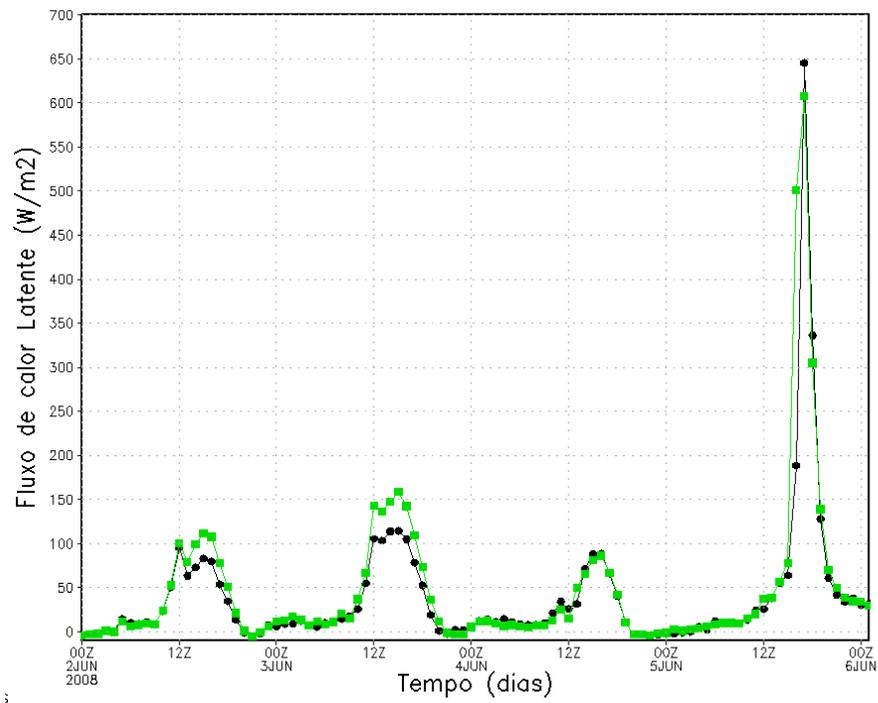


Savana Estépica II

Grade I

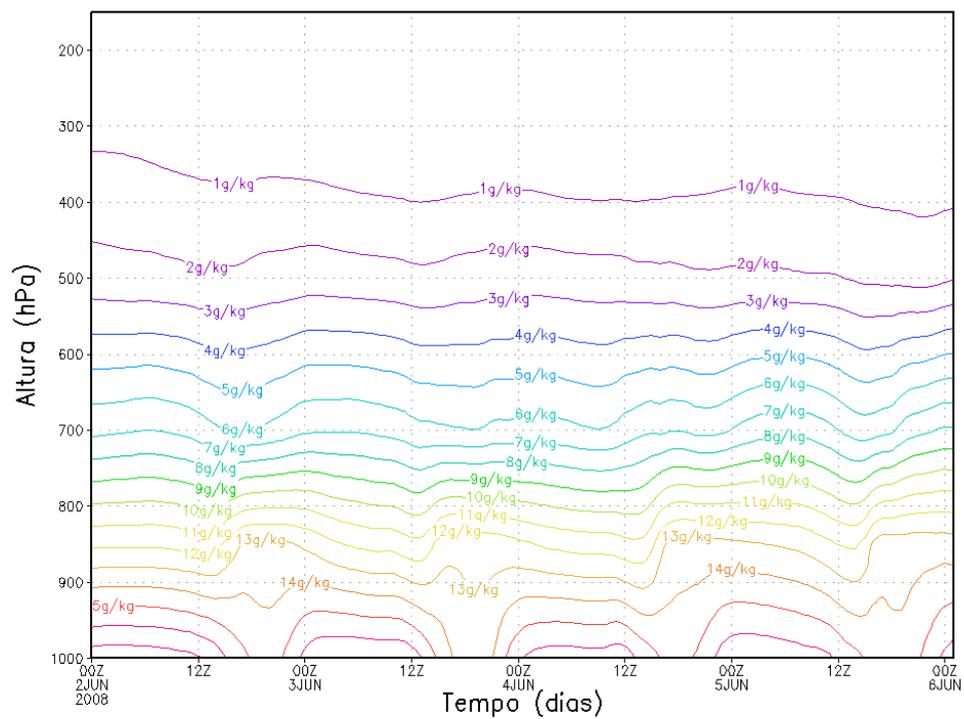


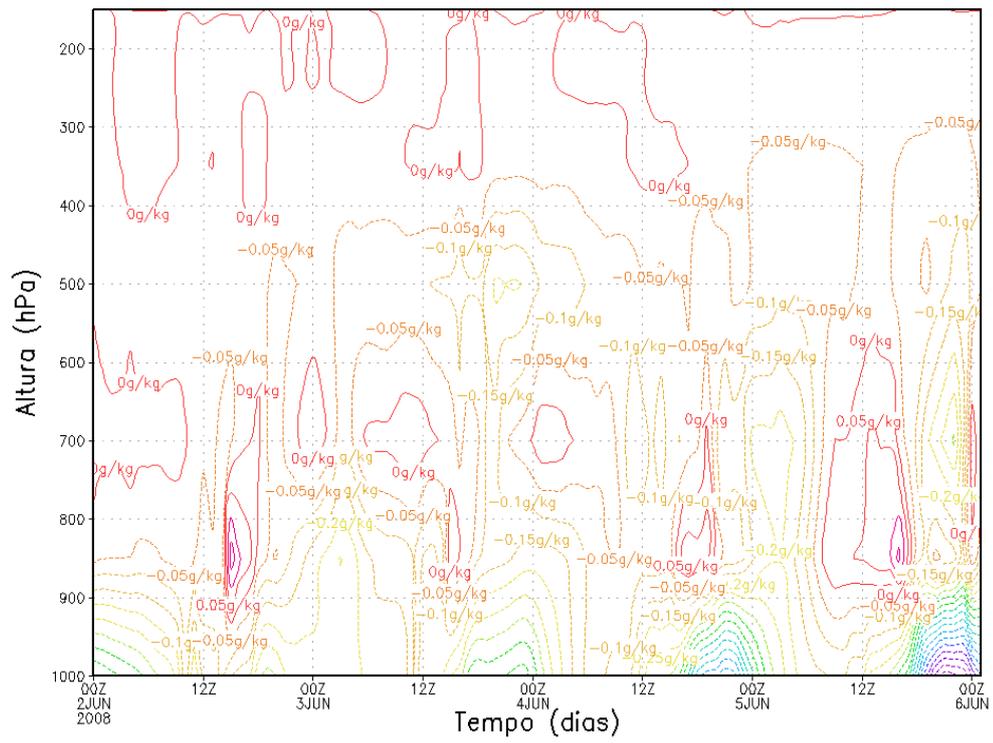
Grade II



Razão de Mistura

Floresta Ombrófila Aberta

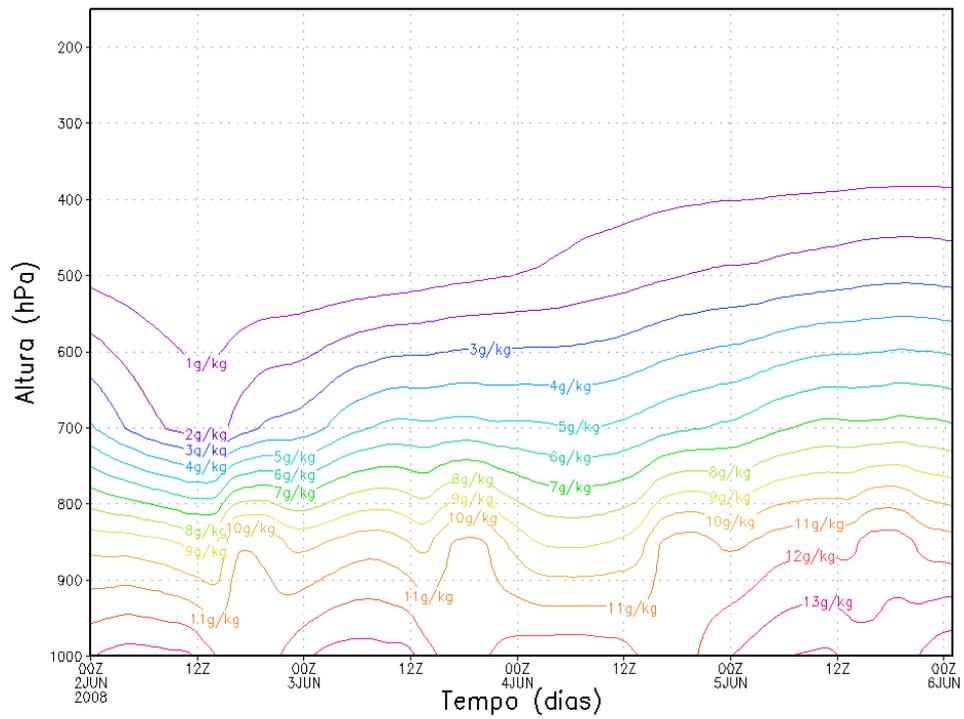




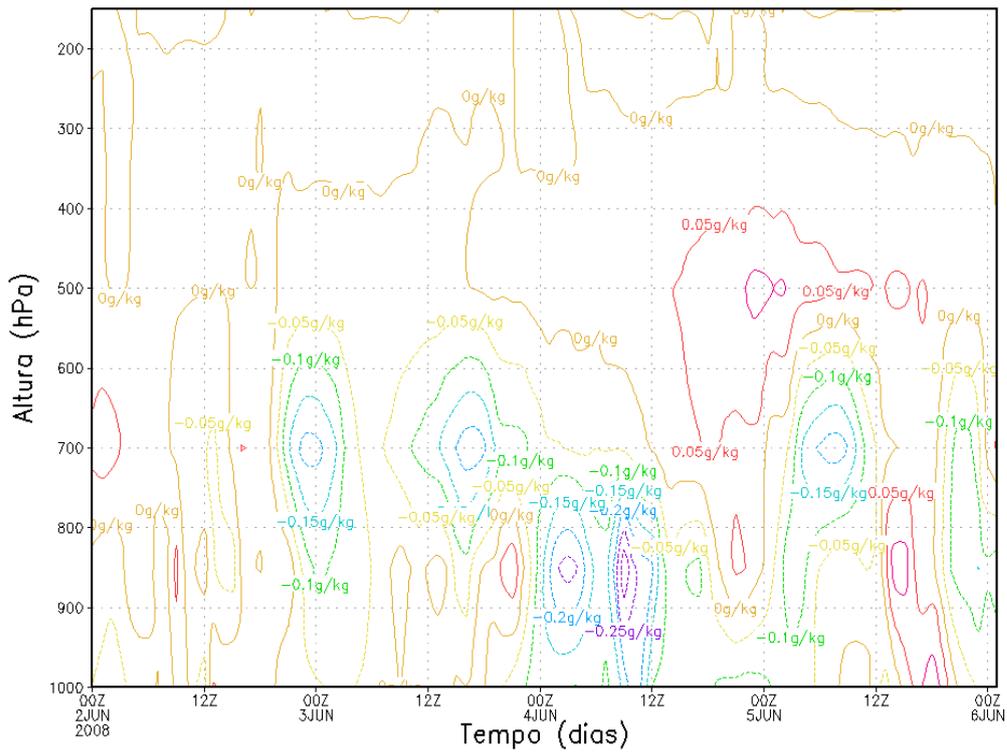
COLA/IGES

Savana Estépica I

Grade I



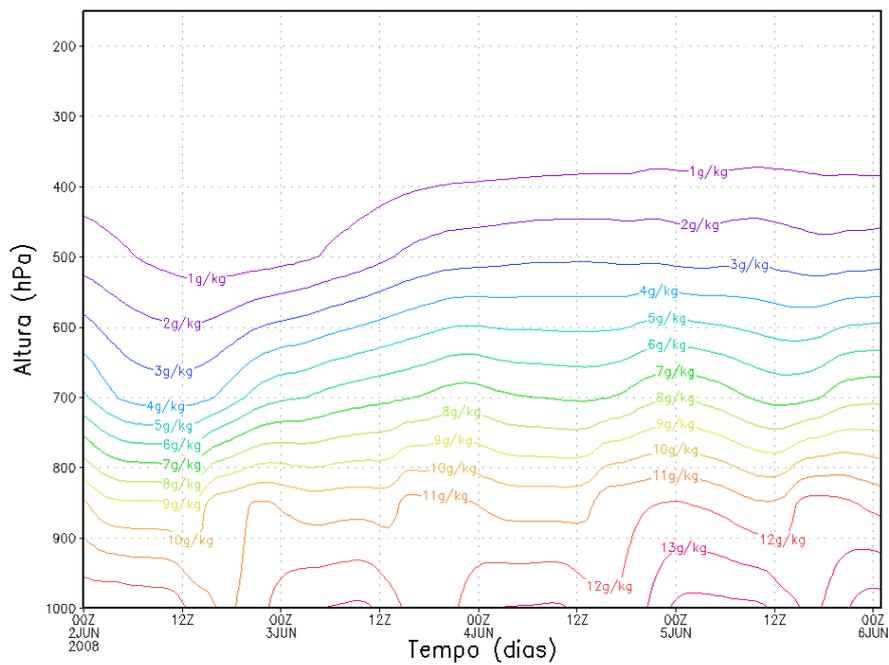
COLA/IGES

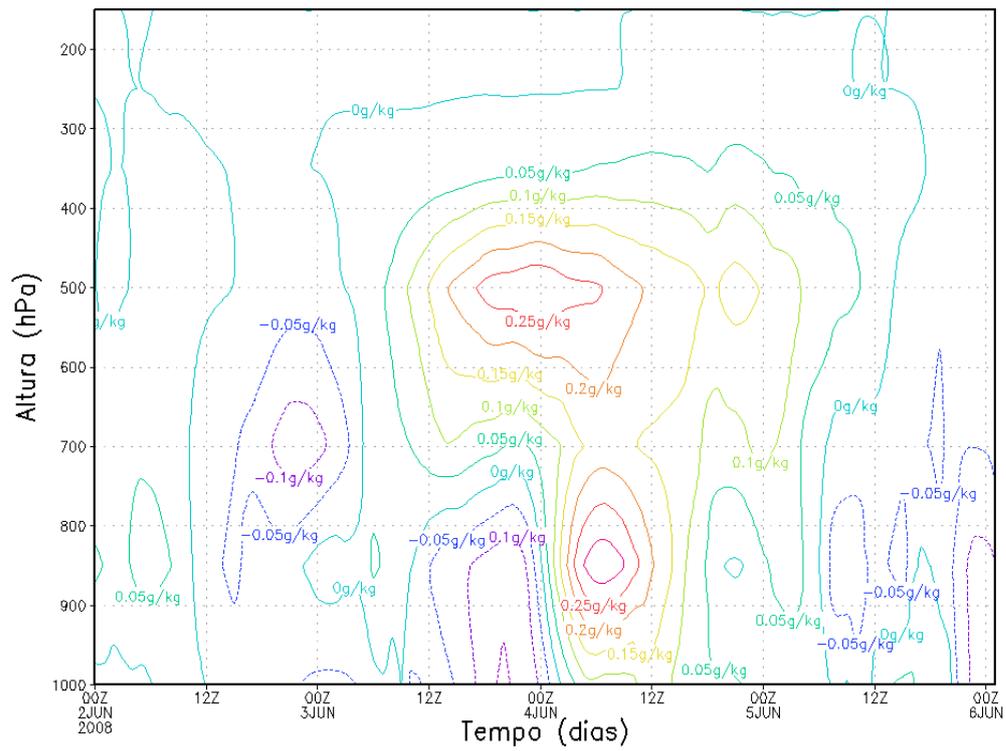


OLA/IGES

Savana Estépica II

Grade I



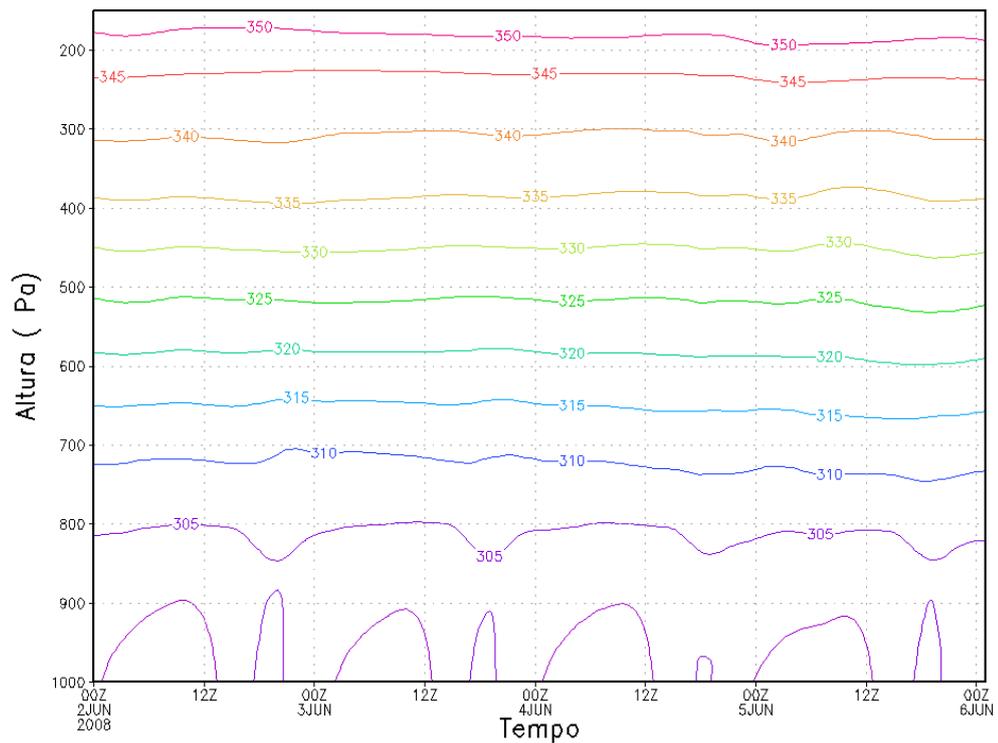


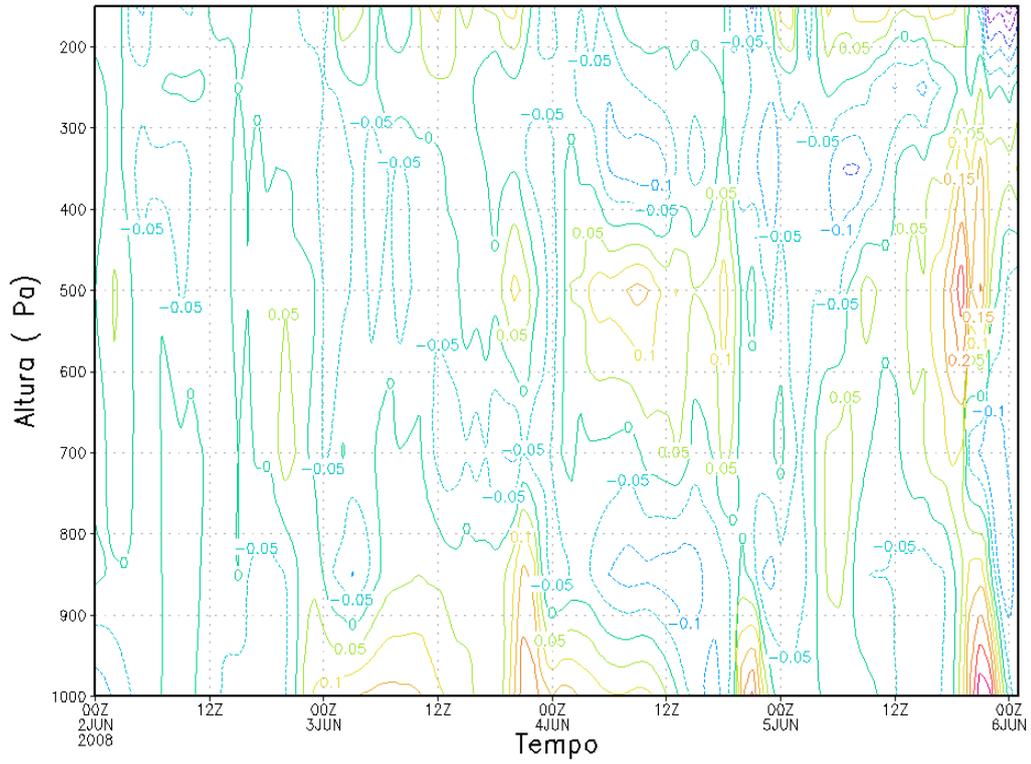
OLA/IGES

Temperatura Potencial

Floresta Estacional Semidecidual

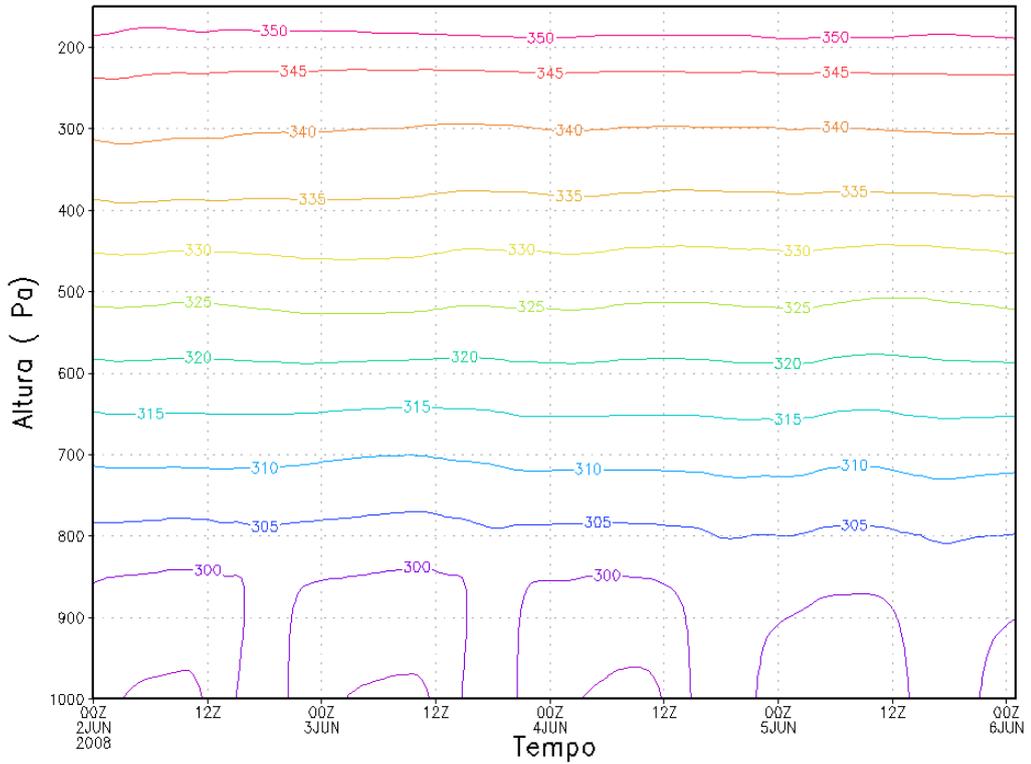
Grade I

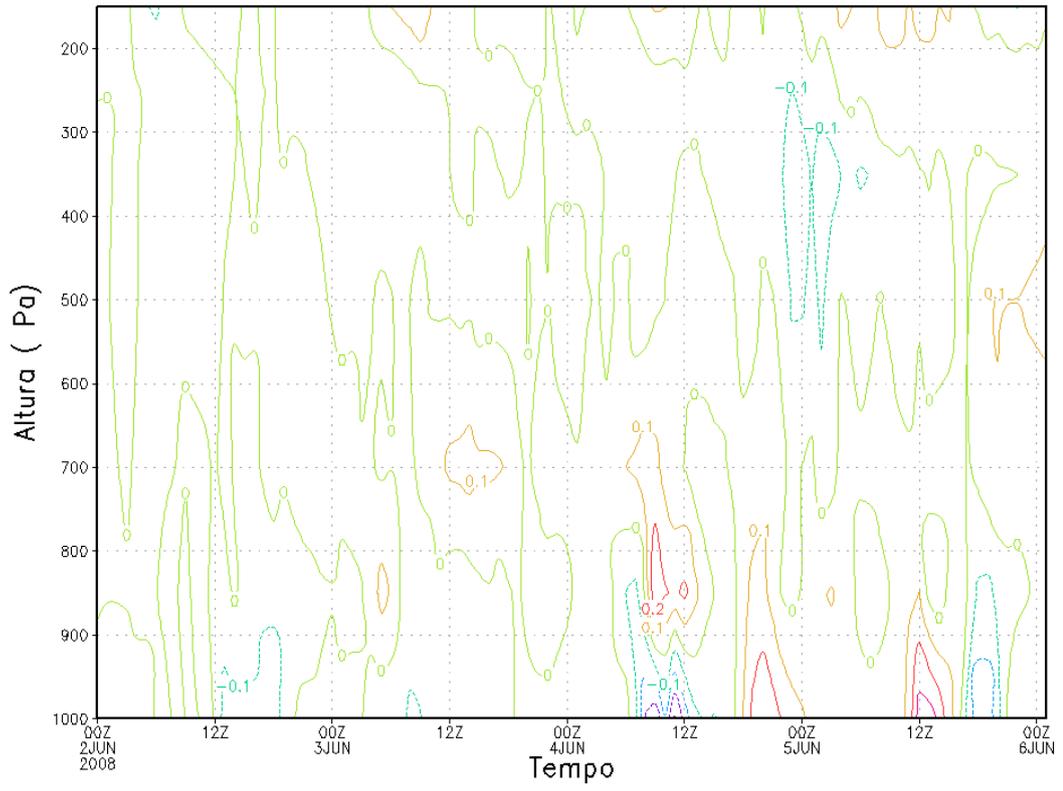




Savana Estépica I

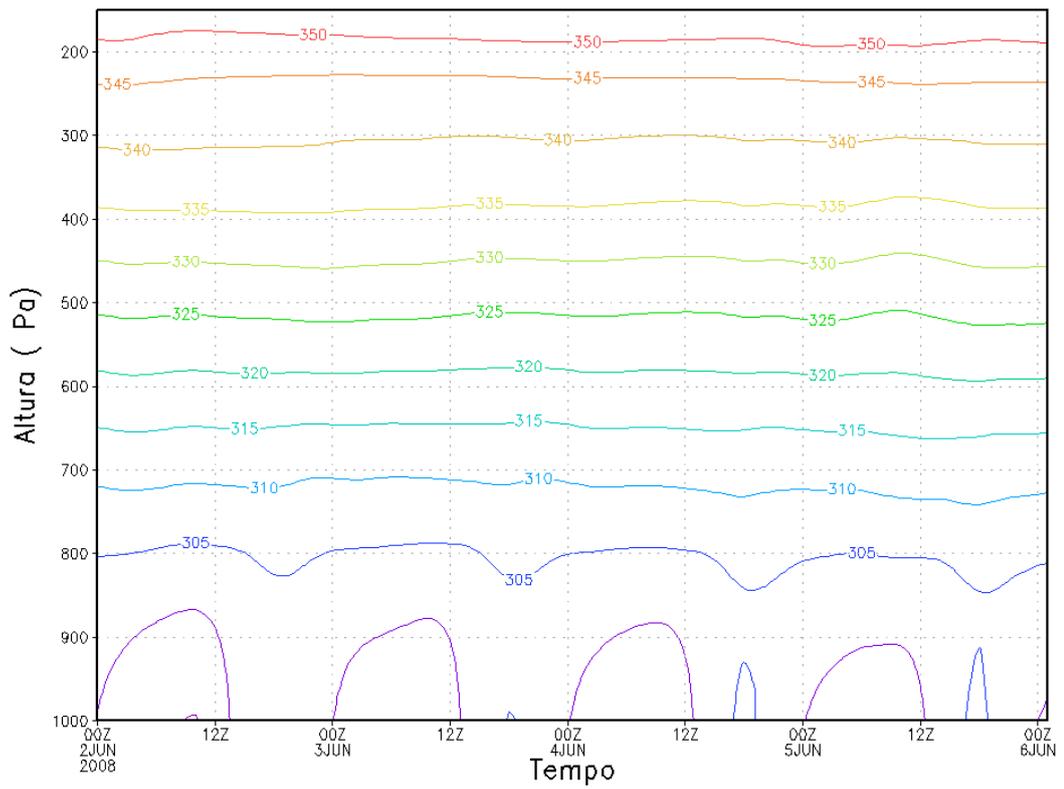
Grade I

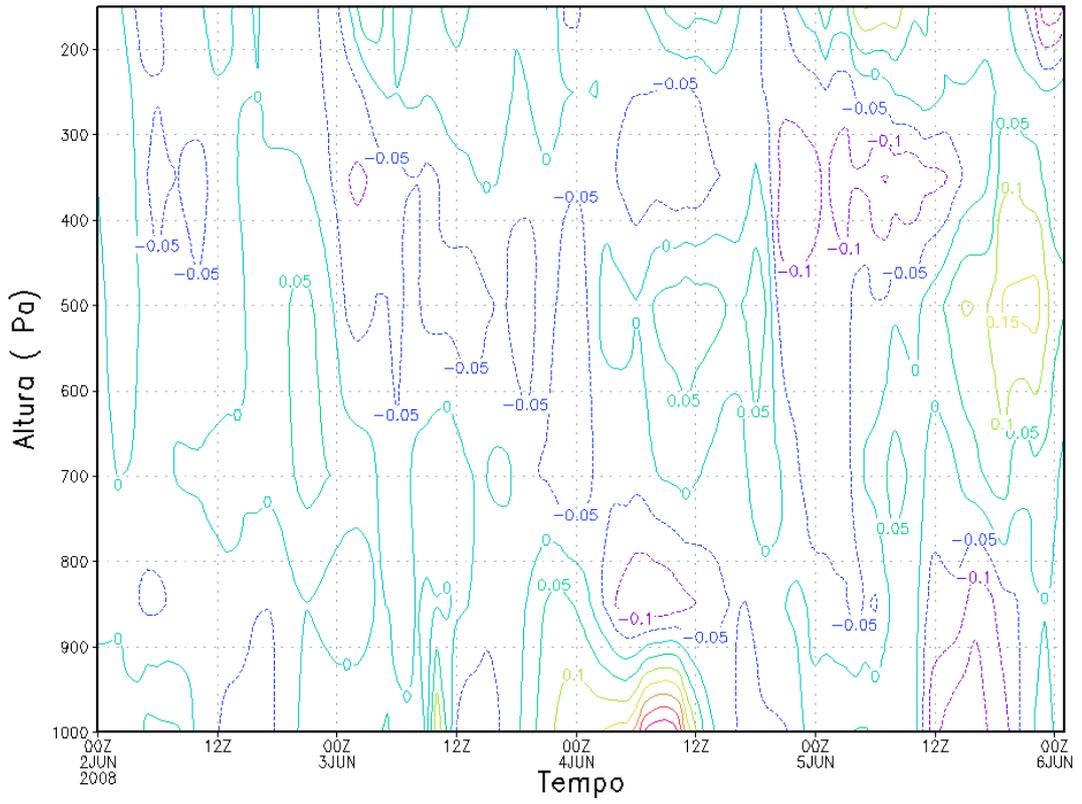




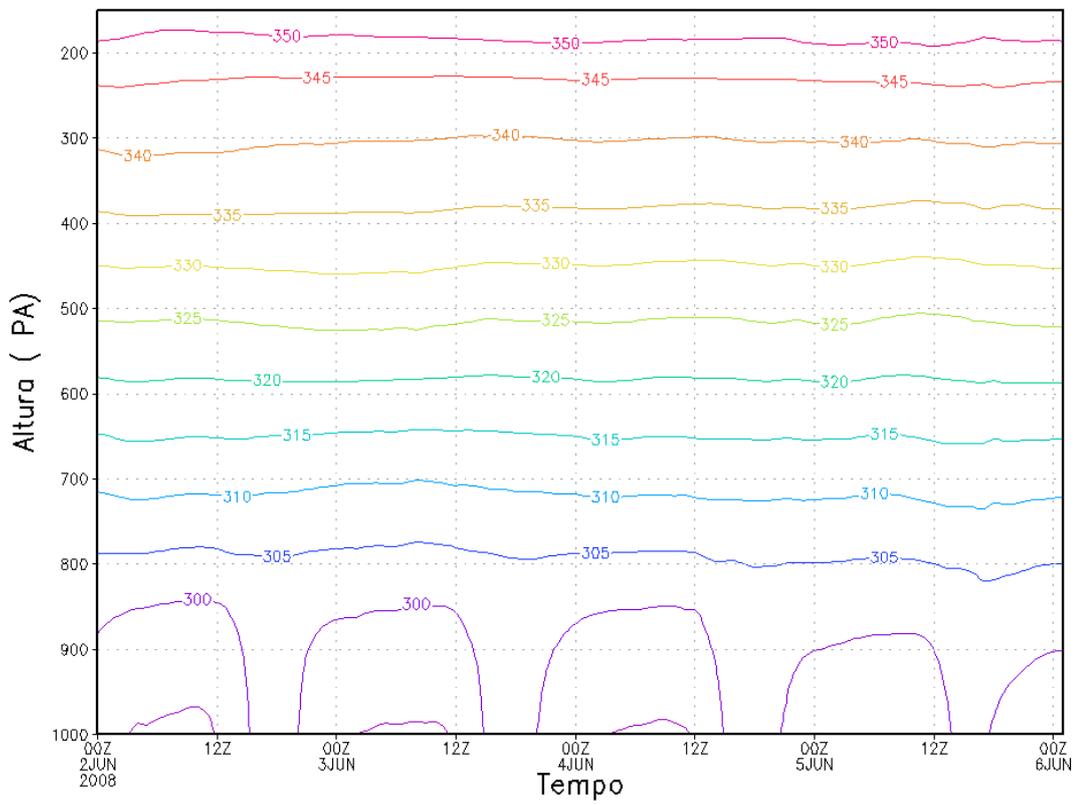
Savana Estépica II

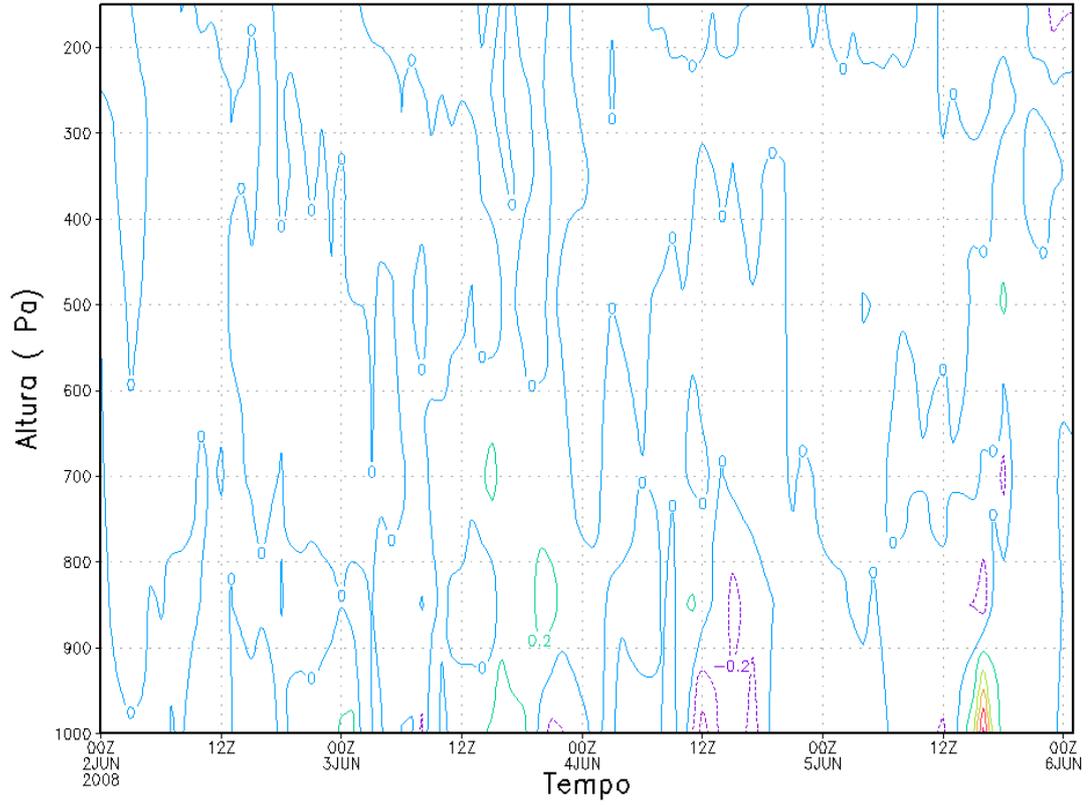
Grade I





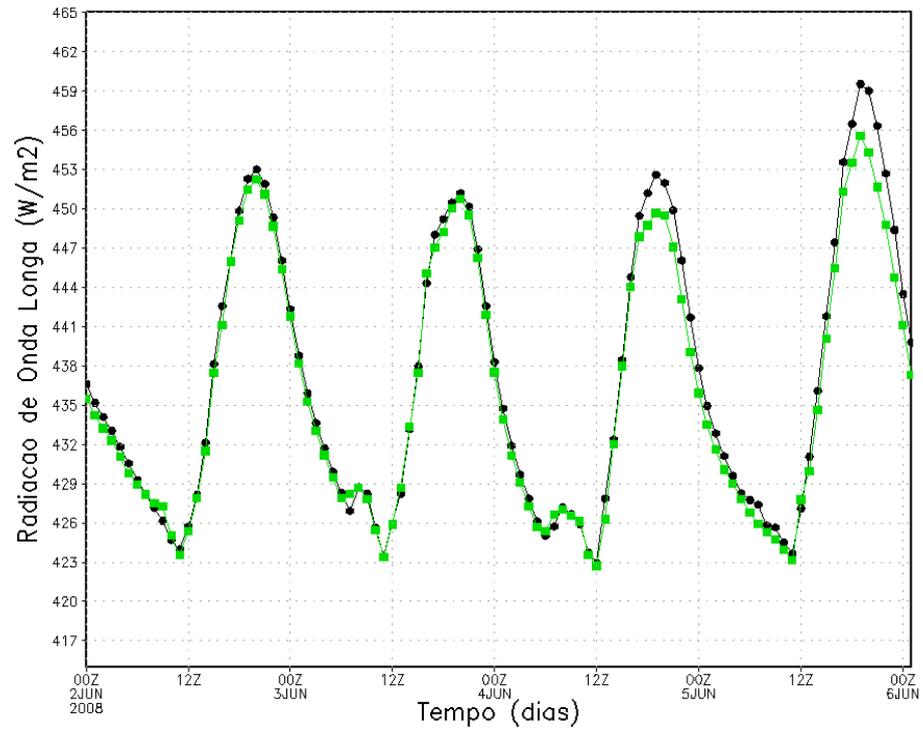
Grade II





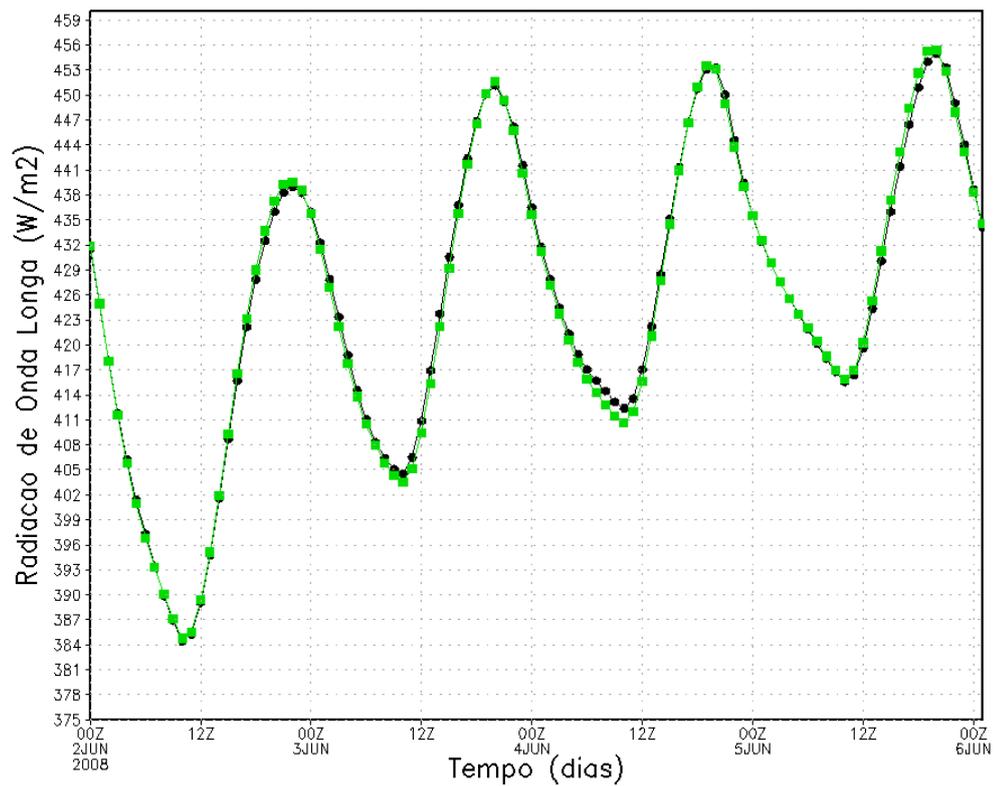
Radiação de Onda Longa

Floresta Ombrófila Aberta

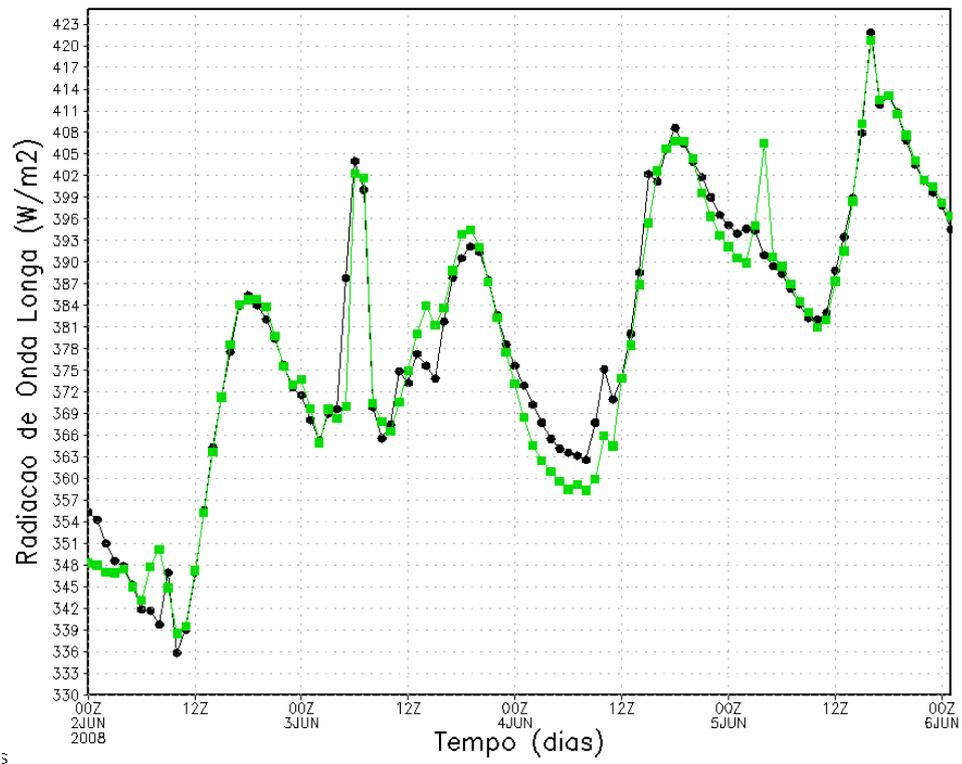


Floresta Estacional Semidecidual

Grade I

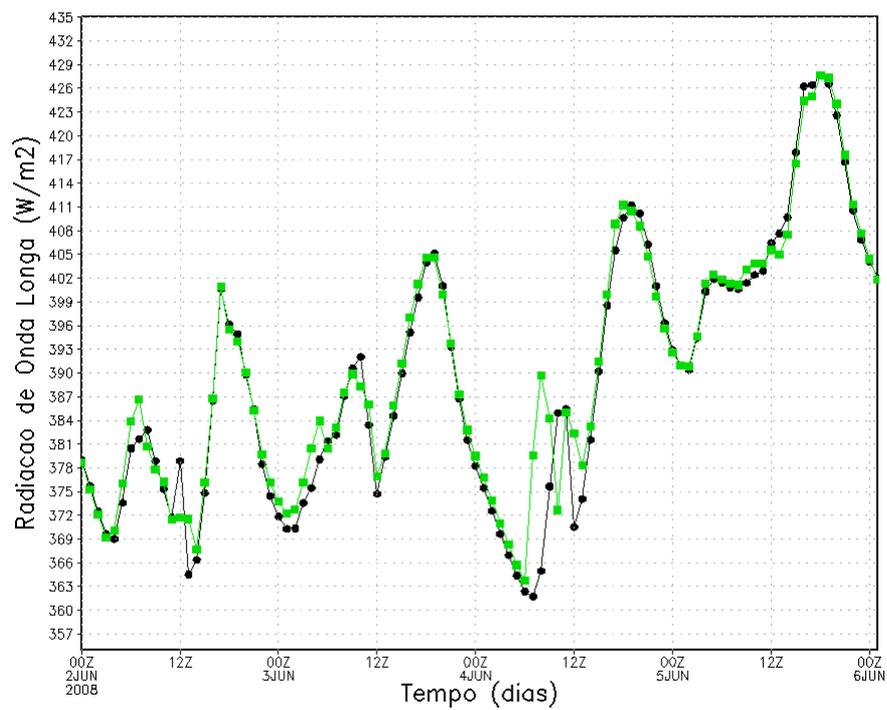


Grade II

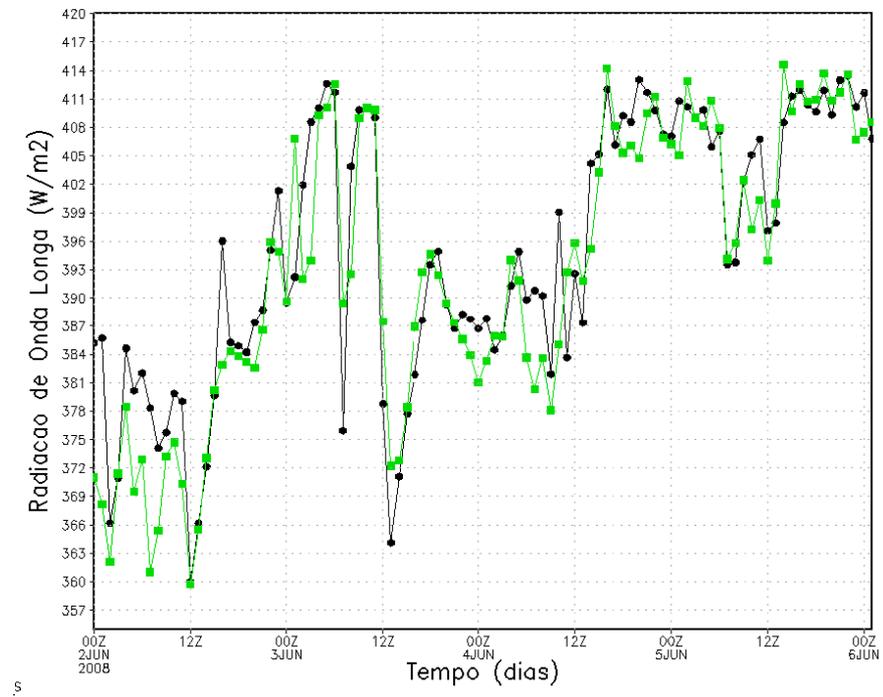


Savana Estépica I

Grade I

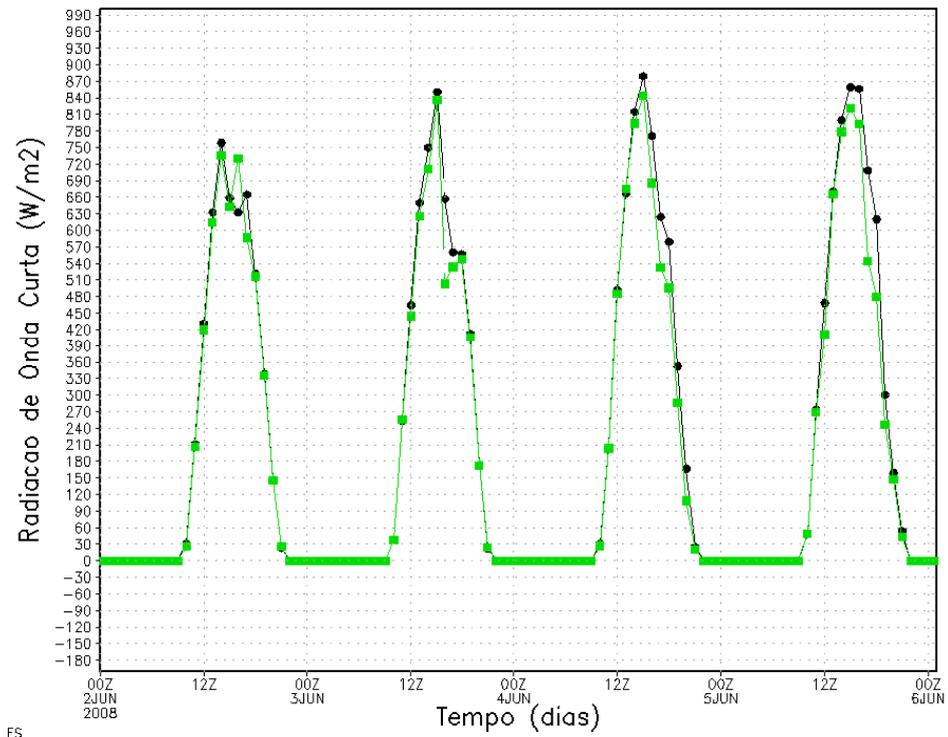


Grade II



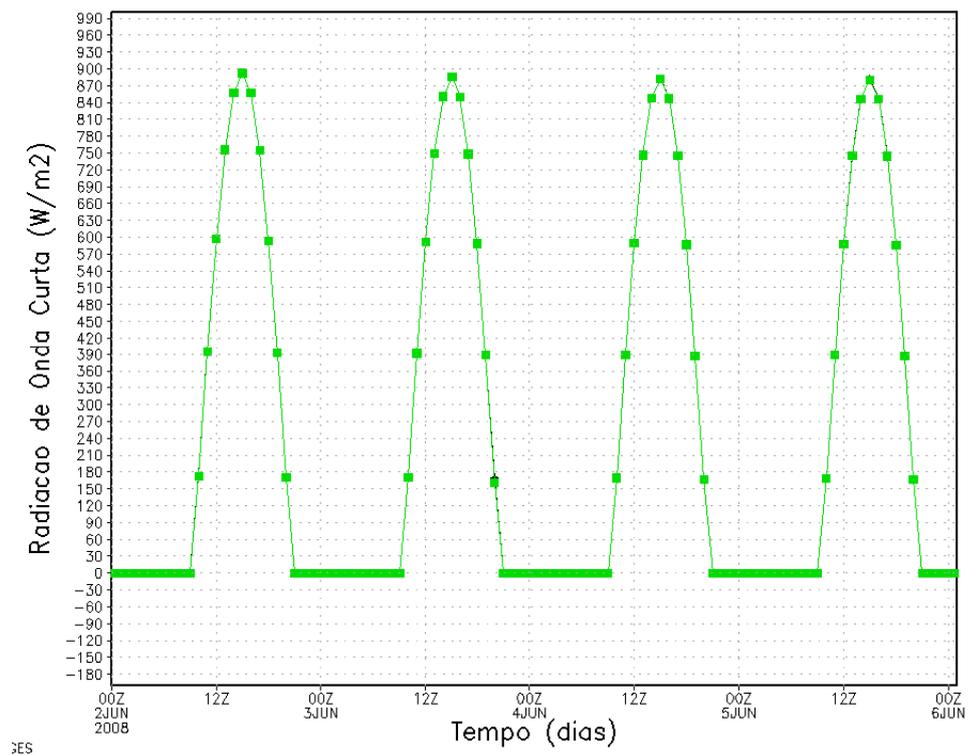
Radiação de Onda Curta

Floresta Ombrófila Aberta

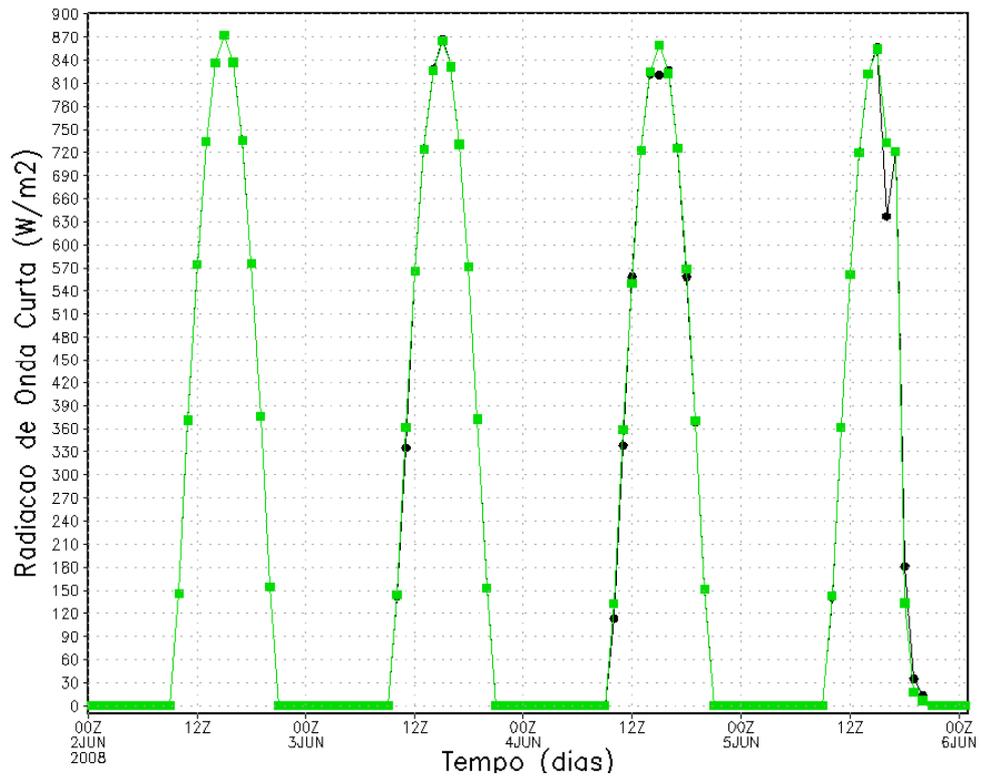


Floresta Estacional Semidecidual

Grade I

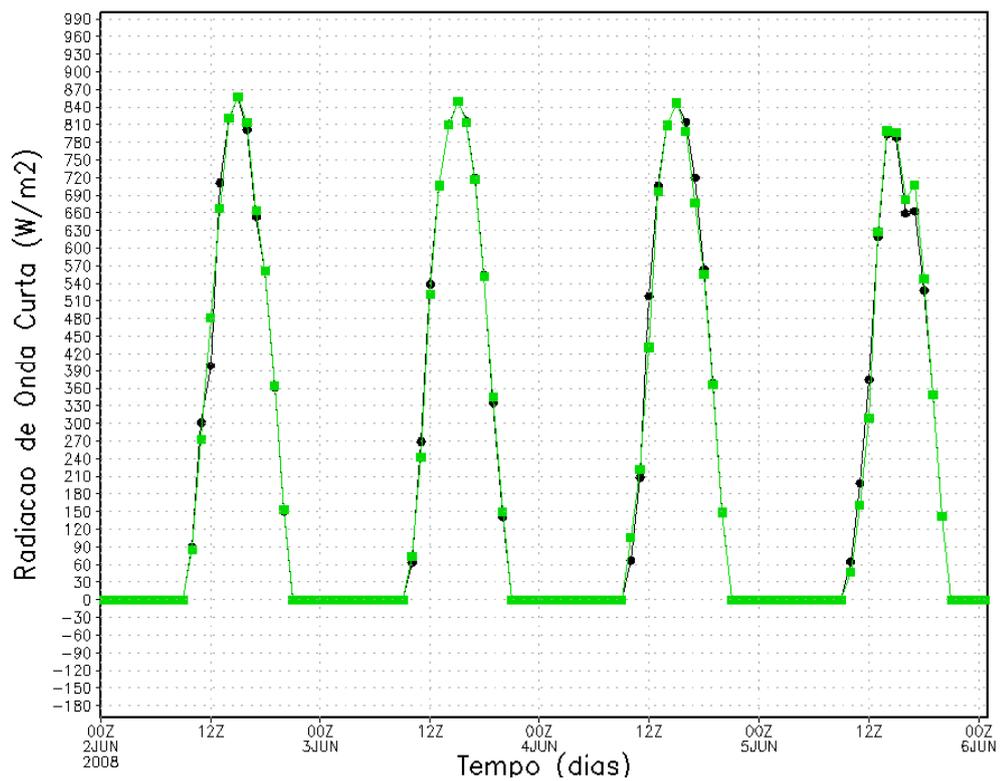


Grade II

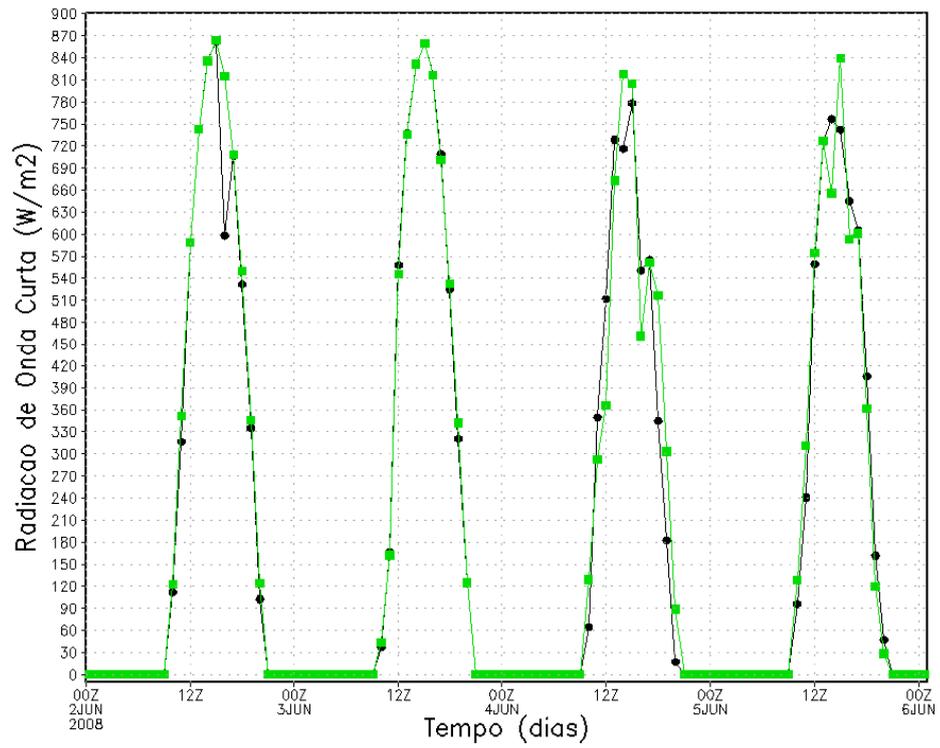


Savana Estépica I

Grade I

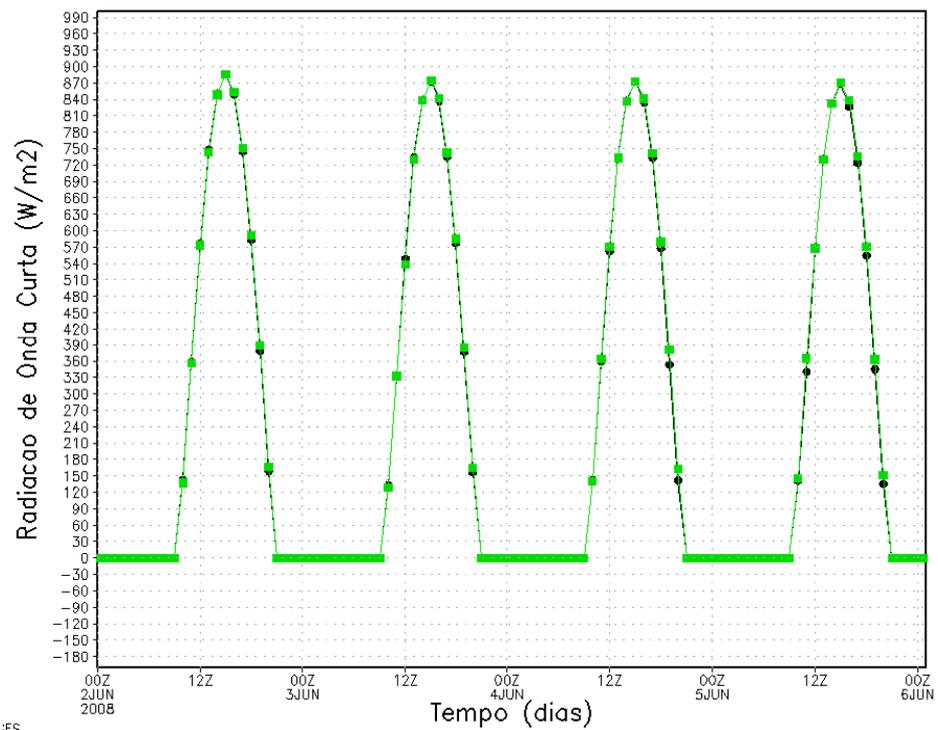


Grade II

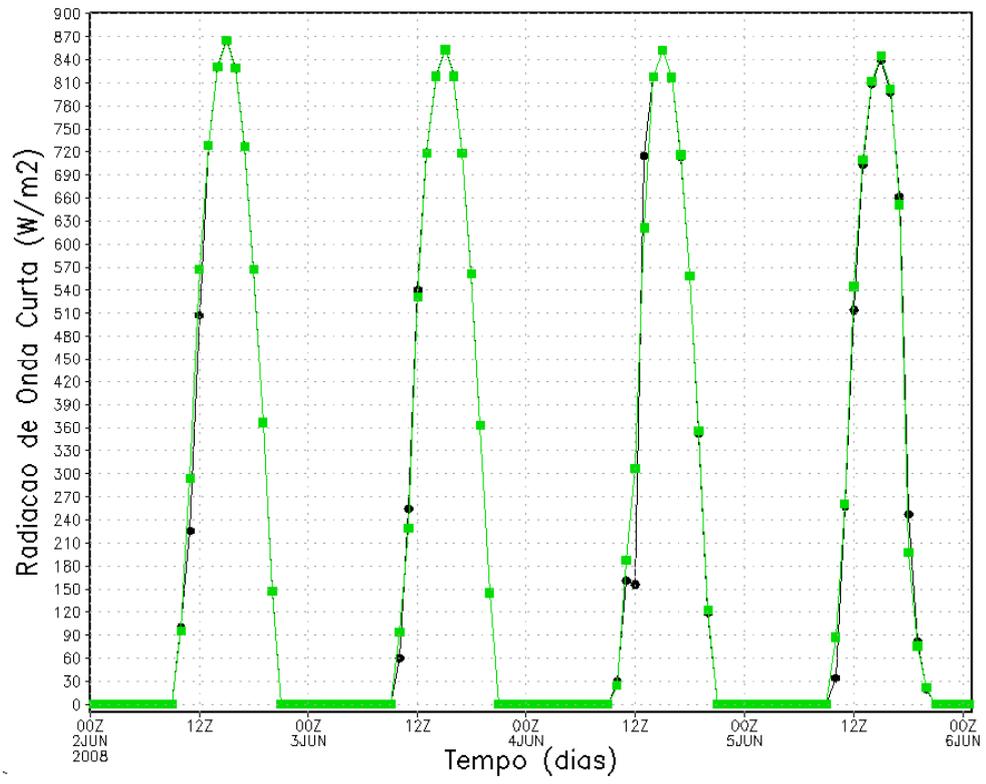


Savana Estépica II

Grade I



Grade II



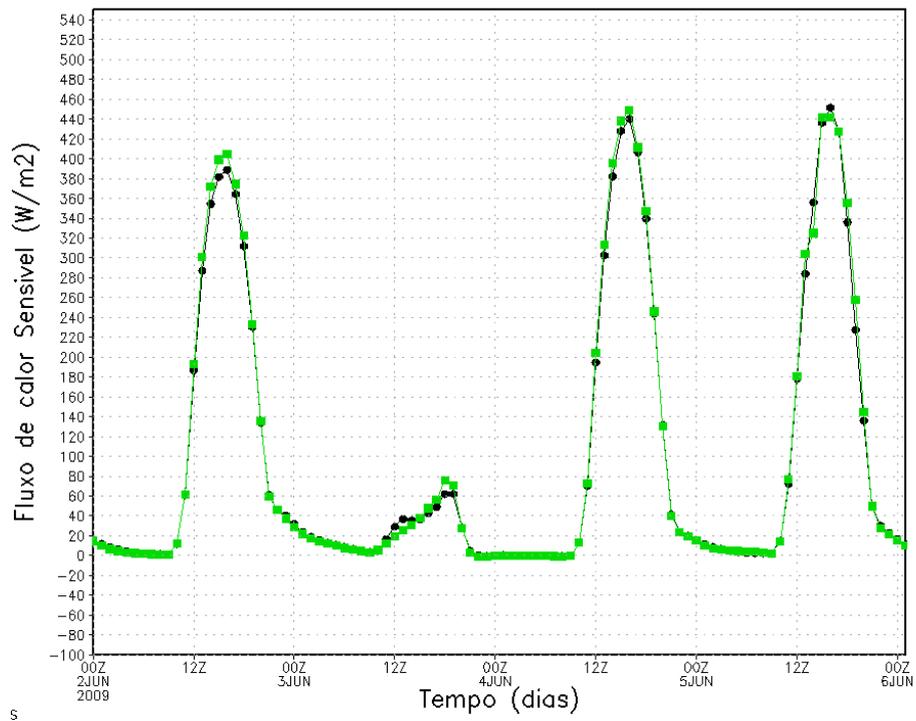
APÊNDICE 3

Gráficos dos Biomas e das grades restantes em todas as variáveis, para o ano de 2009

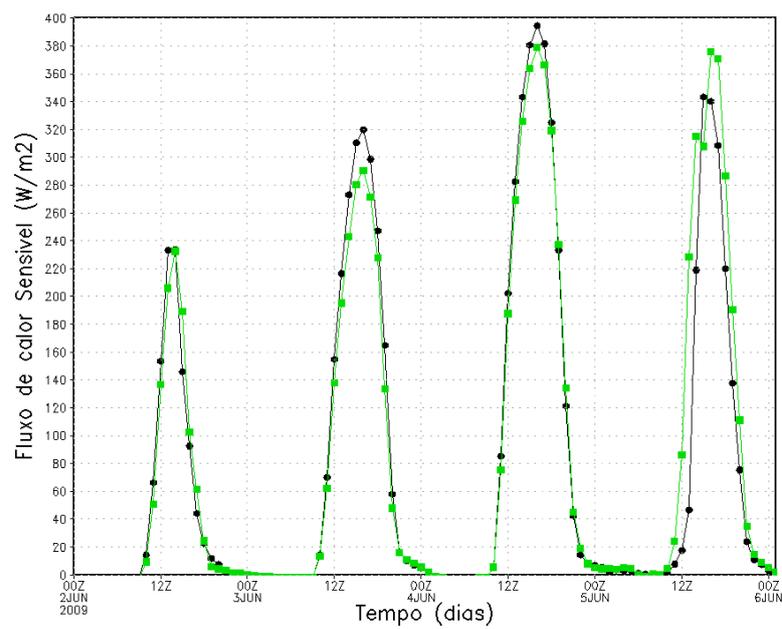
Fluxo de Calor Sensível

Savana Estépica I

Grade I

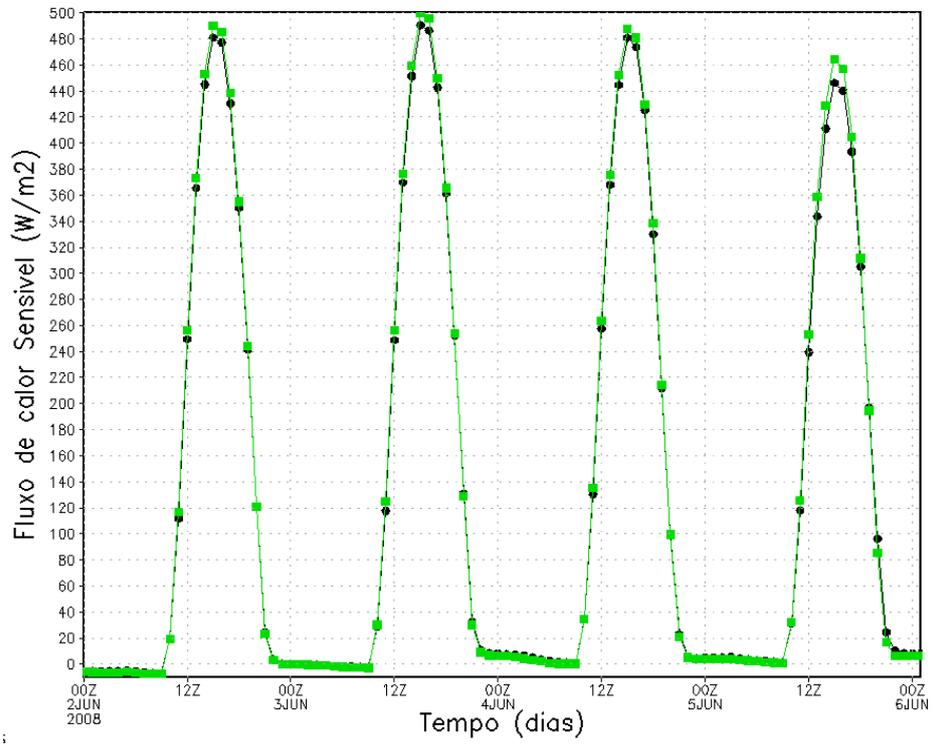


Grade II

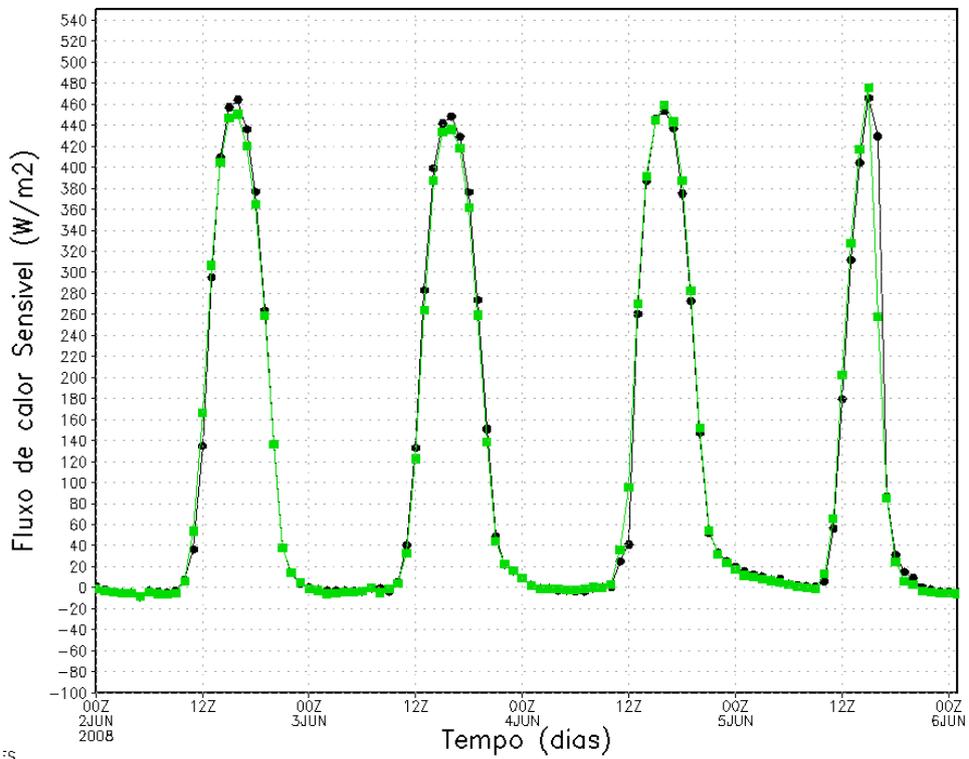


Savana Estépica II

Grade I

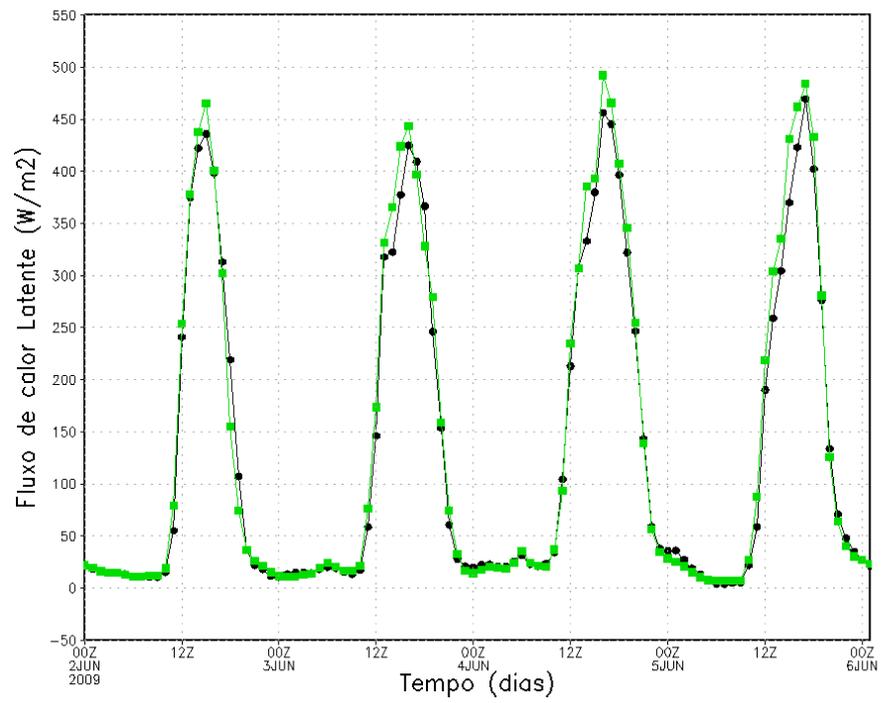


Grade II



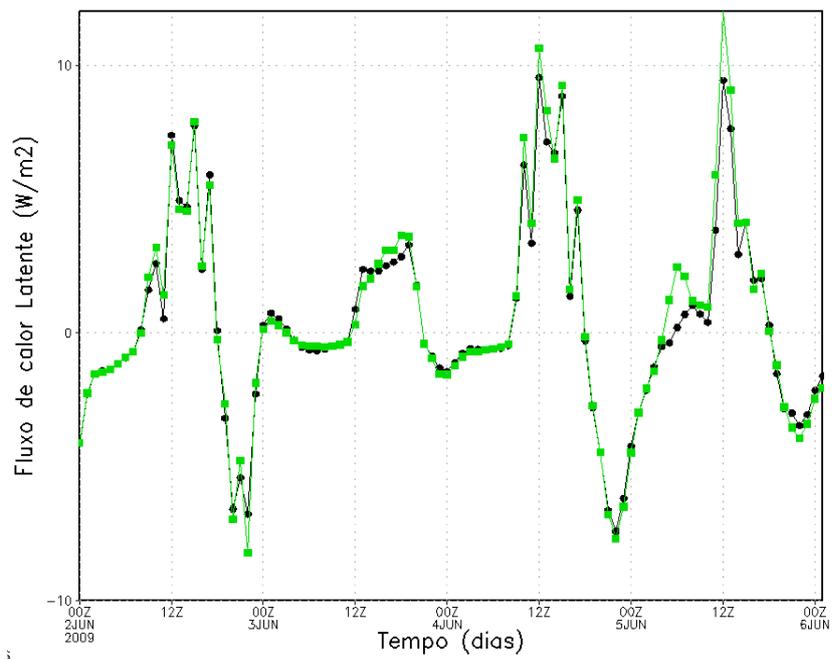
Fluxo de Calor Latente

Floresta Ombrófila Aberta

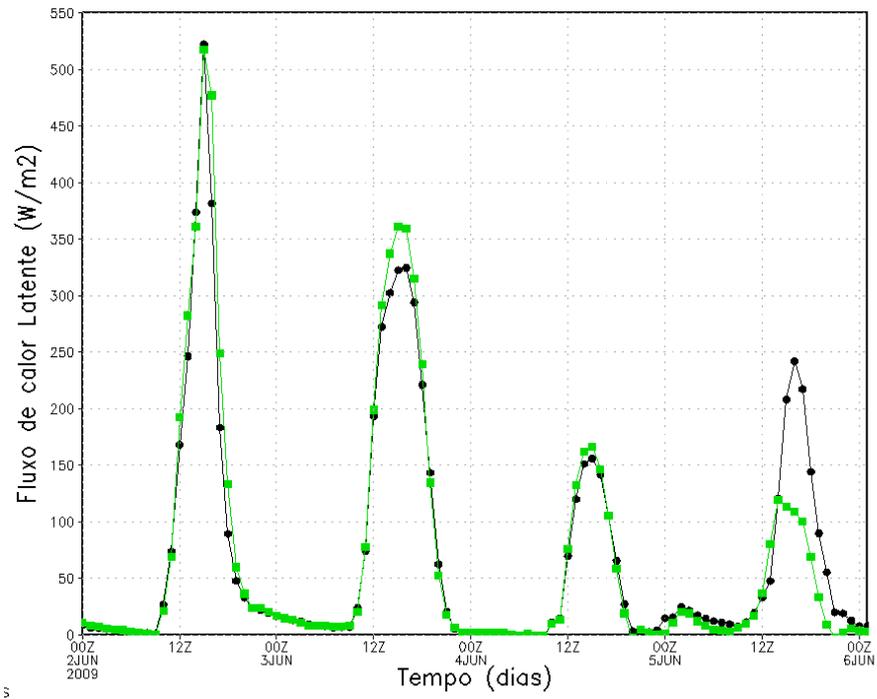


Savana Estépica I

Grade I

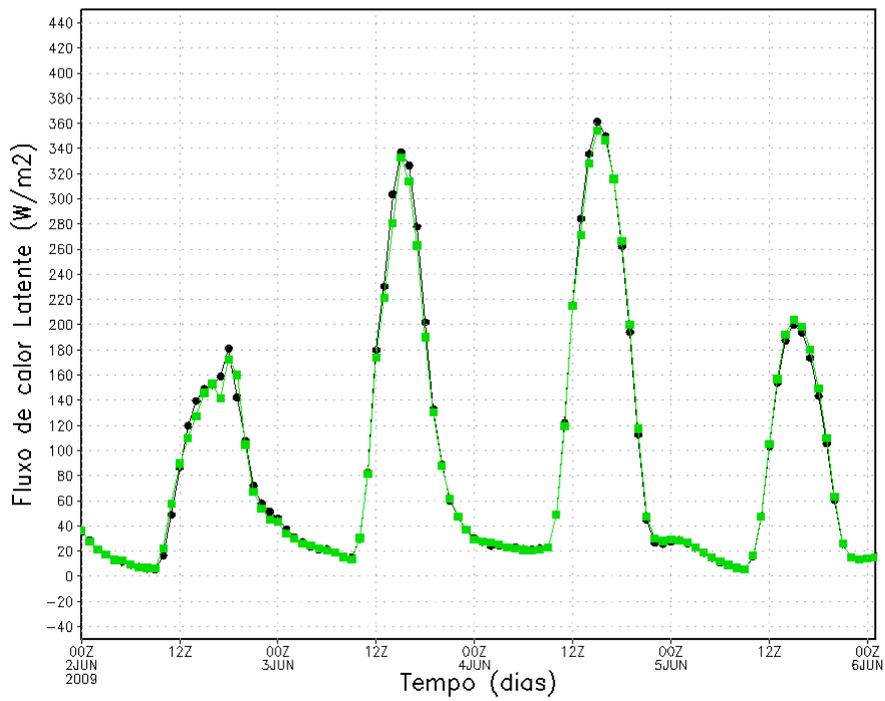


Grade II

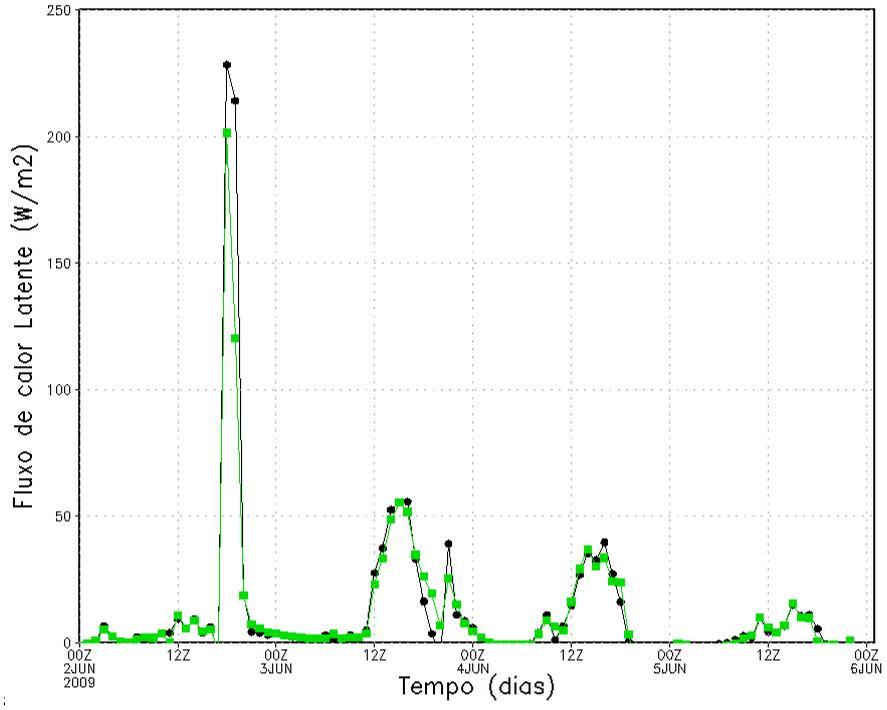


Savana Estépica II

Grade I

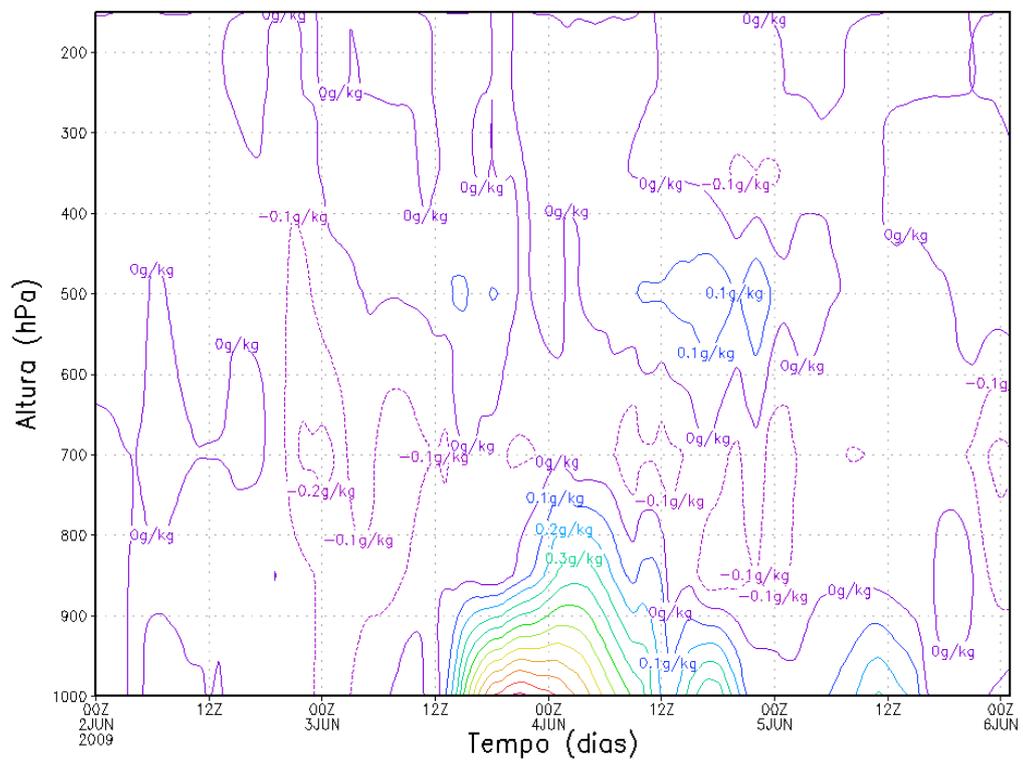
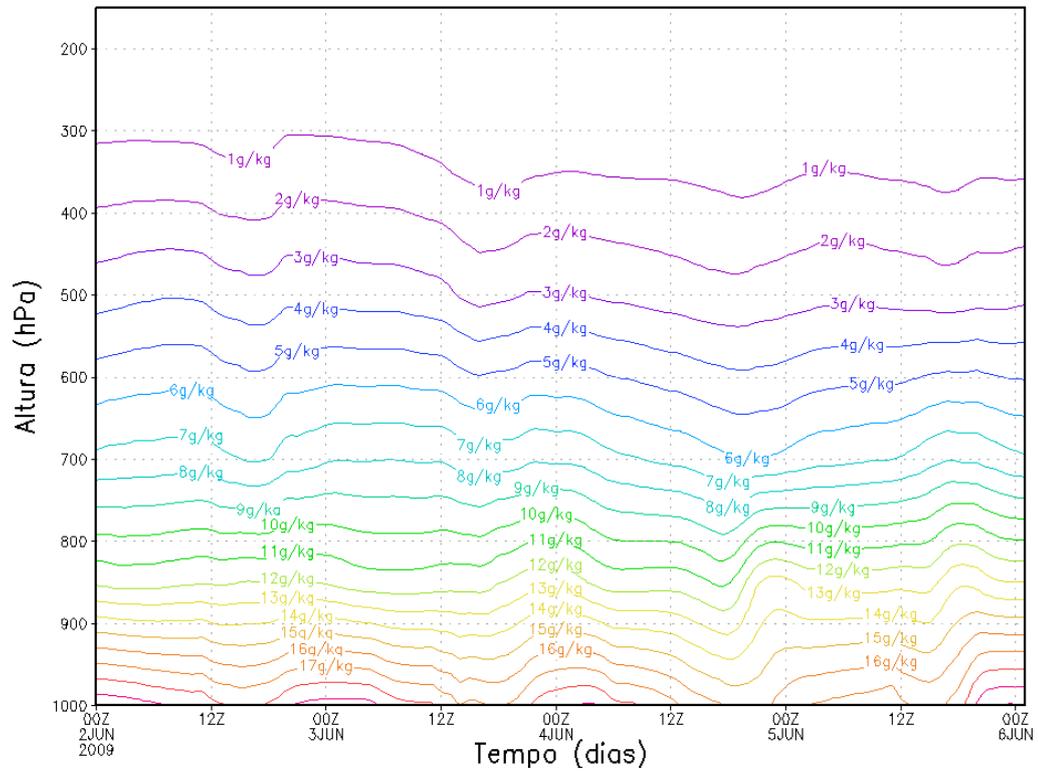


Grade II



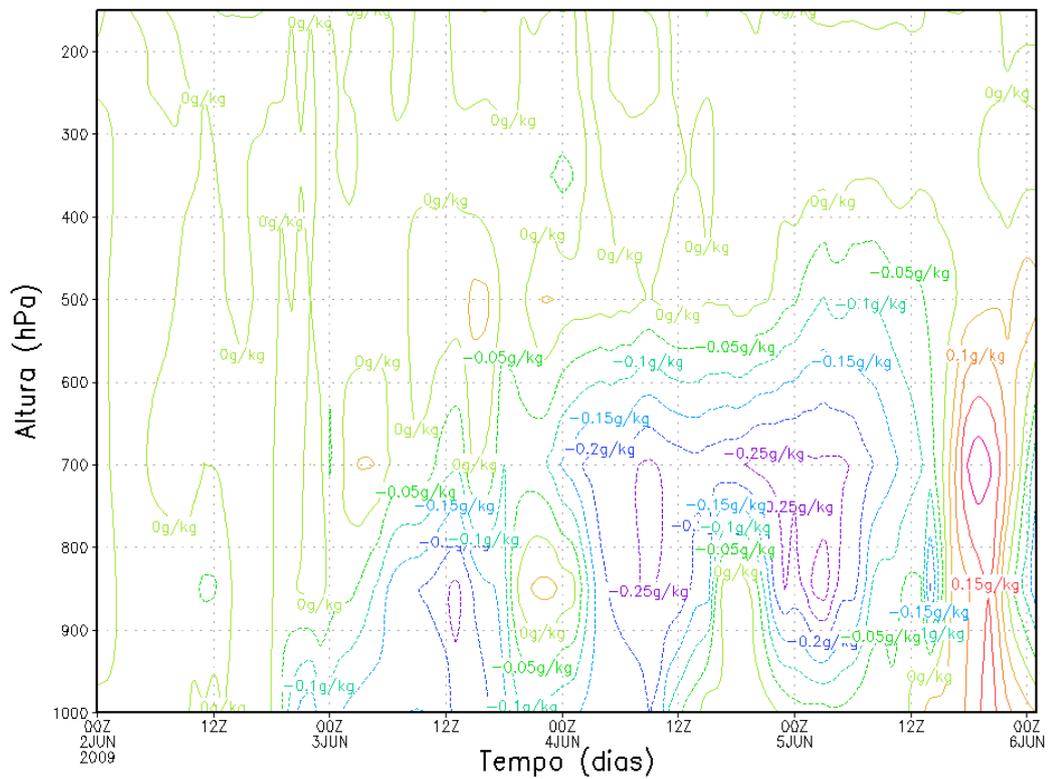
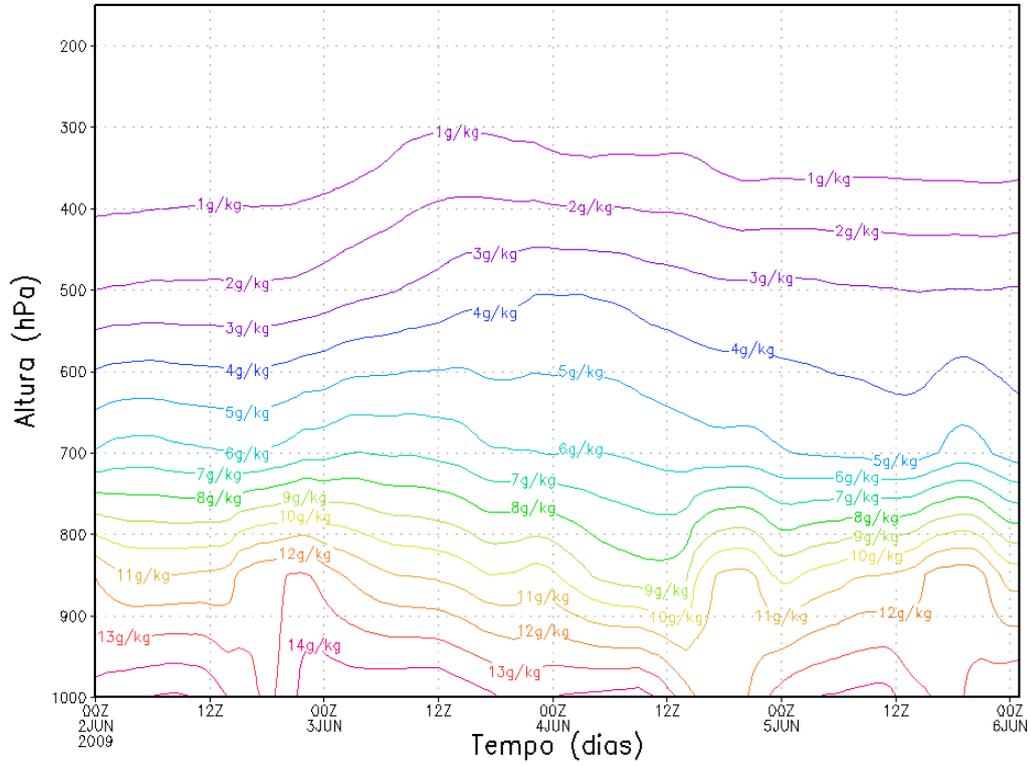
Razão de Mistura

Floresta Ombrófila Aberta



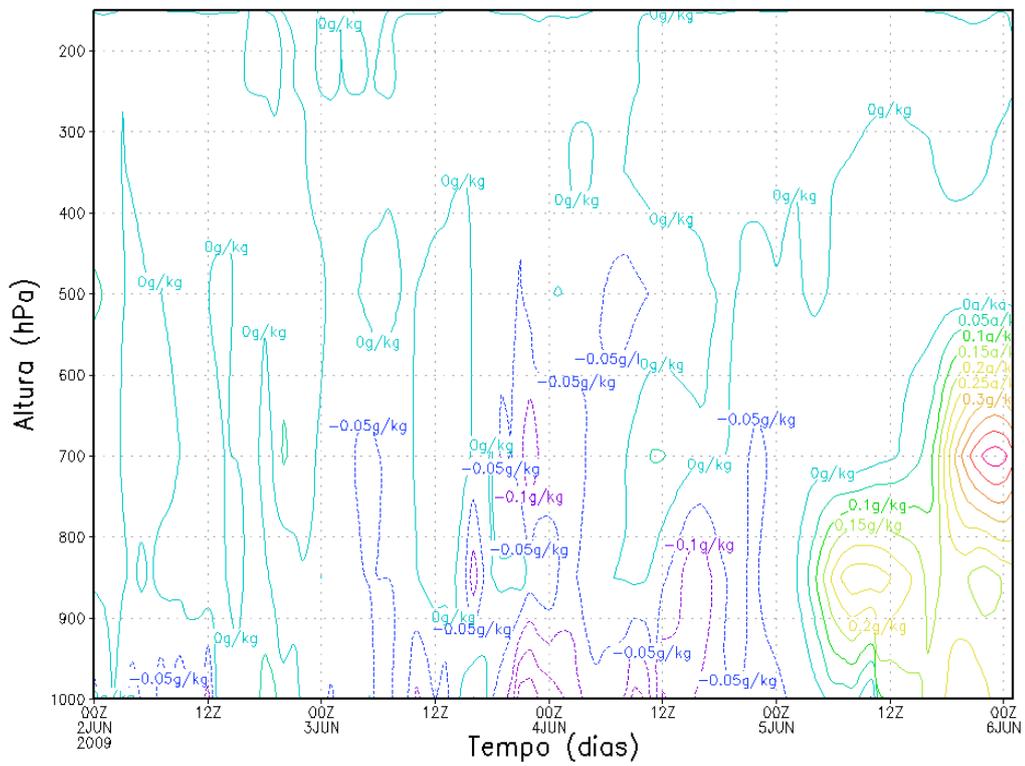
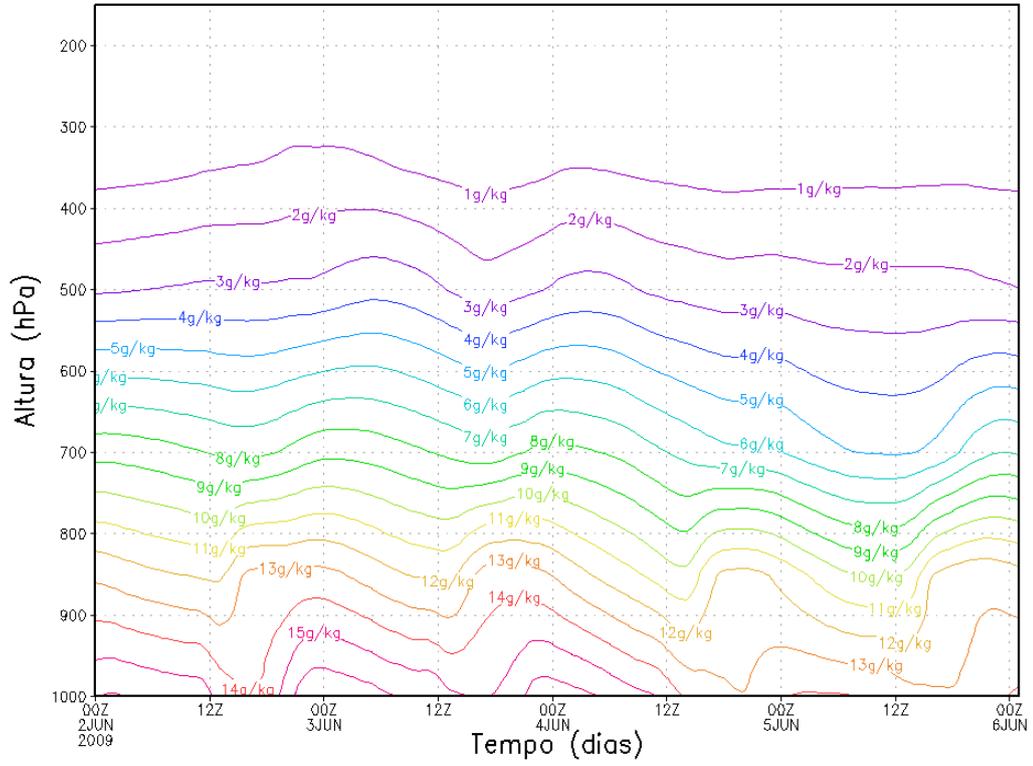
Savana Estépica I

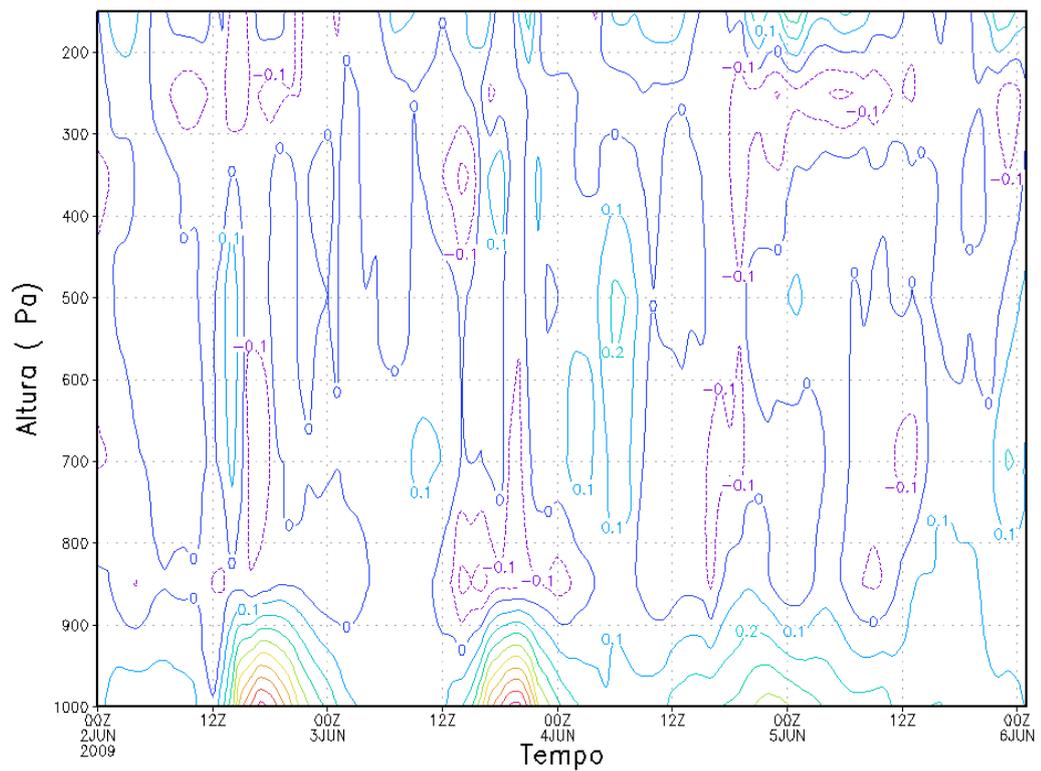
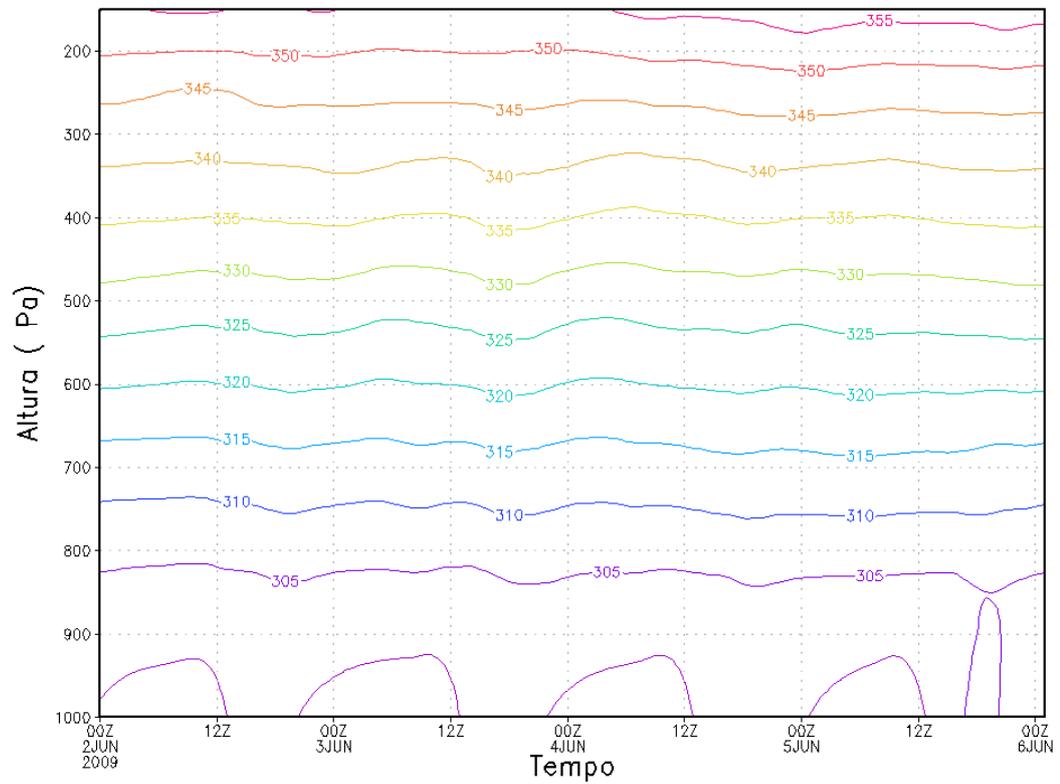
Grade I



Savana Estépica II

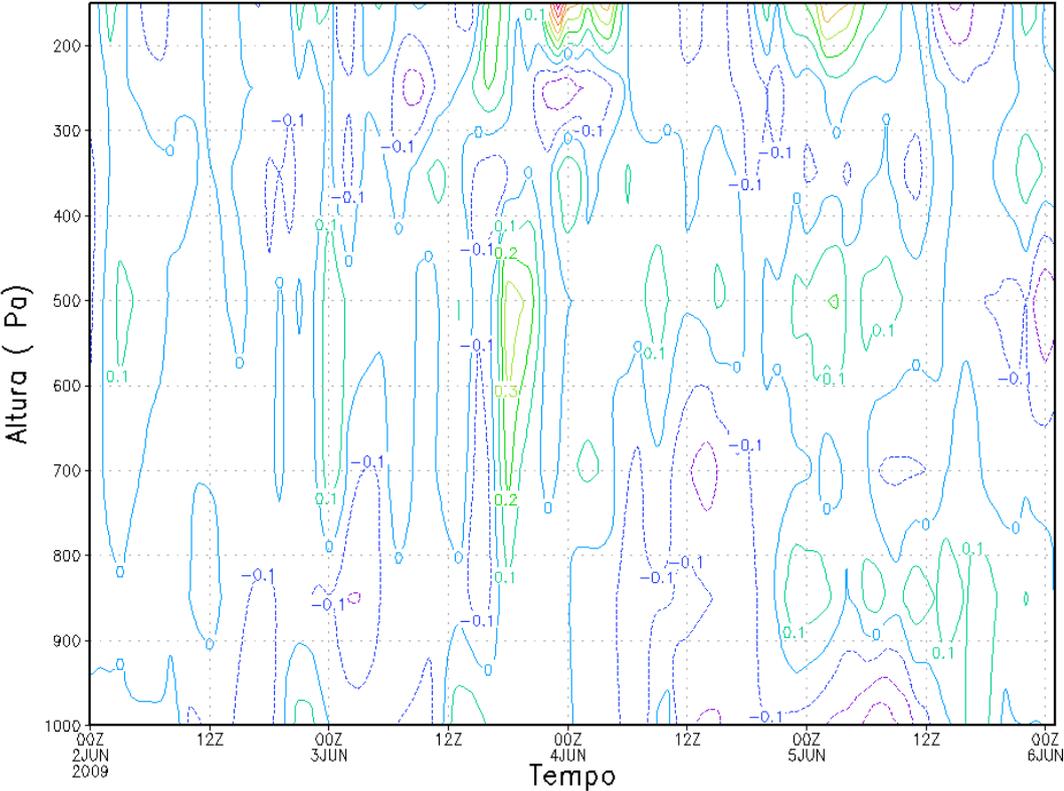
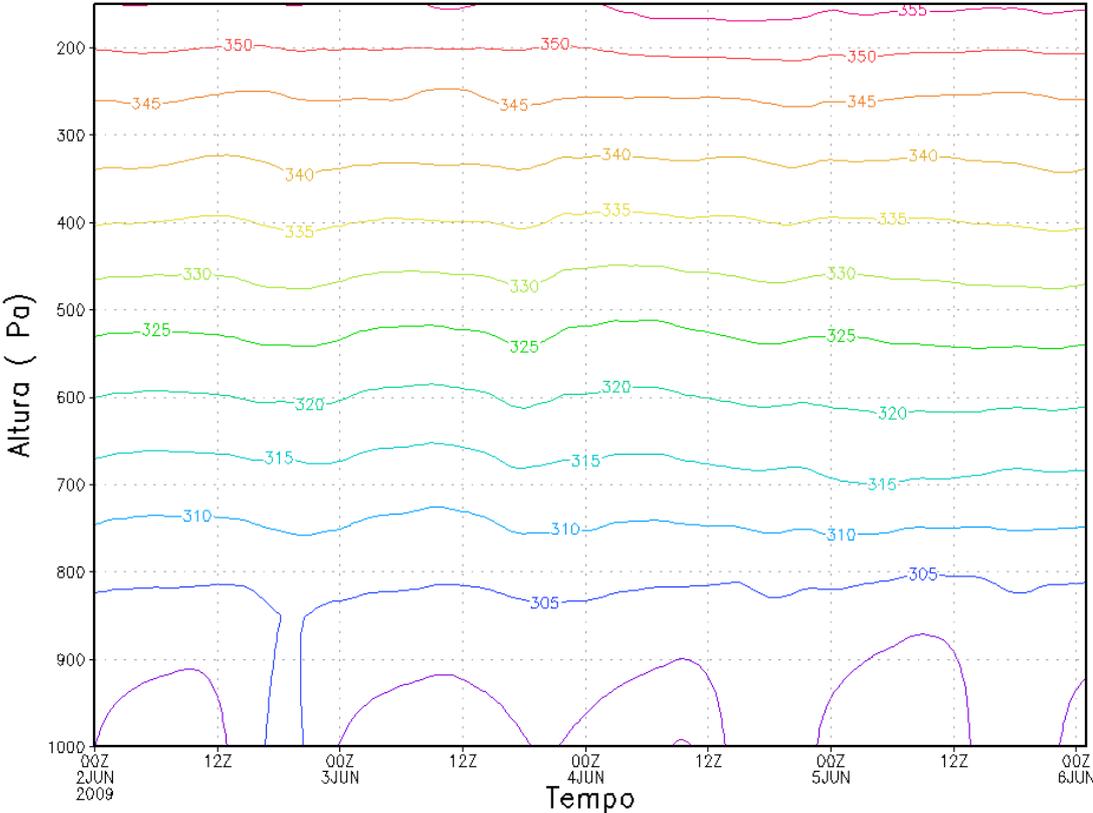
Grade I



Temperatura Potencial**Floresta Estacional Semidecidual****Grade I**

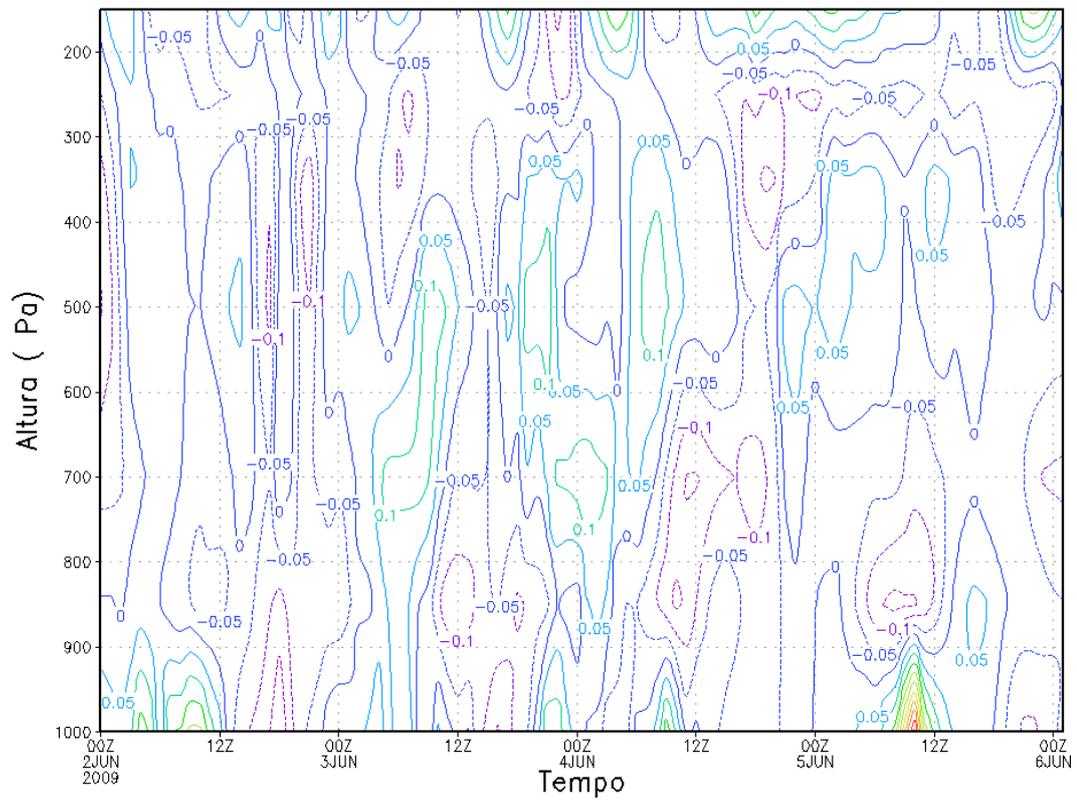
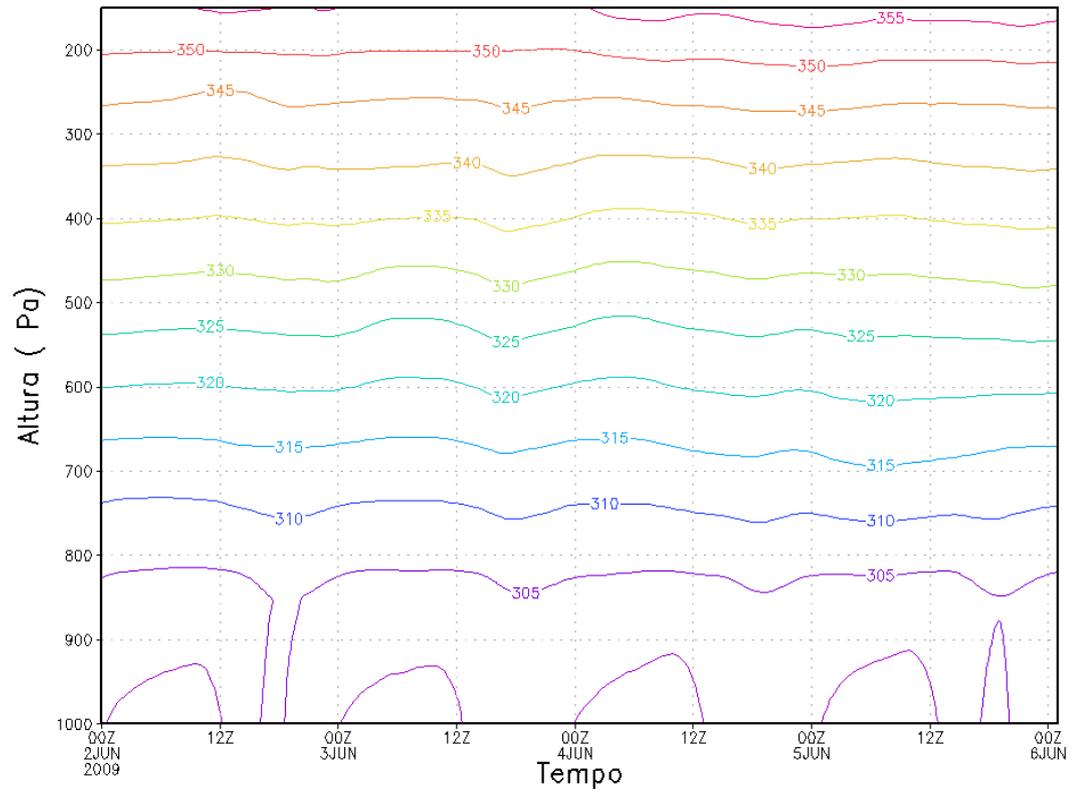
Savana Estépica I

Grade I

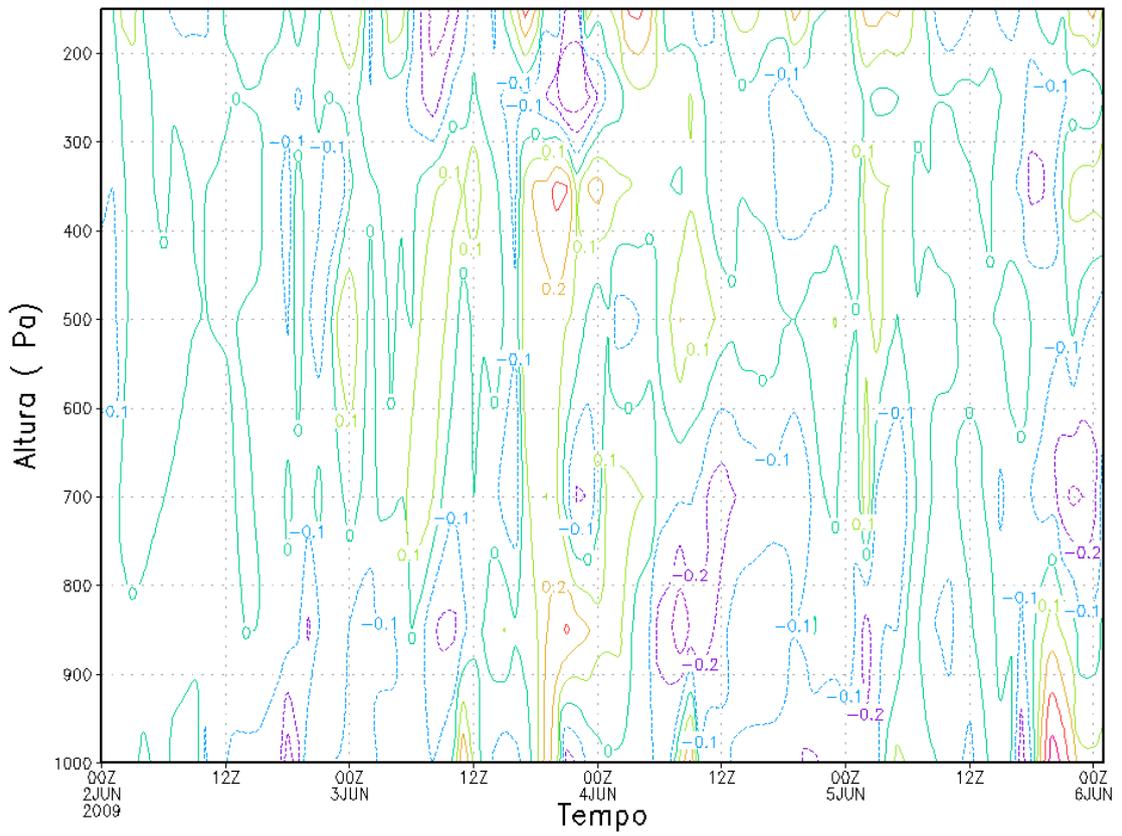
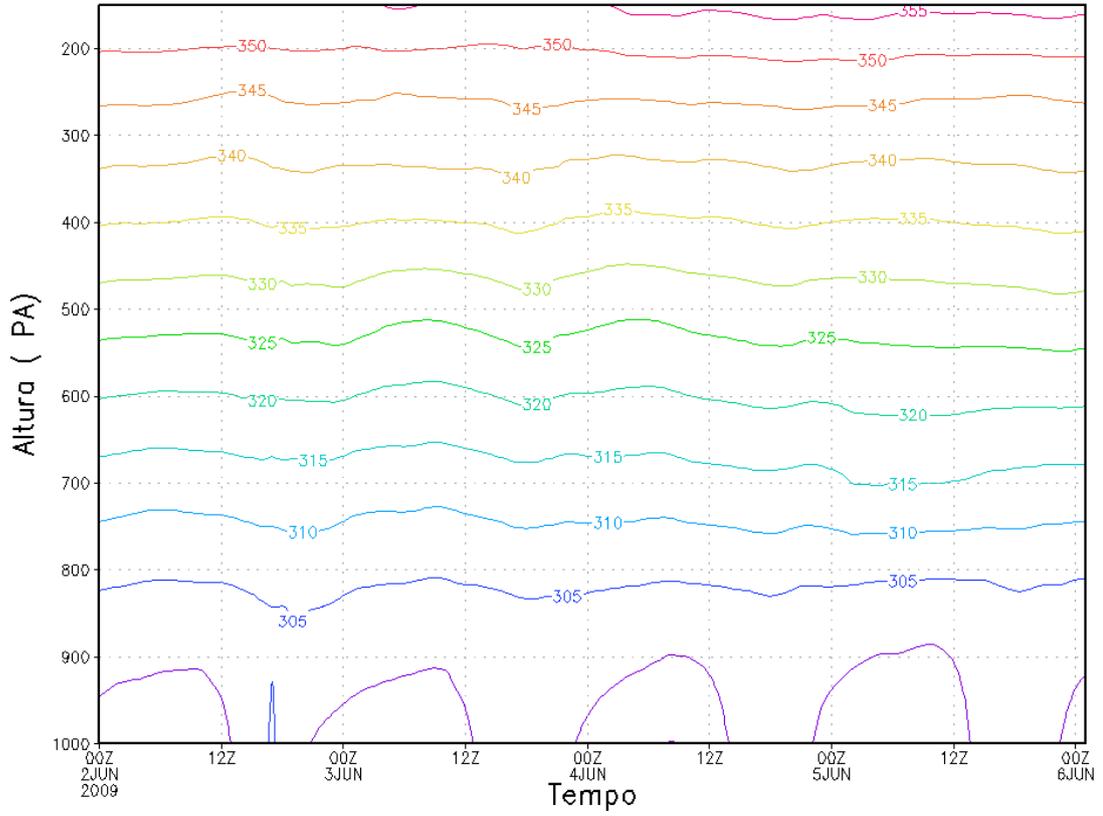


Savana Estépica II

Grade I

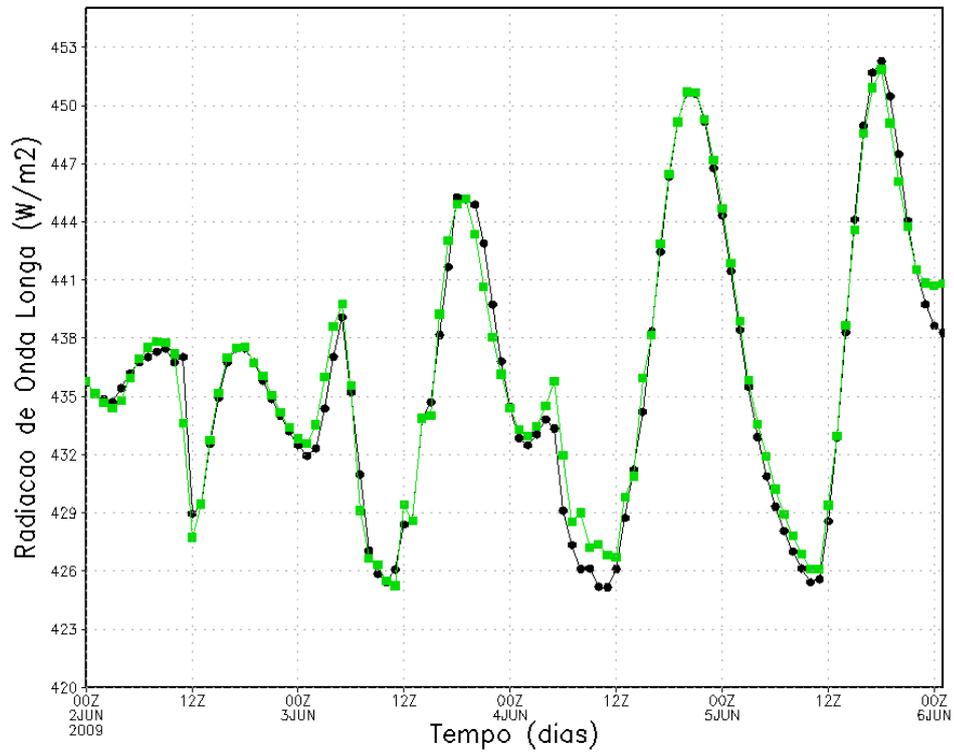


Grade II



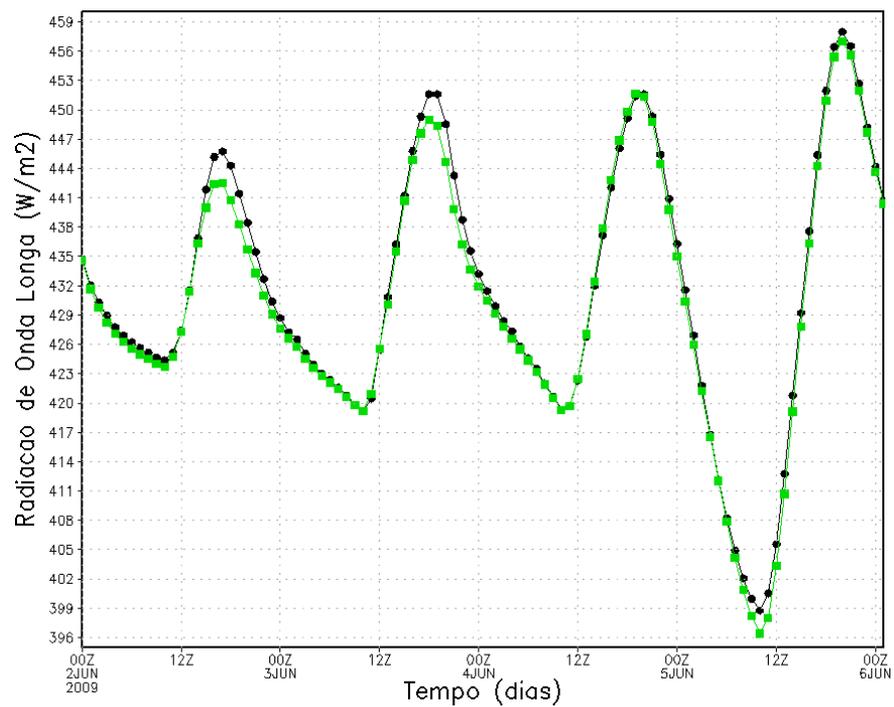
Radiação de Onda Longa

Floresta Ombrófila Aberta

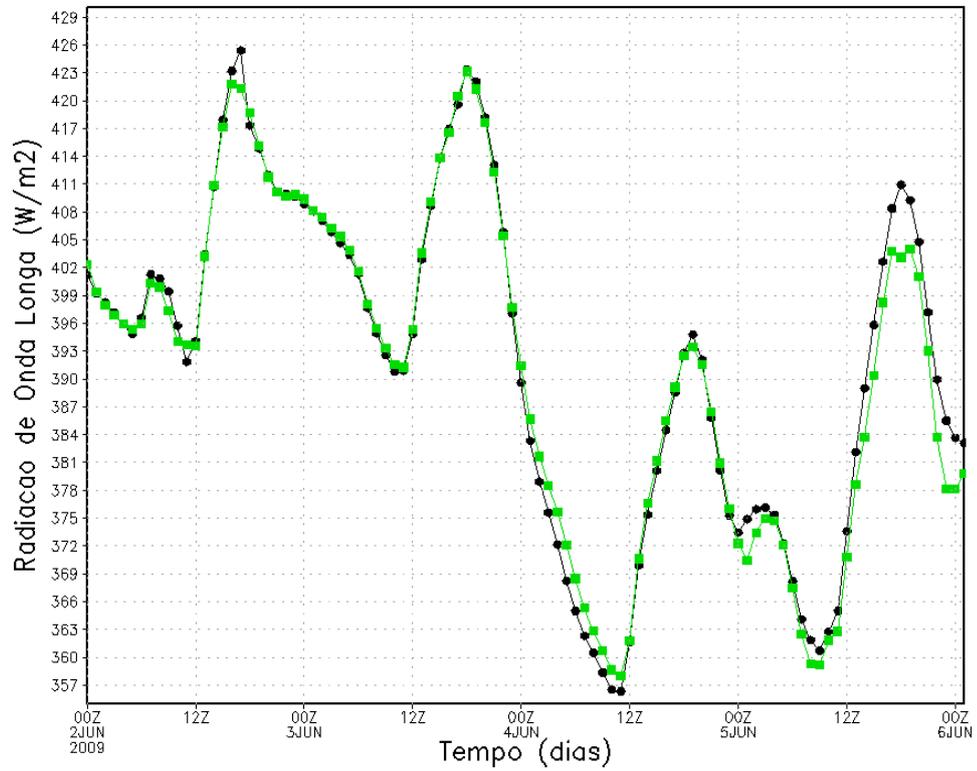


Floresta Estacional Semidecidual

Grade I

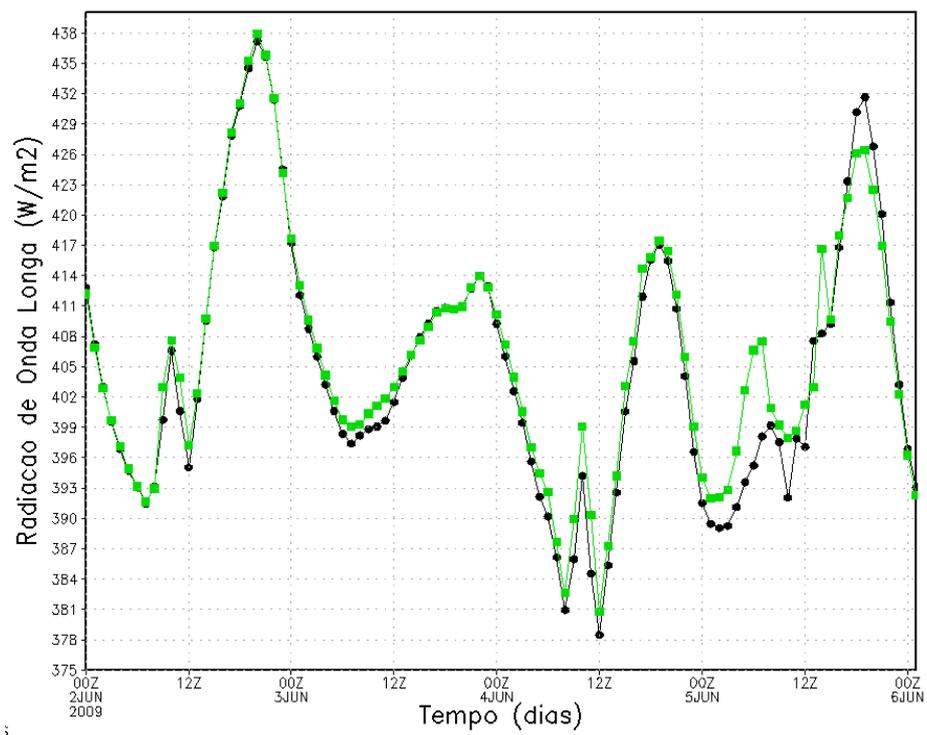


Grade II

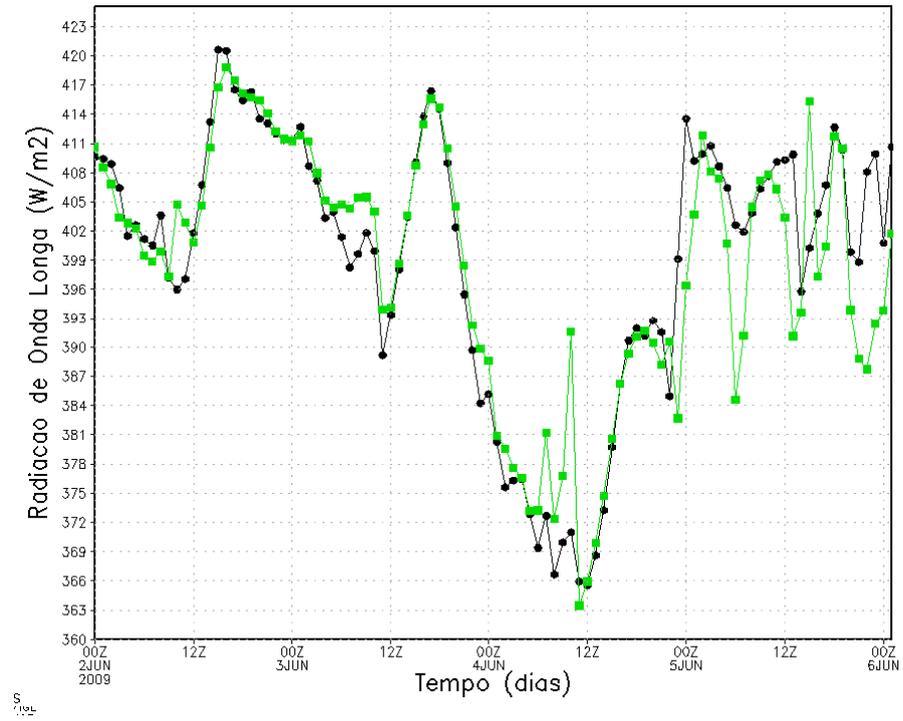


Savana Estépica I

Grade I

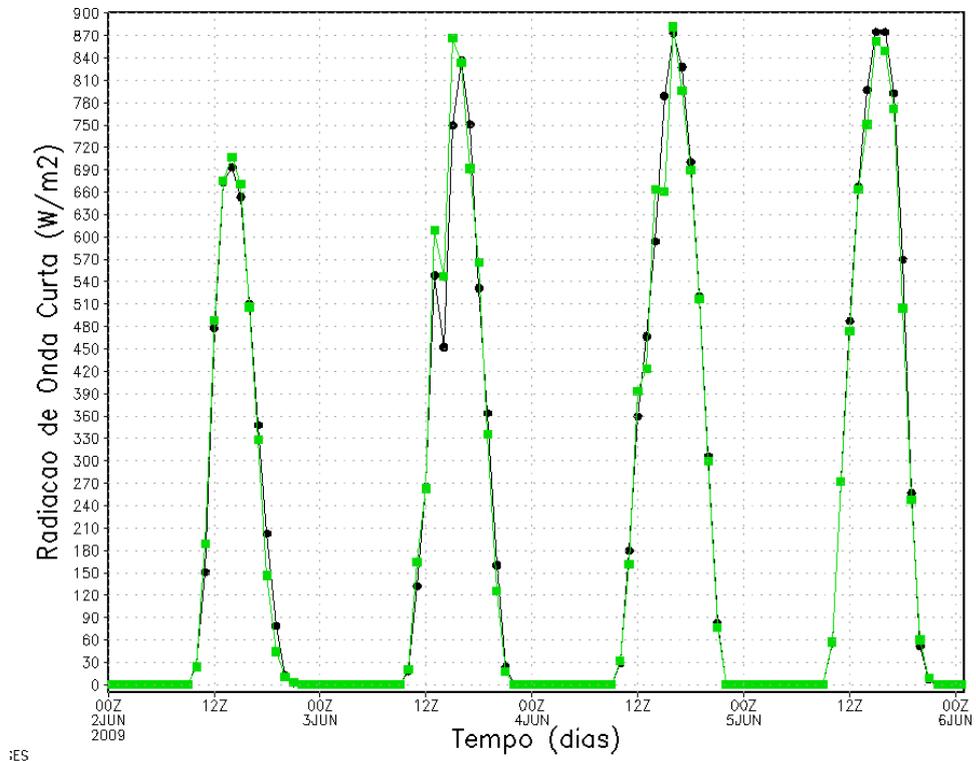


Grade II



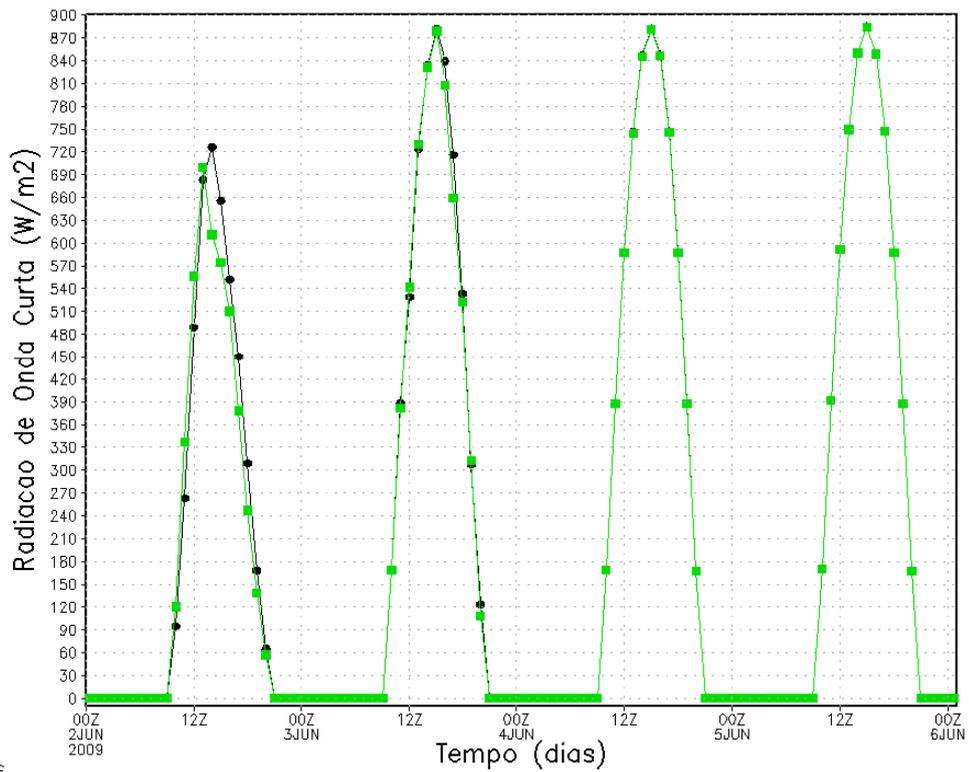
Radiação de Onda Curta

Floresta Ombrófila Aberta

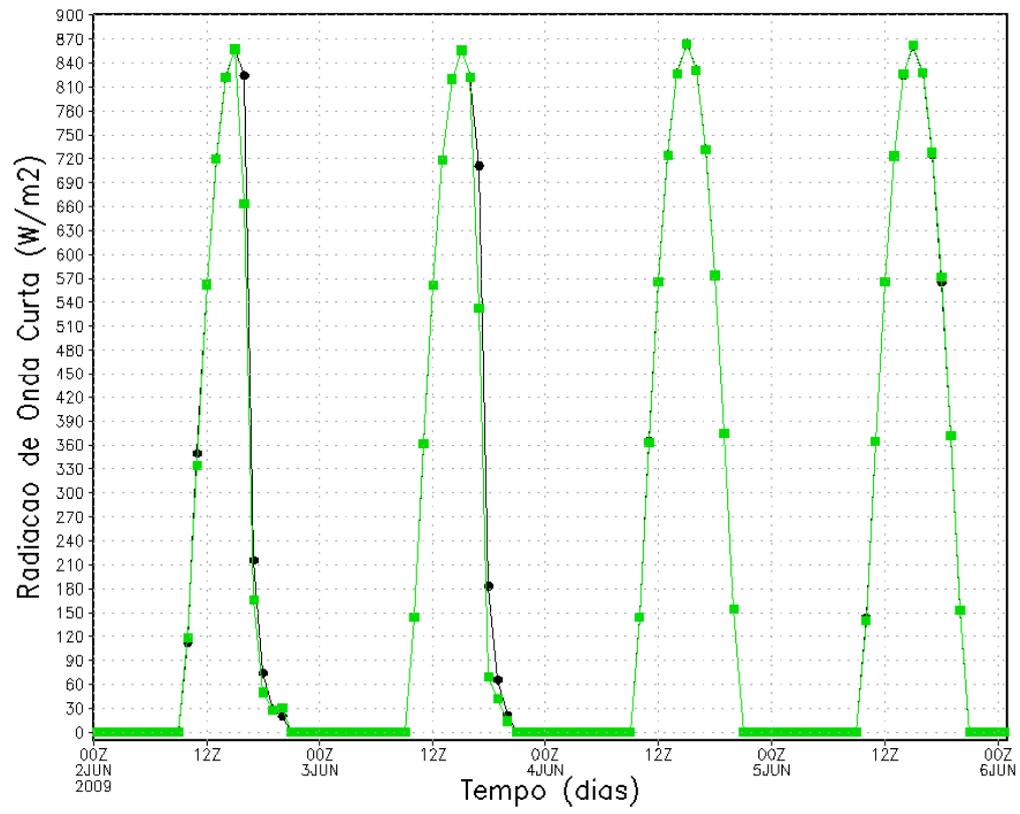


Floresta Estacional Semidecidual

Grade I

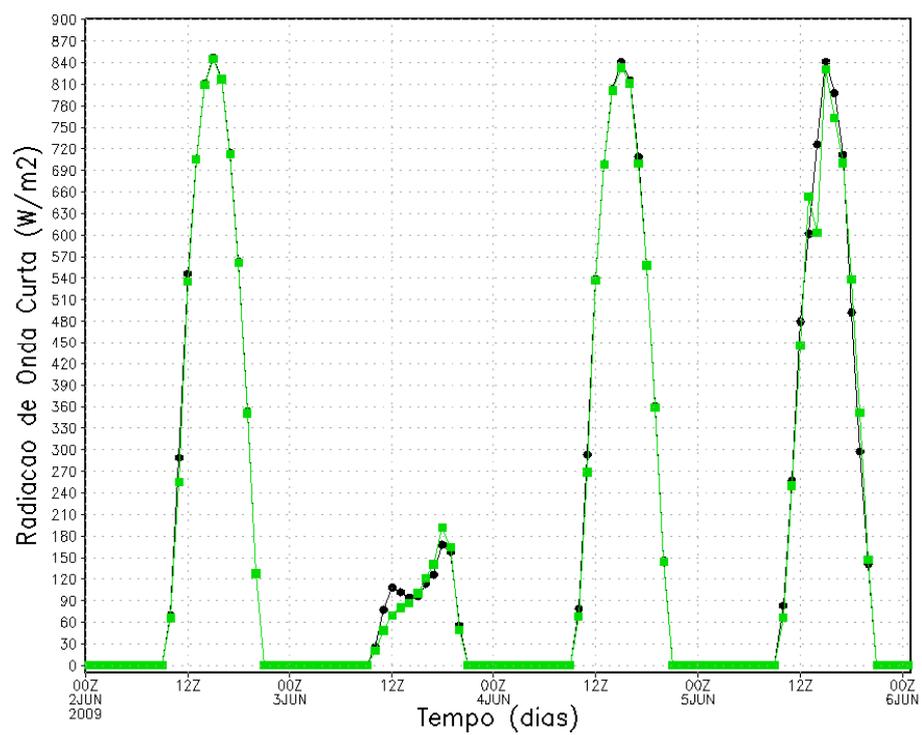


Grade II

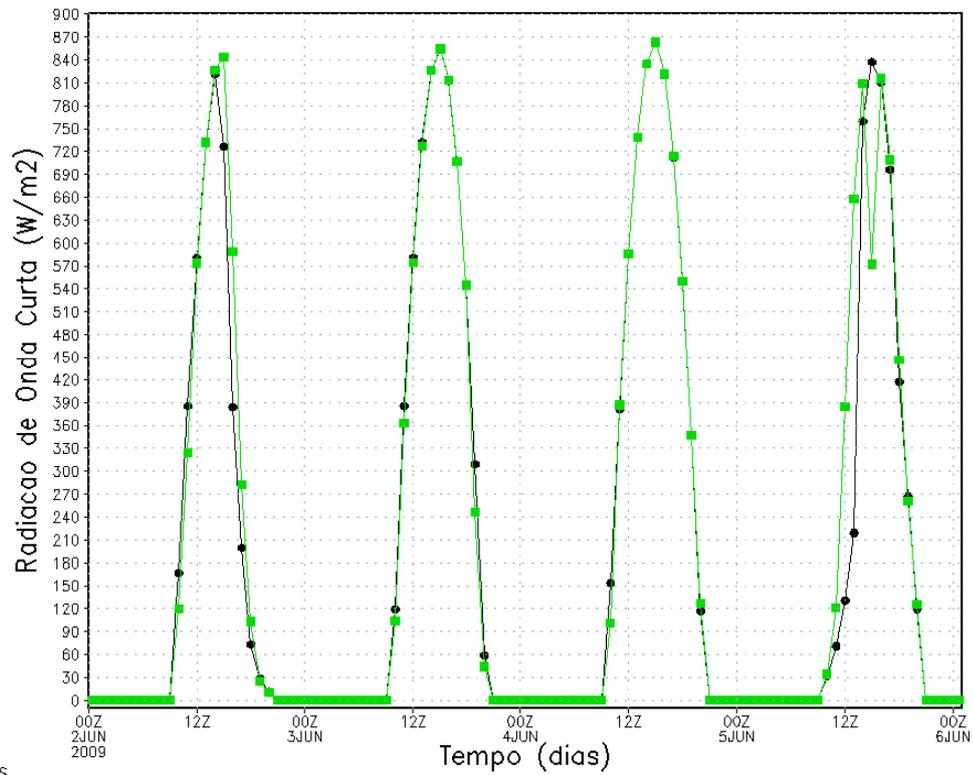


Savana Estépica I

Grade I



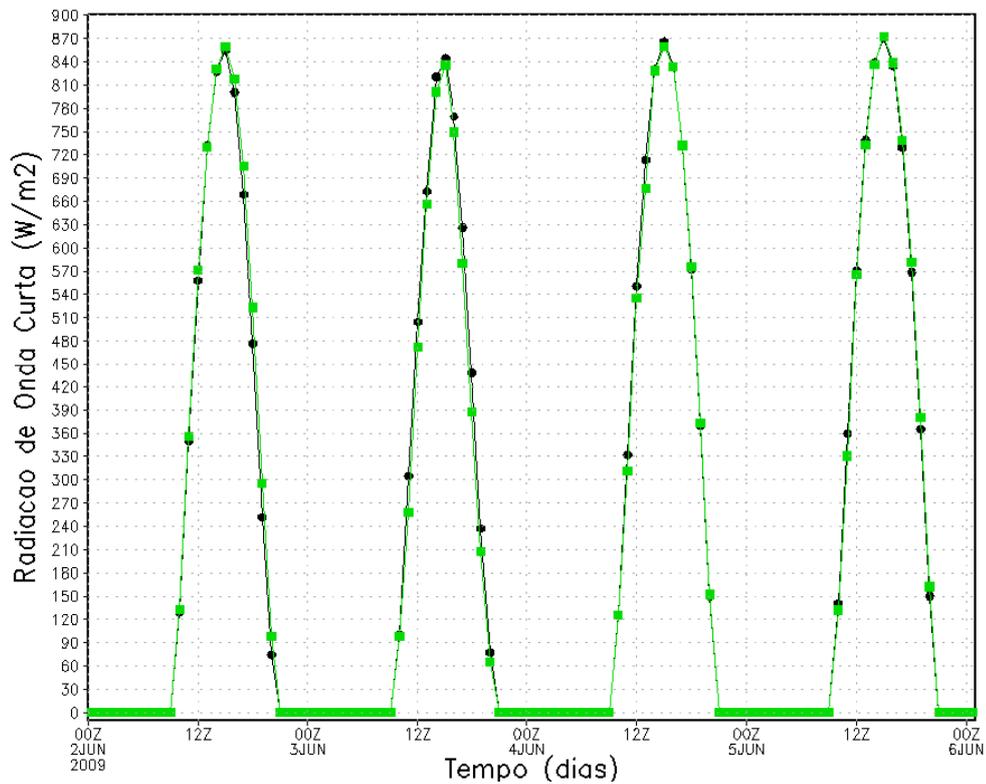
Grade II



s

Savana Estépica II

Grade I



Grade II

