

## **Relatório Final de Atividades**

**Geração de um mapa de classificação de solos para a utilização em modelos atmosféricos e hidrológicos.**

**Bolsista: Júlio Cezar Ferreira**

**Orientador: Javier Tomasella**

**CPTEC / INPE**

**2008**

## **DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

**Nome:** Júlio Cezar Ferreira

**Local de Trabalho:** CPTEC / INPE

**Título do projeto:** Geração de um mapa de classificação de solos para a utilização em modelos atmosféricos e hidrológicos.

**Tipo de bolsa:** Bolsa ITI-1A

**Período:** Agosto/ 2007 – Julho/ 2008

## Sumário

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO .....	2
SUMÁRIO .....	3
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. OBJETIVOS.....	5
3. DADOS .....	5
4. METODOLOGIA .....	6
4.1 Classificação e Mapa de Solo .....	6
4.2 Modelo atmosférico regional Eta .....	8
4.2.1 Escolha dos Eventos .....	9
5. RESULTADOS OBTIDOS .....	9
5.1 Experimentos com o Modelo Eta.....	9
6. CONCLUSÕES.....	23
7. TRABALHOS FUTUROS.....	23
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23

## 1. Introdução

Saber sobre a disponibilidade de água no solo é uma informação importante para estimar, por exemplo, os efeitos das secas sobre a queda do rendimento agrícola, o planejamento das suas atividades definindo melhor as datas de plantio, necessidade de irrigação, produtividade agrícola e eleição do tipo de cultura mais adequada ao clima regional, etc.

O conhecimento da disponibilidade hídrica é de particular importância nas regiões agrícolas onde a variabilidade interanual e sazonal das chuvas tem forte impacto. Da mesma forma, o excesso de umidade do solo durante a ocorrência de enchentes também provoca quedas na produtividade. Apesar da importância de informação sobre disponibilidade hídrica, não existem medições regulares e contínuas no tempo e espaço desse parâmetro.

Este trabalho foi desenvolvido no marco do Projeto MUSA (Monitoramento de Umidade do Solo no sudeste da América do sul) implementado no CPTEC / INPE. O objetivo do projeto MUSA é o desenvolvimento de parametrizações de solos na região do Mercosul para uso em modelos atmosféricos regionais.

Durante o desenvolvimento deste trabalho foram estudados os impactos da utilização destas parametrizações na simulação numérica de tempo. Também foram desenvolvidas ferramentas de visualização que permitiram a disponibilidade das informações geradas através da Internet.

A nova parametrização de solos foi utilizada no Modelo Simples de Água no Solo do CPTEC / INPE para simular as condições de umidade no solo sobre a região. Com as informações sobre a classificação e os parâmetros característicos dos solos do projeto MUSA junto com os campos de umidade no solo simulados foram feitos experimentos com o Modelo Eta na região da Serra do Mar / SP.

Atualmente o modelo Regional ETA disponível no CPTEC / INPE, pode ser executado utilizando resoluções mais baixas, de 40 km, e outras de alta definição, de 5 ou 2 km. Isto leva a necessidade de obter uma distribuição das características dos solos mais detalhada que a de 1º latitude-longitude atualmente utilizada.

## **2. Objetivo**

O objetivo principal do presente projeto é desenvolver uma nova parametrização das características dos solos na América do Sul. Também foram realizados experimentos de simulação numérica de tempo com o Modelo Eta utilizando o novo mapa de solos e a umidade do solo obtida com o modelo simples de umidade no solo, disponibilizadas pelo projeto MUSA, a fim de avaliar os impactos na modelagem.

## **3. Dados**

Foi utilizada a classificação de solos desenvolvida no marco do projeto MUSA ([http://www6.cptec.inpe.br/prosulsolos/sobre\\_projeto.html](http://www6.cptec.inpe.br/prosulsolos/sobre_projeto.html)). A mesma foi obtida a partir de informações de perfis de solos disponíveis na base de dados de solos do CPTEC / INPE e do mapa de solos STATSGO / FAO (<http://www.rap.ucar.edu/research/land/technology/lsm.php>). O banco de dados de solos do CPTEC contem informações de perfis de solos do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai. Cada perfil de solos inclui informações básicas tais como tipo de solo, as classes de textura, a profundidade dos horizontes, a quantidade de carbono orgânico, etc. As informações dos dados pedológicos de solos foram obtidas do levantamento da Embrapa e do Radam Brasil. Com os solos amostrados foram determinadas a profundidade dos horizontes, o tipo de solo, granulometria, textura e estrutura, etc. Através do uso de funções de pedo-transferência (Tomasella et al., 2005), são obtidos os parâmetros hidrológicos característicos dos solos a partir das características dos mesmos. O mapa de solos do STATSGO / FAO, fornecido pelo NCAR (National Center for Atmospheric Research) apresenta uma classificação de solos com uma resolução de 5 minutos sobre a América do Sul. As 16 categorias nas quais a classificação é dividida segue as divisões de Zabler em função da textura, considerando também alguns tipos de solos especiais.

Para alimentar o modelo simples de água no solo foram utilizados os dados de precipitação sobre a América do Sul obtidos pelo projeto MUSA. Trata-se de informações diárias de precipitação, numa grade de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ . As mesmas são

obtidas utilizando as estimativas de precipitação por satélite fornecidas pelo produto 3B42 do TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) da versão 6 ([http://daac.gsfc.nasa.gov/precipitation/TRMM\\_README/TRMM\\_3B42\\_readme.shtml](http://daac.gsfc.nasa.gov/precipitation/TRMM_README/TRMM_3B42_readme.shtml)). Esta informação é corrigida utilizando a informação diária de pluviômetros disponível no CPTEC / INPE. Também foram utilizadas informações meteorológicas de estações da América do Sul, existentes no CPTEC, para a obtenção dos valores de evapotranspiração potencial diária.

Como condições iniciais das rodadas do modelo ETA foram utilizados os dados das previsões de tempo que são fornecidas duas vezes ao dia, às 0000 UTC e às 1200 UTC, pelo modelo global Eta 40 Km operacional do CPTEC. Para simulação foram selecionados alguns eventos geofísicos que tiveram impacto na região da Serra do mar. Os mesmos aconteceram nas datas 23/12/2001, 11/09/2002 e 01/01/2004.

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1. Classificação e Mapa de Solo**

A nova classificação de solos foi desenvolvida no marco do projeto MUSA, utilizando os parâmetros característicos do solo sobre América do Sul. A mesma desenvolveu-se levando em consideração as características hidrológicas do solo. Os solos foram agrupados de acordo com estas características (tabela 01) e de todas as combinações possíveis destes intervalos surgiram os 18 tipos de solos considerados (tabela 02). Como a base de dados de perfis de solos do CPTEC não abrange toda a América do Sul foi realizada uma correlação entre as classificações da base de dados do CPTEC e do STASGO / FAO, para suprir as regiões onde não havia dados. Desta forma foi gerado o novo mapa de solos para América do Sul, com uma resolução de 0,25x0,25 grados (figura 01).

	Categ. 1	Categ. 2	Categ. 3
SCRIT	≤ 75	75 - 150	> 150
SMAX	≤ 200	200 - 350	> 350
SWP	≤ 150	150 - 250	> 250

Tabela 01: combinações de intervalos

	MAXSMC	SATPSI	SATDK	BB	QTZ	REFSMC	WLTSMC	DRYSMC	SATDW	F11
Grupo	<i>smax_vol</i>	<i>PSI</i>	<i>ksat (m/seg)</i>	<i>B</i>		<i>scrit_vol</i>	<i>Swp_vol</i>	<i>Swp_vol</i>		
1	0,156	0,267	4,28E-07	2,025	0,60	0,033	0,084	0,084	1,48E-06	-0,209
2	0,191	0,101	8,2222E-07	2,78	0,25	0,044	0,163	0,163	1,206E-06	-0,996
3	0,192	0,250	1,6944E-06	3,03	0,25	0,067	0,322	0,322	6,678E-06	-0,773
4	0,291	0,107	1,4042E-05	2,245	0,60	0,048	0,111	0,111	1,16E-05	-0,174
5	0,288	0,089	9,4528E-06	2,615	0,45	0,057	0,188	0,188	7,601E-06	-0,466
6	0,296	0,052	9,1806E-06	3,02	0,25	0,061	0,269	0,269	4,897E-06	-0,880
7	0,371	0,094	7,6953E-05	1,965	0,82	0,044	0,070	0,070	3,85E-05	0,128
8	0,381	0,041	3,4342E-05	2,53	0,25	0,053	0,185	0,185	0,185	-0,448
9	0,364	0,018	5,0222E-05	2,975	0,25	0,051	0,267	0,267	7,321E-06	-1,053
10	0,322	0,429	1,7056E-05	2,13	0,60	0,092	0,121	0,121	4,847E-05	0,583
11	0,320	0,401	5,2833E-06	2,44	0,35	0,105	0,197	0,197	1,615E-05	0,398
12	0,302	0,217	3,4639E-06	2,9	0,25	0,096	0,263	0,263	7,215E-06	-0,170
13	0,368	0,604	2,0522E-05	2,01	0,60	0,116	0,111	0,111	6,774E-05	0,907
14	0,366	0,502	6,9556E-06	2,415	0,10	0,130	0,195	0,195	2,303E-05	0,648
15	0,400	0,135	4,9481E-05	2,965	0,10	0,110	0,275	0,275	4,946E-05	-0,051
16	0,309	0,926	3,6444E-06	2,805	0,10	0,158	0,196	0,196	3,059E-05	0,537
17	0,416	1,289	1,0639E-05	1,835	0,25	0,178	0,117	0,117	6,045E-05	1,412
18	0,386	0,842	0,00000655	2,295	0,10	0,163	0,194	0,194	3,279E-05	0,977

Tabela 02: Nova classificação de solos

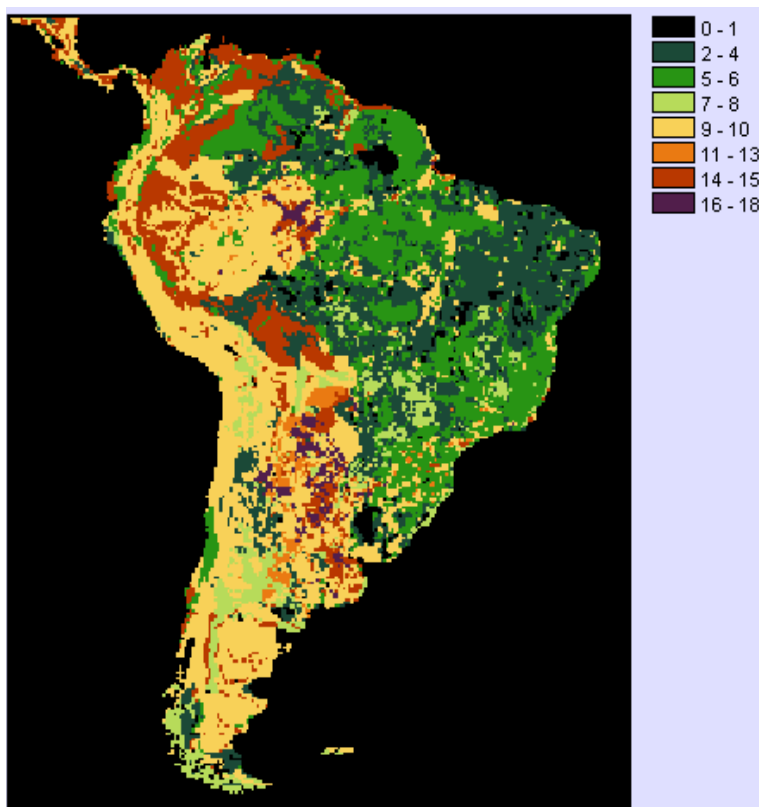


Figura 01: novo mapa de solos

#### 4.2. Modelo atmosférico regional Eta

Trata-se de um modelo regional de simulação atmosférica. O nome do modelo vem da letra grega  $\eta$  (eta), utilizada para descrever os níveis verticais no modelo. A topografia do modelo Eta é representada em forma de degraus. As variáveis de prognóstico do modelo são: temperatura do ar, componente zonal e meridional do vento, umidade específica, água líquida da nuvem, pressão à superfície e energia cinética turbulenta. As integrações sobre a região da Serra Do Mar com uma latitude de -26.5 a -20.0 e uma longitude de -51.5 a -39.0, foram realizadas por 72 horas, com resolução horizontal de 15 km e vertical de 38 camadas. As condições iniciais e de contorno são fornecidas pelo modelo Eta 40 Km operacional do CPTEC. As rodadas de controle foram realizadas considerando o mapa de solos atual do modelo e as condições iniciais de umidade do solo fornecidas pelo do modelo ETA 40 Km. As rodadas dos experimentos



consideraram o novo mapa de solos desenvolvido e as condições iniciais de umidade no solo fornecidas pelo modelo simples de água no solo do CPTEC.

O Modelo Simples de água no Solo é utilizado operacionalmente no CPTEC para a simulação das condições hídricas sobre América do Sul. O mesmo utiliza informações diárias de precipitação e evapotranspiração potencial, simulando o conteúdo de água no solo através da caracterização hidrológica do solo. O modelo foi integrado entre 1998 e 2006 sobre América do Sul, o que permite considerar um tempo suficientemente longo para a estabilização das condições de umidade do solo simuladas. Além disto à utilização da mesma parametrização de solos utilizada nos experimentos com o modelo Eta diminui os efeitos do impacto da inicialização da umidade do solo no mesmo.

#### **4.2.1. Escolha dos Eventos**

Os Eventos geofísicos escolhidos foram às enchentes que ocorreram na região da Serra do Mar, nas datas 23/12/2001, 11/09/2002 e 01/01/2004. Durante as enchentes foram verificadas inundações e deslizamentos, ocasionado o deslocamento de pessoas e óbitos na região.

## **5. RESULTADOS OBTIDOS**

### **5.1. Experimentos com o Modelo Eta**

Nas simulações do evento de 11/09/2002, os campos de umidade disponível no solo (SMAV) na rodada de controle (Fig. 2 Antigo) apresenta uma distribuição mais regular, associada à baixa resolução do mapa de solos original. Os valores mostram solos no seu limite de saturação decorrentes das condições iniciais utilizadas nas rodadas de controle. Na rodada experimental os campos apresentam uma variação mais uniforme como resultado da melhora na parametrização do solo (Fig. 2 Novo). Os valores de SMAV também são menores adequando-se as características descritas pelos perfis de solo na região.

O calor latente (CLSF) nas simulações de controle (Fig. 3 Antigo) apresenta valores superiores aos simulados nos experimentos (Fig. 3 Novo), como resultado do alto conteúdo de umidade no solo nas mesmas. Os menores conteúdos de umidade no solo nas simulações do experimento também resultaram num

incremento dos valores do fluxo de calor sensível (CSSF) (Fig. 4). Os campos de pressão (PRES) (Fig 5) apresentaram pouca diferença entre as simulações de controle e os experimentos. Este comportamento está associado à utilização das mesmas condições iniciais e de contorno dos campos de pressão em ambas as simulações.

Os campos de temperatura à superfície (TEMP) apresentam um incremento da mesma nas simulações do experimento na da região (Fig 6) onde foram verificados os maiores incrementos no fluxo de calor sensível (Fig. 4).

As simulações do experimento apresentaram uma distribuição mais uniforme da precipitação (PREC) ao longo da costa (Fig. 7 Novo) que a apresentada na simulação de controle (Fig. 7 Antigo). Em ambas as simulações os campos de precipitação não representam adequadamente os altos valores registrados na costa NE da região (Fig. 7 Observado). Os valores máximos localizados no extremo SO da região nas duas simulações sugerem um atraso no sistema sinótico simulado pelo modelo com respeito às observações.

Nos eventos dos dias 24/12/01 e 01/01/04 o calor latente (CLSF) (Fig 8) e (Fig 9) e o calor sensível (CSSF) (Fig 10) e (Fig 11) apresentam pouca diferença entre as simulações de controle e as do experimento. Isso aconteceu devido a que o solo, em ambas as simulações estava quase saturado, ocasionando uma partição de energia semelhante. Dada esta semelhança na partição da energia, as precipitações (Fig 12) e (Fig 13) simuladas em ambas as rodadas também apresentaram padrões e valores similares.

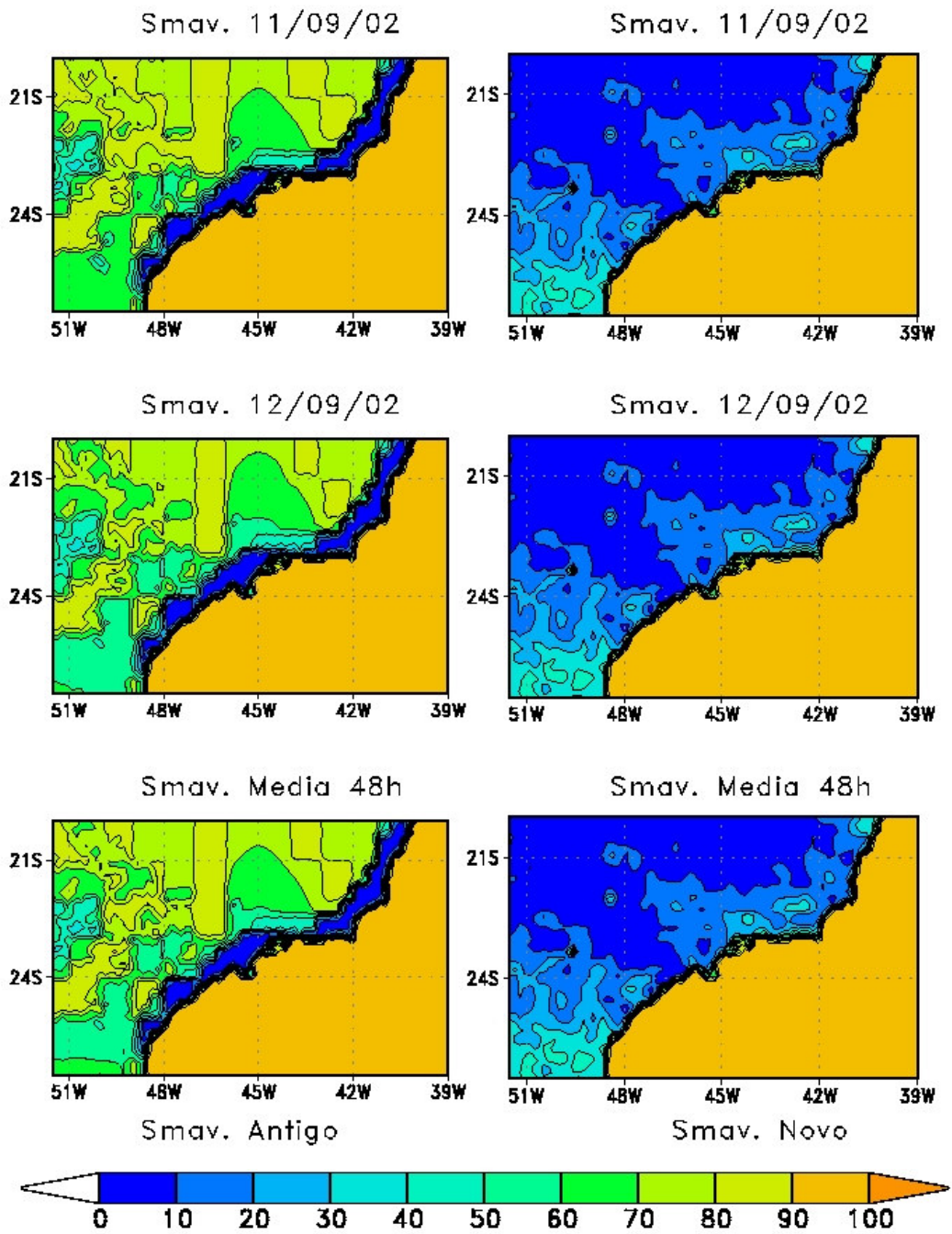


Figura 02: UMIDADE DISPONIVEL DO SOLO(mm)

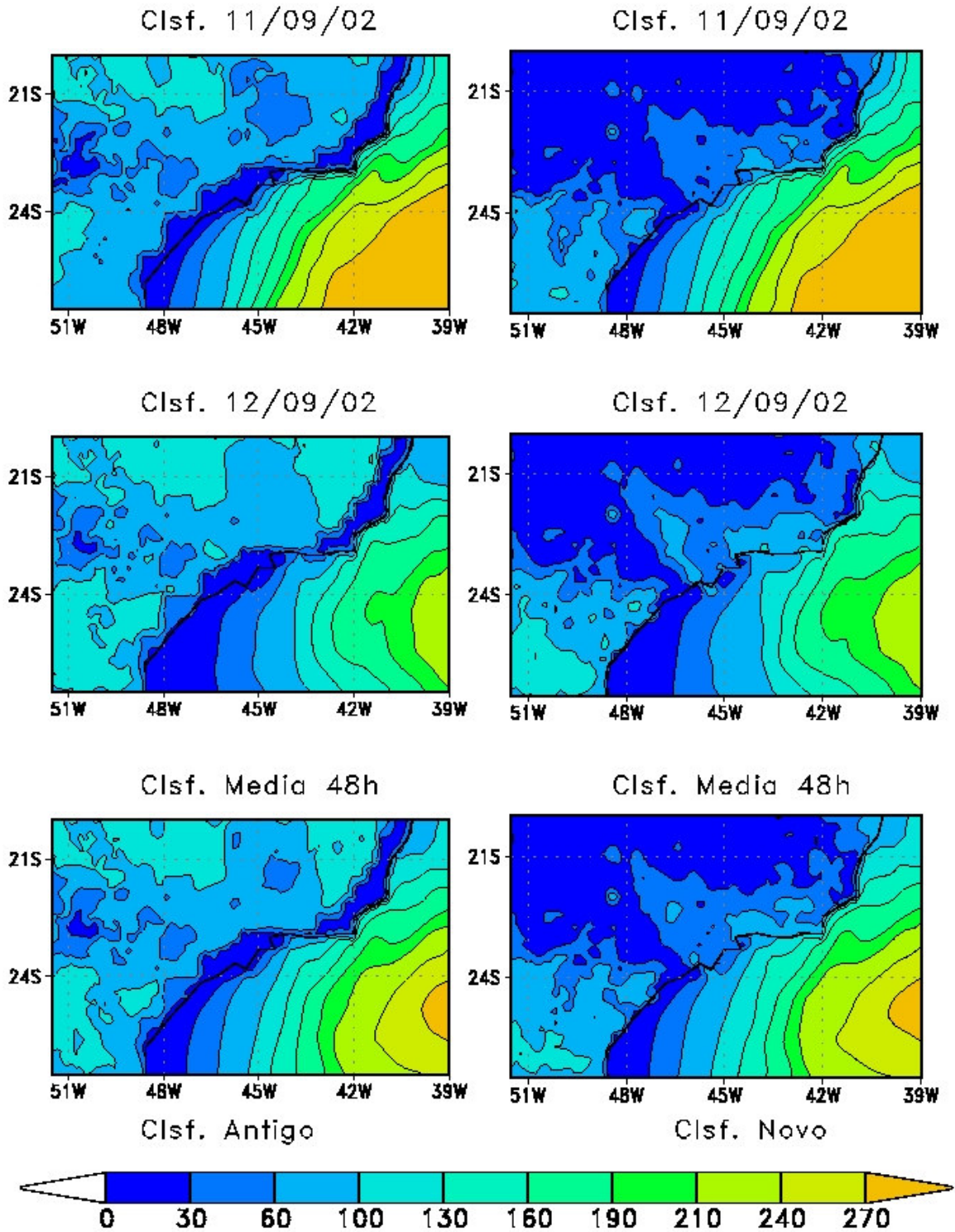


Figura 03: CALOR LATENTE(W/m2)

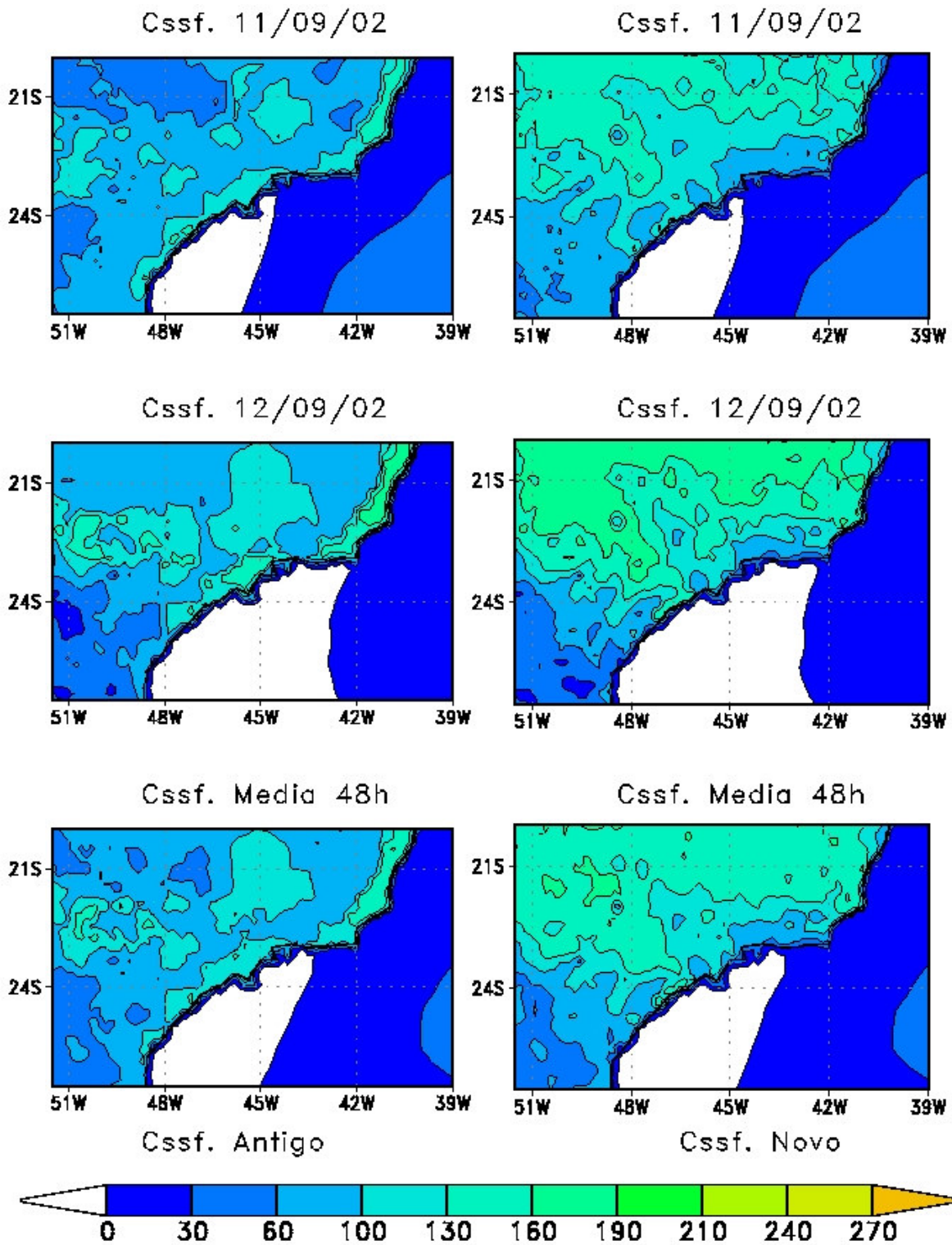


Figura 04: CALOR SENSÍVEL (W/m<sup>2</sup>)

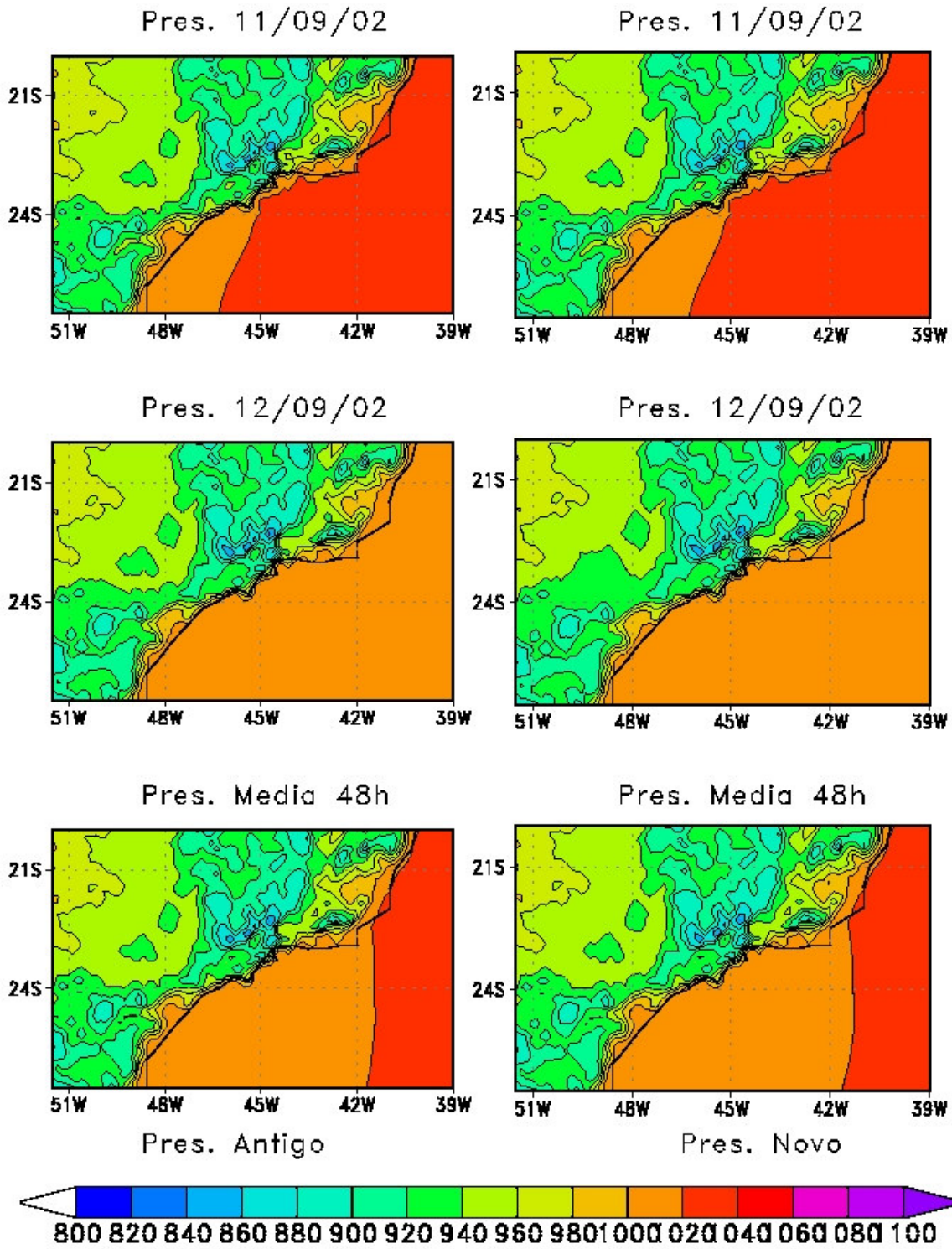


Figura 05: PRESSÃO (Pa)

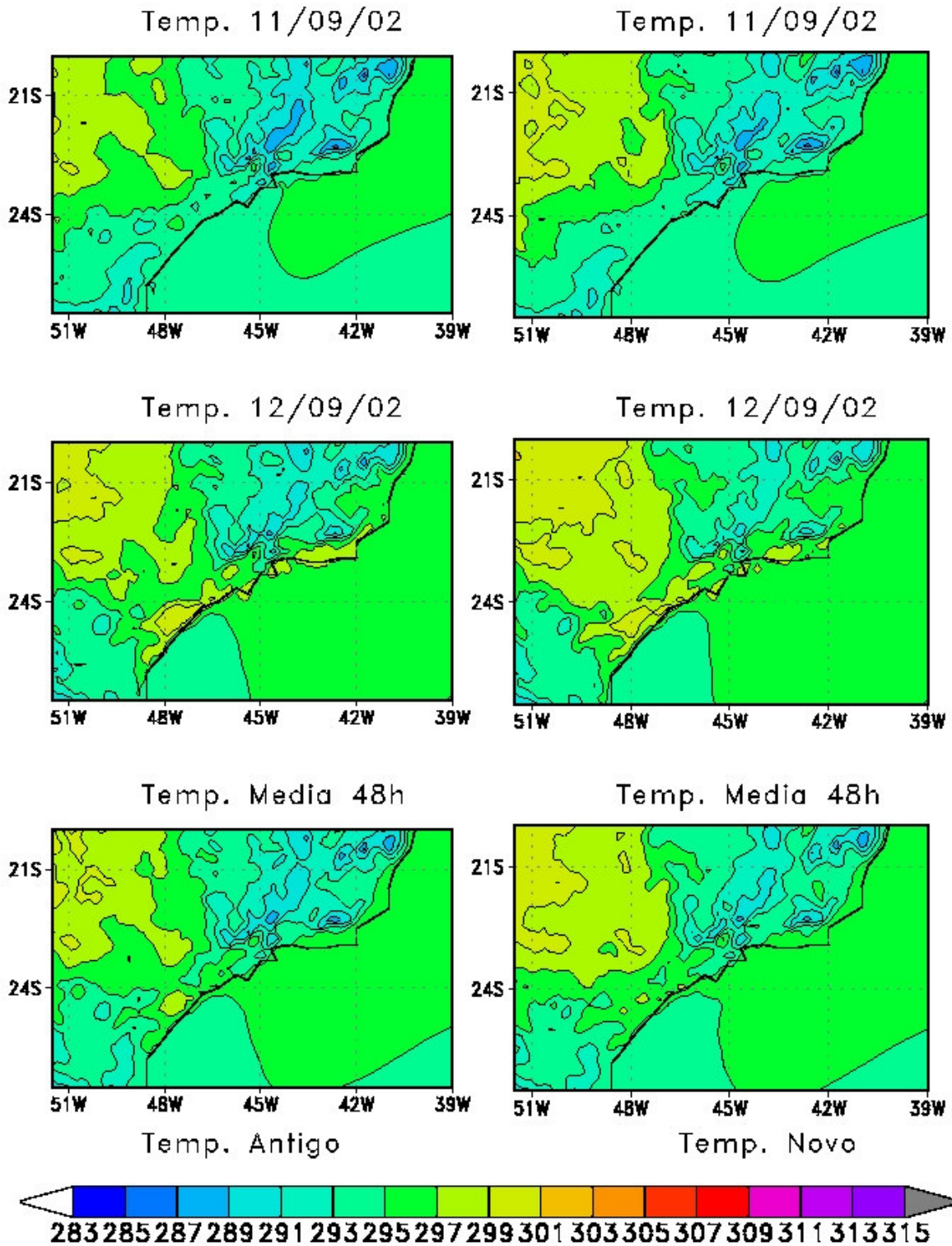


Figura 06 TEMPERATURA (K)

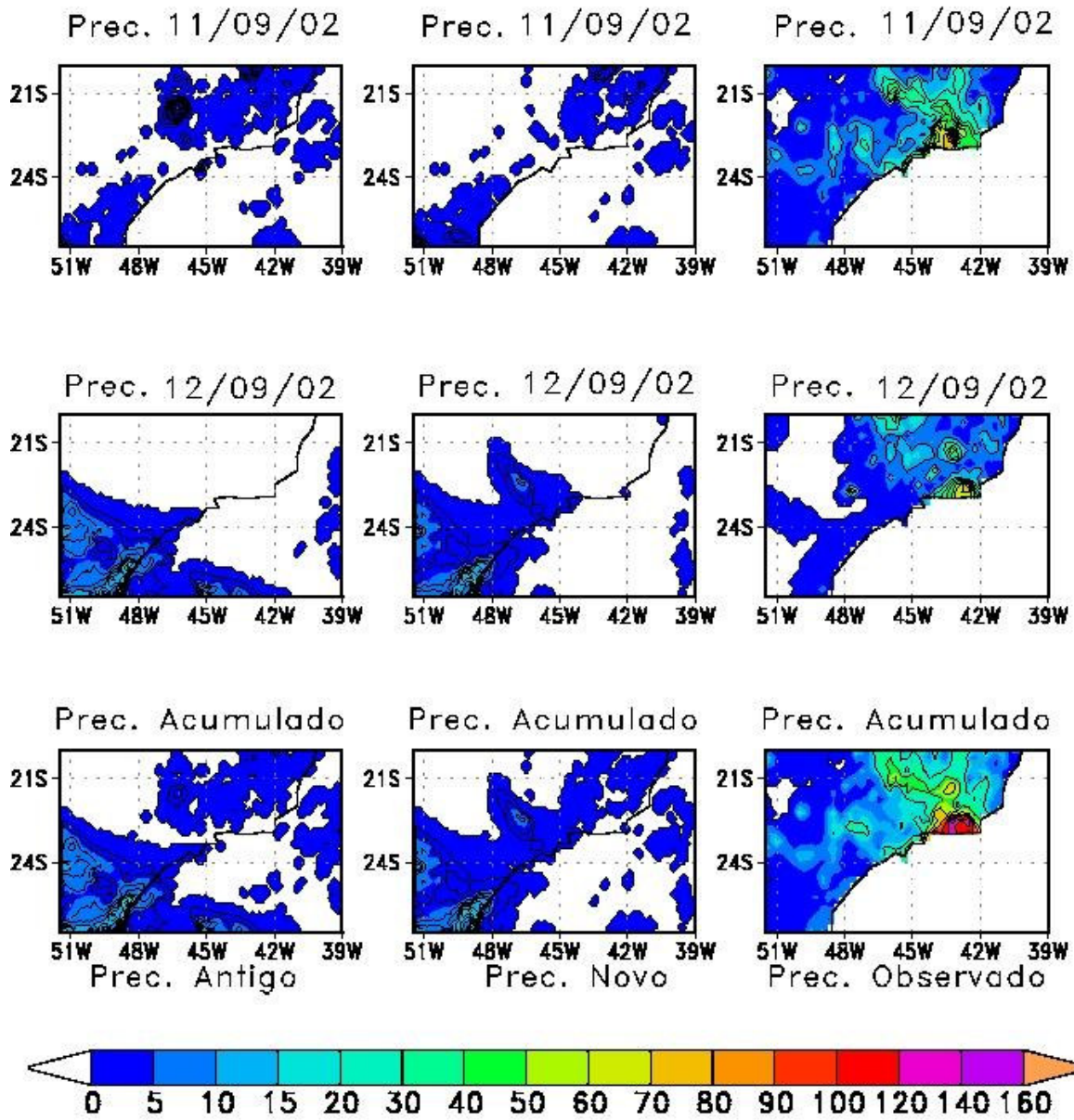


Figura 07 PRECIPITAÇÃO (mm)



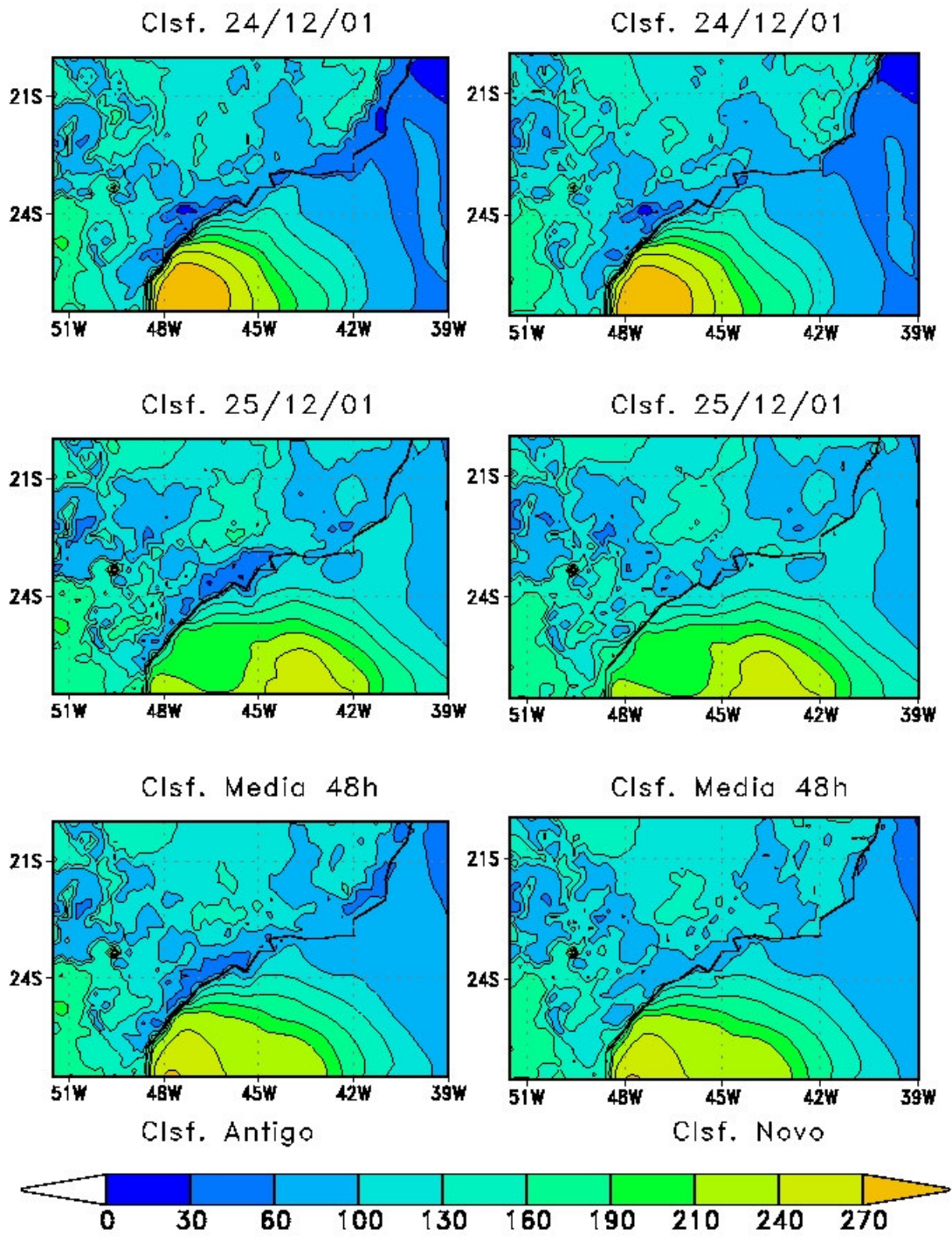


Figura 08: CALOR LATENTE (W/m<sup>2</sup>)

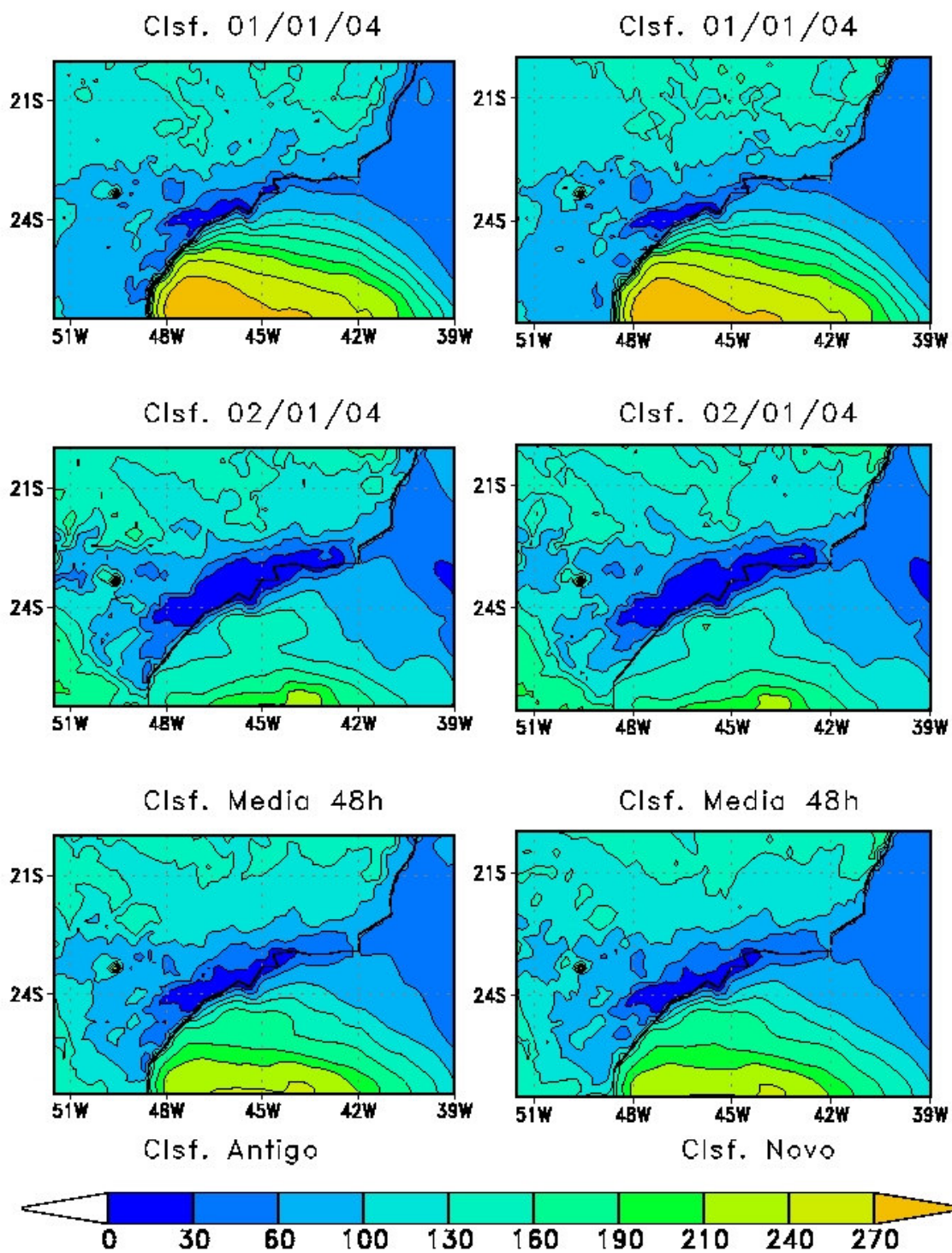


Figura 9: CALOR LATENTE (W/m<sup>2</sup>)

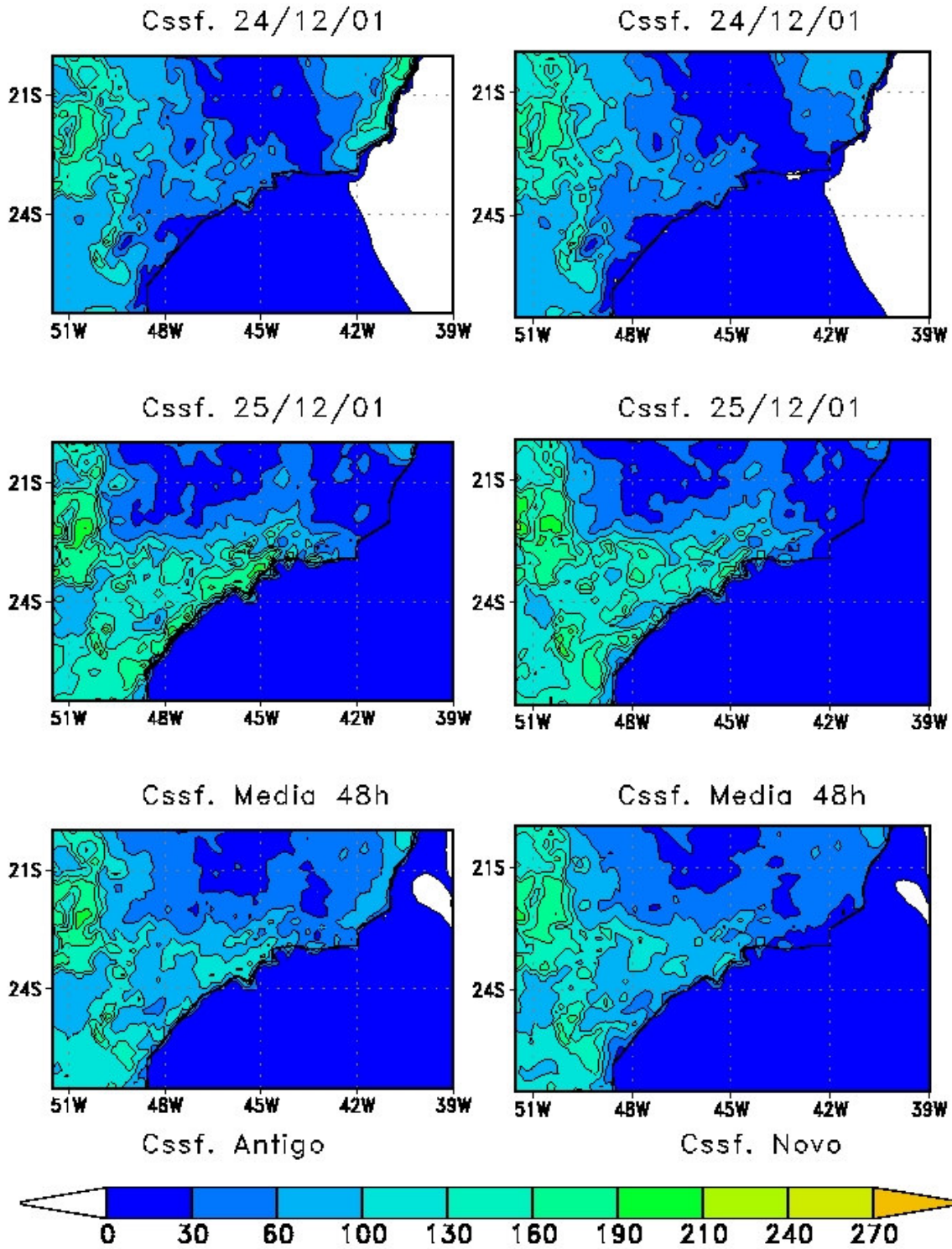


Figura 10: CALOR SENSÍVEL (W/m<sup>2</sup>)

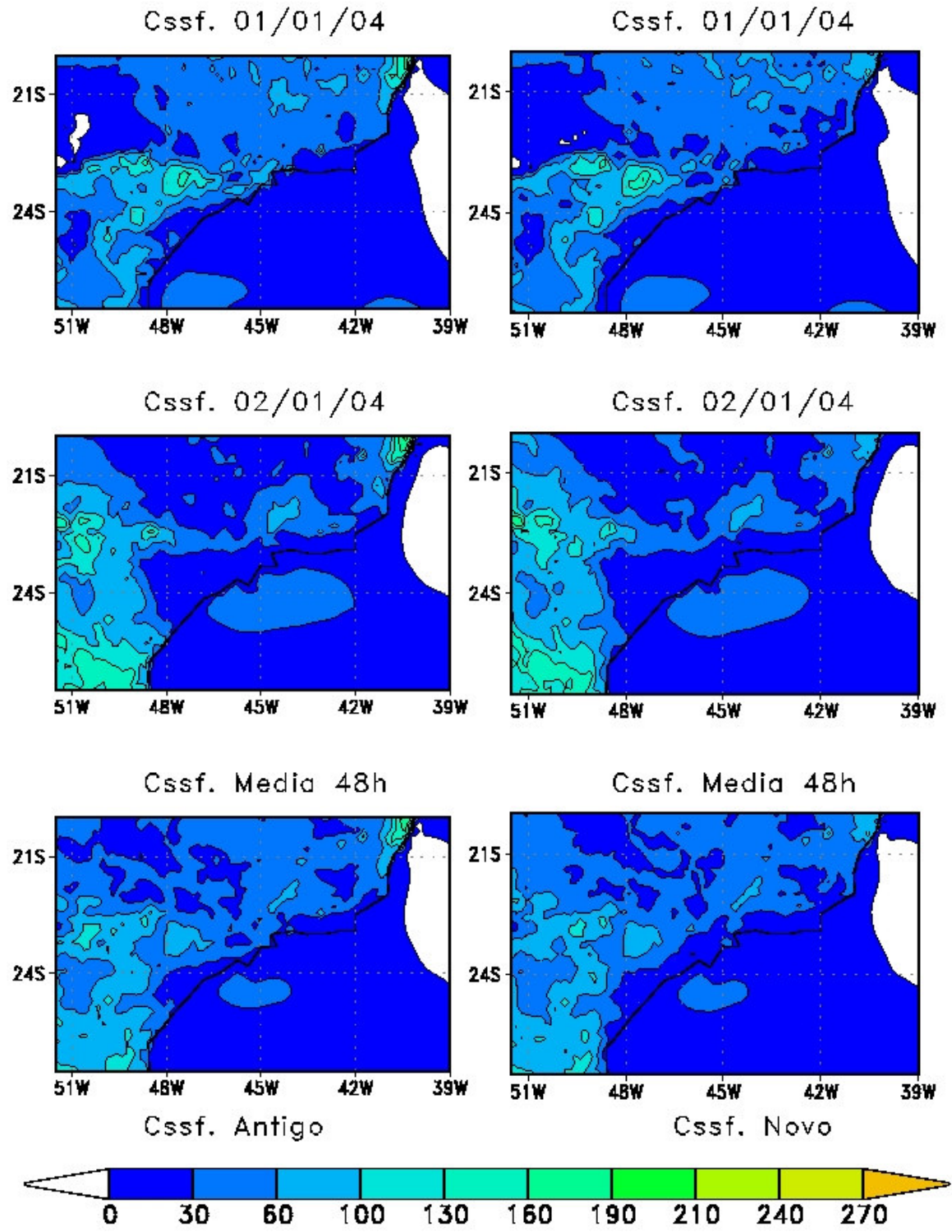


Figura 11: CALOR SENSÍVEL ( $W/m^2$ )

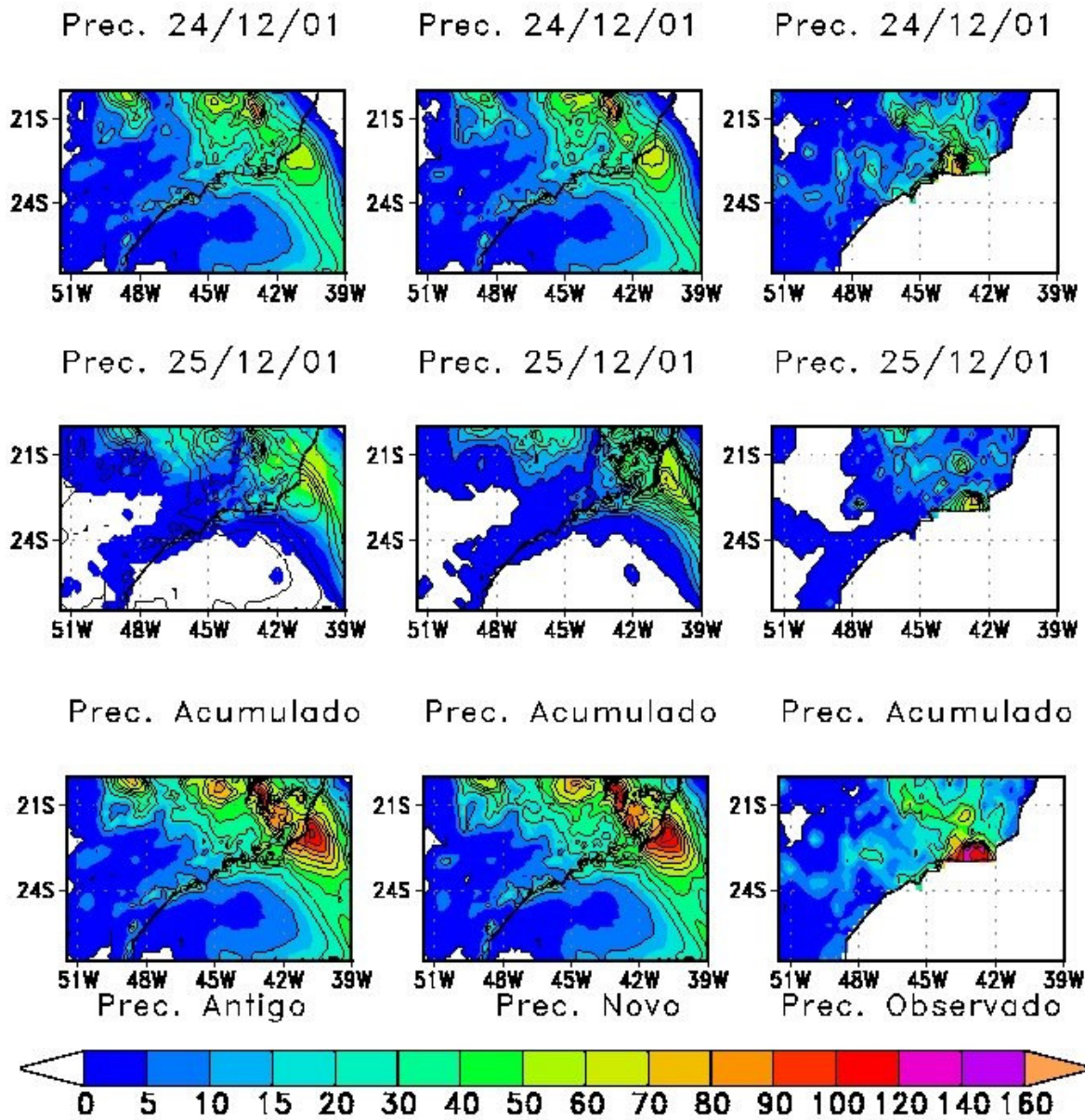


Figura 12 PRECIPITAÇÃO (mm)

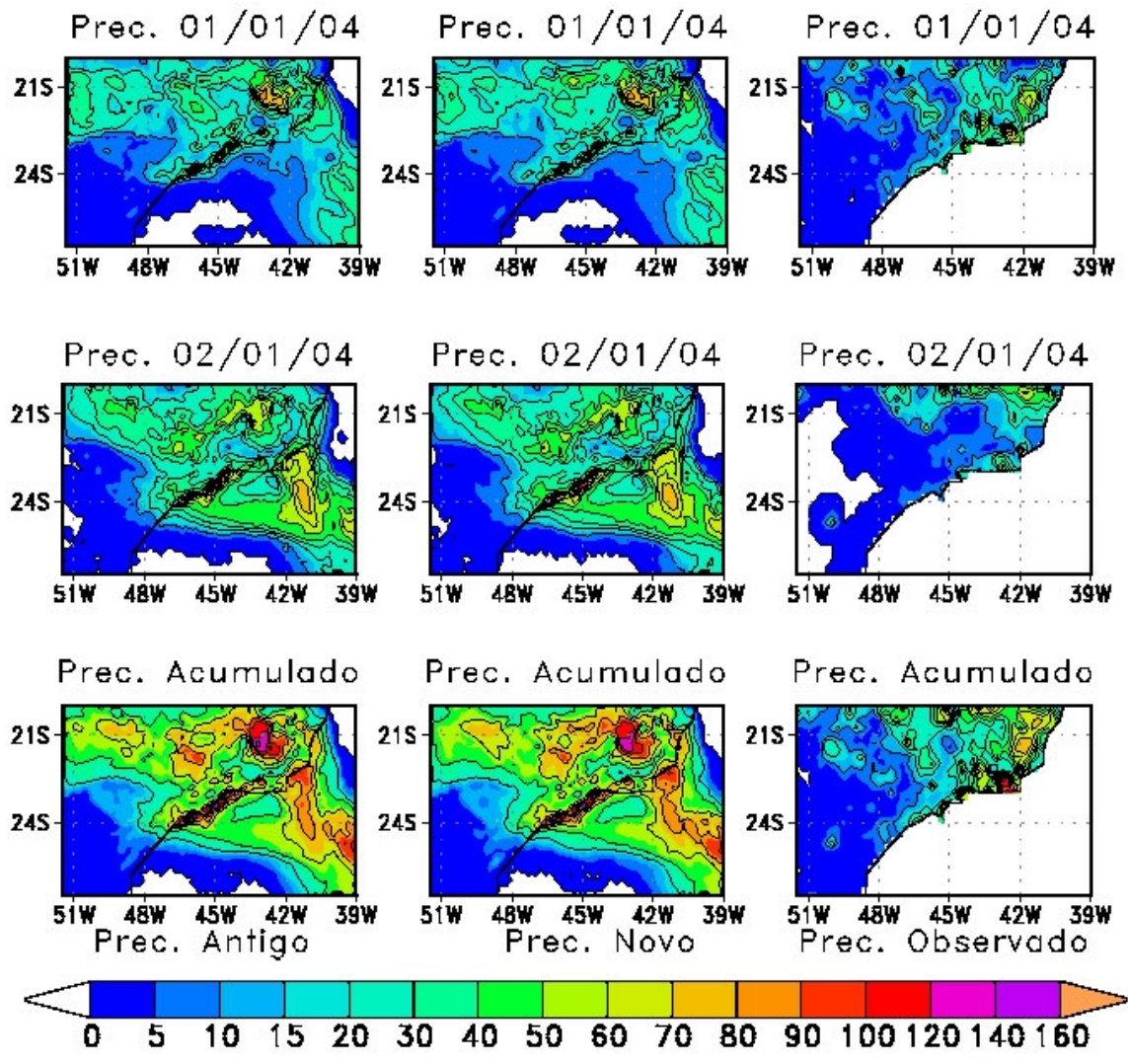


Figura 13 PRECIPITAÇÃO (mm)

## **6. CONCLUSÕES**

Os resultados das simulações mostraram que entre as rodadas de controle e as de experimento as maiores diferenças são apresentadas na partição do fluxo de calor, entre sensível e latente, decorrente das diferenças no conteúdo de umidade no solo entre ambas simulações. Quando as diferenças no conteúdo de umidade do solo são menores, os impactos nos campos de precipitação simulados também são baixos. Em todos os casos, os campos de umidade no solo apresentaram uma distribuição menos regular, ocasionada pela baixa resolução do mapa de solos nos simulações de controle. Isto produz gradientes superficiais menos bruscos entre pontos do modelo.

## **7. TRABALHOS FUTUROS**

Nos resultados obtidos é visível a necessidade de continuar a avaliar o desempenho do modelo através de integrações mais longas, utilizando resoluções mais altas e incorporando uma parametrização da micro-física de nuvens no modelo.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Avissar, R. 1992 "Conceptual aspects of a statistical-dynamical approach to represent landscape subgrid-scale heterogeneities in atmospheric models", *Journal of Geophysical Research*, v 97, n D3, 2729-2742.

Clarke, R.H.; Dyer, A.J.; Brook, R.R.; Reid, D.G. e Troup, A.J. 1971 "The Wangara experiment: boundary layer data", *Dev. Meteorol. Phys. Tech. Pap. N 19*, CSIRO, Melbourne, p. 341.

Collins, D. e Avissar, R. 1994 "An evaluation with the Fourier amplitude sensitivity test (FAST) of which land-surface parameters are of greatest importance for atmospheric modelling", *J. Climate*, 7, 681-703.

FAO/UNESCO-Soil Map of the World (2000)  
[<http://www.lib.berkeley.edu/EART/fao.html>]

Ookouchi, Y. Segal, M. Kessler, R.C. e Pielke, R.A. 1984 "Evaluation of soil moisture effects on the generation and modification of mesoscale circulations, Mon, Weather Rev., 112, 2281-2292.

Rossato, L., R.C.S. Alvala e J. Tomasella.: Variação espaço temporal da umidade do solo no Brasil: análise das condições medias para o período de 1971-1990. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 19, n. 2, 113-122, 2004.

Tomasella, J. ;M.G. Hodnett . Pedrotransfer Functions for tropical soils. In: Pachepsky Y.; Rawls, W.J.. (Org.). Developments in Soil Science: Pedotransfer Functions in Hydrology. Amsterdam: Elsevier, 2005, v. 30, p. 415-435.