GERAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA SUBSIDIAR ESTUDOS EM PLANEJAMENTO DE INVESTIMENTOS PARA INFRAESTRUTURAS A PARTIR DOS DADOS DE PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Relatório 7/8 - Relatório contendo a descrição da integração do modelo Eta5km-SC forçado pelo modelo Eta20km-HadGEM2-ES baseline para o período de 1981 a 2010. Figuras ilustrando a distribuição espacial de temperatura e precipitação a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010

Gustavo Medeiros

Por ordem do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear da República Federal da Alemanha
Por meio da giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
INPE
Defesa Civil Santa Catarina
Porto de Itajaí Autoridade Portuária
Eletrobras Eletrosul
Ministério de Minas e Energia
Ministério do Meio Ambiente
Pátria Amada Brasil Governo Federal

Elaborado por: **Gustavo Sueiro Medeiros** – gustavo.sueiro@cptec.inpe.br

Essa publicação foi realizada por uma equipe formada por consultores independentes sob a coordenação da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio do projeto Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI).

Este projeto foi pactuado no âmbito da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente do Brasil e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), no âmbito da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI, sigla em alemão), do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU, sigla em alemão).
Participaram desse processo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Empresa Eletrosul/ Eletrobrás e a Defesa Civil de Santa Catarina.

Todas as opiniões aqui expressas são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição da GIZ e do MMA. Este documento não foi submetido à revisão editorial.

EQUIPE TÉCNICA – MMA
Hugo do Valle Mendes (coordenação)
Adriana Brito da Silva
Jaqueline Leal Madruga

EQUIPE TÉCNICA – GIZ
Ana Carolina Câmara (coordenação)
Eduarda Silva Rodrigues de Freitas
Pablo Borges de Amorim

EQUIPE TÉCNICA – DEFESA CIVIL/ SANTA CATARINA
Flavio Rene Brea Victoria
Frederico Moraes Rudorff

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
Chou Sin Chan

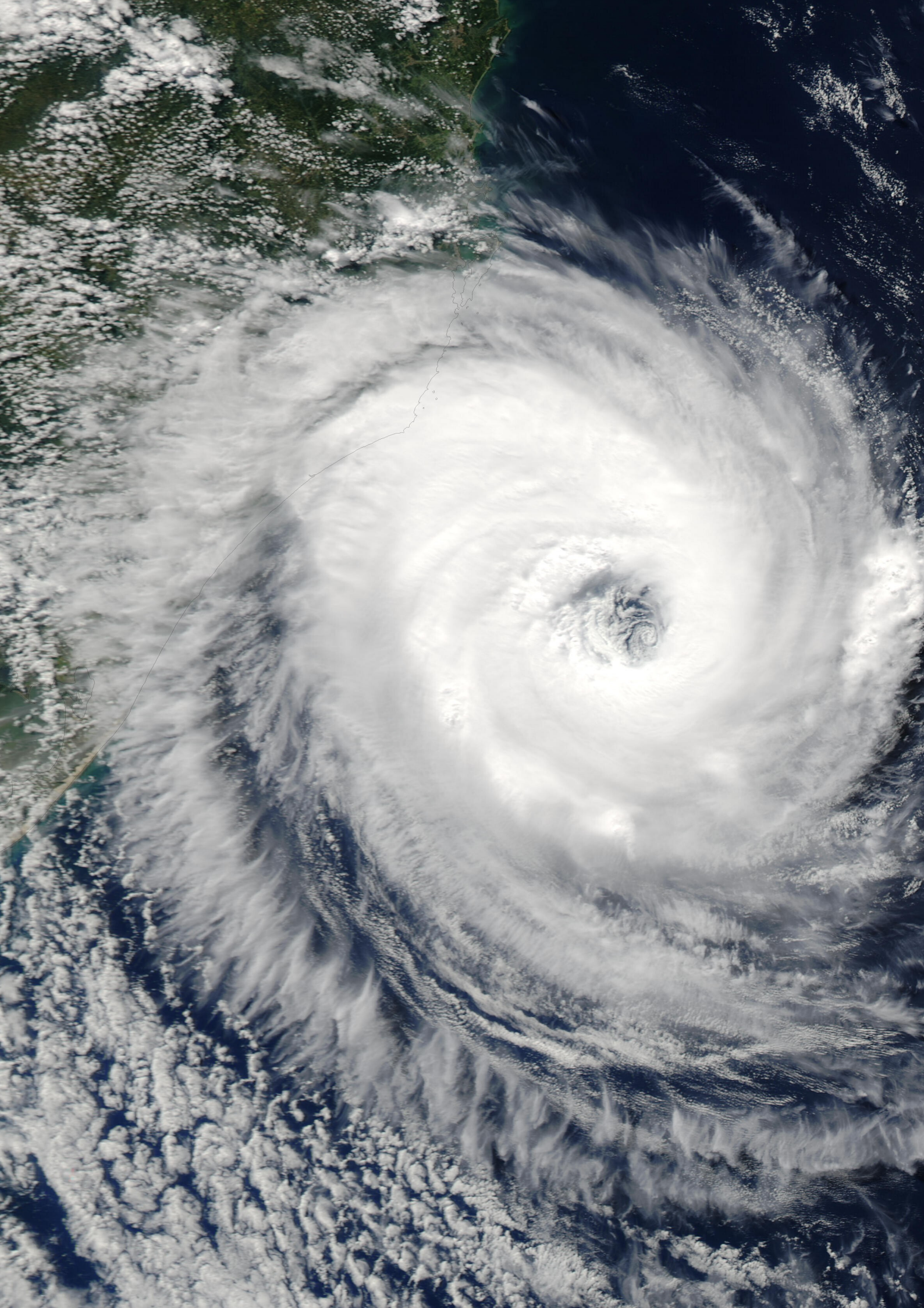
Ministério do Meio Ambiente
Esplanada dos Ministérios, Bloco B, Brasília/DF, CEP
70068-901
Telefone: + 55
61 2028-1206

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Sede da GIZ: Bonn e Eschborn
GIZ Agência Brasília
SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501
Ed. Brasília Trade Center – 70.711-902 Brasília/DF
T + 55-61-2101-2170
E giz-brasilien@giz.de
www.giz.de/brasil

A encargo de:
Ministério Federal do Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) da Alemanha
BMU Bonn:
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn, Alemanha
T +49 (0) 228 99 305-0

Diretora de Projeto:
Ana Carolina Câmara
T +55 61 9 99 89 71 71
T +55 61 2101 2098
E ana-carolina.camara@giz.de

Brasília, Janeiro de 2020



Sumário

Lista de Figuras 2

Lista de Tabelas 3

1 Introdução 4

1.1 Objetivo 4

2 Condição Inicial e Condições de Contorno 4

2.1 Simulação Numérica 5

2.2 Variáveis de saída do modelo Eta5km-SC 7

3 Resultados 8

4 Próximas etapas 13

Referências Bibliográficas 14

Lista de Figuras

Figura 1 Domínio do modelo Eta5km integrado para a região de Santa Catarina.....6

Figura 2 *Média da precipitação (mm/dia) nos trimestres Dezembro, Janeiro e Fevereiro(DJF), Março, Abril e Maio(MAM). As médias foram realizadas a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010*.....9

Figura 3 *Média da precipitação (mm/dia) nos trimestres Junho, Julho e Agosto (JJA) e Setembro, Outubro e Novembro (SON). As médias foram realizadas a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010*.....10

Figura 4 *Média de temperatura a 2m da superfície (°C) nos trimestres Dezembro, Janeiro e Fevereiro(DJF), Março, Abril e Maio(MAM). As médias foram realizadas a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010*.....11

Figura 5 *Média de temperatura a 2m da superfície (°C) nos trimestres Junho, Julho e Agosto (JJA) e Setembro, Outubro e Novembro (SON). As médias foram realizadas a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010*.....12

Lista de Tabelas

Tabela 1 Lista de variáveis 2D do modelo *Eta20km-HadGEM2-ES utilizadas para alimentar o modelo Eta5km* *5*

Tabela 2 Lista das variáveis 3D do modelo *Eta20km-HadGEM2-ES utilizadas para alimenta o modelo Eta5km* *5*

Tabela 3 Configuração do Modelo Eta5km-SC 6

Tabela 4 Lista de variáveis 2D de saída da simulação numérica *7*

Tabela 5 Lista das variáveis 3D de saída da simulação numérica..... *8*

1 Introdução

O Eta é um modelo atmosférico de área limitada desenvolvido na Universidade de Belgrado em conjunto com o Instituto de Hidrometeorologia da lugoslávia (Mesinger et al.,1988; Janjic, 1990). No Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) o modelo foi instalado em 1996 (Chou, 1996) com o propósito de complementar a previsão numérica de tempo que vem sendo realizada desde o inicio de 1995 com o modelo de circulação atmosférica, o modelo global CPTEC/COLA. Por ser um modelo de área limitada se propõe a complementar e a aumentar o detalhamento do modelo global sobre uma área de interesse, uma maior resolução espacial permite prever com maiores detalhes fenômenos associados a frentes, orografia, brisa marítima, tempestades severas, etc., enfim, sistemas organizados em mesoescala. (Chou,1996)

1.1 Objetivo

Cumprir o sétimo produto do Projeto CSI – Ampliação dos Serviços Climáticos em investimentos de Infraestruturas /PN: 16.9025.4-003.00, termo de referência: Geração de informações, a partir do downscaling do modelo Eta em altíssima resolução horizontal, para subsidiar estudos em planejamento de investimentos para infraestruturas. O produto consiste de um relatório descrevendo a integração do modelo Eta5km-SC forçado pelo modelo Eta20km-HadGEM2-ES baseline para o período de 1981 a 2010, com figuras que ilustram a distribuição espacial de temperatura e precipitação a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010.

2 Condição Inicial e Condições de Contorno

As condições iniciais e de contorno fornecidas como dados de entrada para o modelo Eta5km-SC para o período baseline de 1981 a 2010 são provenientes do próprio modelo Eta usando condições iniciais e de contorno do modelo Eta20km-HadGEM2-ES, modelo este escolhido por simular com boa destreza o clima presente. Estes dados foram preparados usando o Eta20km-HadGEM2-ES Historical (1975-2005) e do cenário RCP4.5 (2006 a 2010). O domínio dos dados abrange latitudes entre 50.00º S e 27.80º N e longitudes entre 100.00º W e 29.20º W. Para a realização da simulação numérica o modelo Eta5km-SC utilizou dados de entrada em formato Binário em níveis isobáricos do Eta20km-HadGEM2-ES. Estes dados mostrados nas tabelas 1 e 2 são: vento zonal e meridional, altura geopotencial, pressão da superfície, pressão ao nível médio do mar, umidade específica, temperatura absoluta, temperatura do solo e

umidade do solo. As variaveis 3D das condições iniciais e de contorno possuem 20 níveis verticais que estão distribuídos da seguinte forma: 1000, 925, 900, 850, 800, 750, 700, 650, 600, 550, 500, 450, 400, 350, 300, 250, 200, 150, 100 e 50 hPa.

Tabela 1 Lista de variáveis 2D do modelo *Eta20km-HadGEM2-ES utilizadas para alimentar o modelo Eta5km*

Variável	Unidade
Pressão ao Nível Médio do Mar	hPa
Pressão da Superfície	hPa
Temperatura do Solo 0.1 m	K
Temperatura do Solo 0.4 m	K
Umidade do Solo 0.1 m	0-1
Umidade do Solo 0.4 m	0-1

Tabela 2 Lista das variáveis 3D do modelo *Eta20km-HadGEM2-ES utilizadas para alimenta o modelo Eta5km*

Variável	Unidade
Vento Zonal	m/s
Vento Meridional	m/s
Temperatura Absoluta	K
Altura Geopotencial	m
Umidade Específica	kg/kg
Umidade Relativa	%

2.1 Simulação Numérica

A simulação numérica foi realizada no Supercomputador Cray XT6, sistema de acesso interativo, sistema de processamento auxiliar e sistema de armazenamento. Instalado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em Cachoeira Paulista. A partir de maio de 2012, o sistema foi atualizado para o modelo XE6, com sistema de interconexão Gemini, operando em sua capacidade total com 14 gabinetes sendo 1.304 nós computacionais com 32GB de memória compartilhada por nó e 31.296 processadores, para esta simulação numérica foram necessários 1296 processadores.

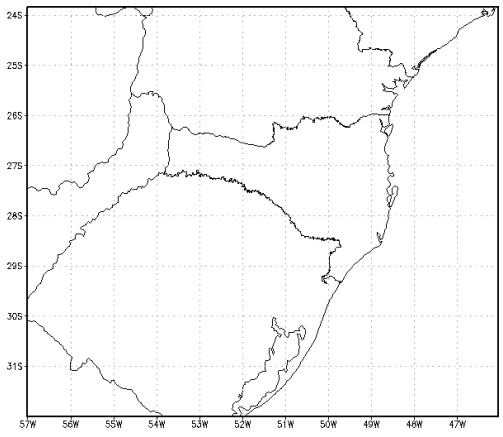
O domínio desta simulação esta centrado no estado de Santa Catarina, conforme mostrado na Figura 1 e a configuração utilizada pode ser visualizada na tabela 3.

Tabela 3 Configuração do Modelo Eta5km-SC

Grade do modelo (im x jm)	181 x 291
Ponto central	28.0 °s 51.5°w
Passo de tempo	10s
Quantidade de tipos de solo	15
Grade horizontal	Grade E de Arakawa
Coordenada vertical	eta (Mesinger,1984)
Resolução	5km
Topo do modelo	50hPa
Niveis verticais	38
Parametrização de Convecção	Esquema de Betts-Miller-Janjic (Betts Miller,1986; Janjic,1994)
Microfisica de nuvens	Esquema de Zhao (Zhao eta al.,1997)
Turbulência	Esquema de Mellor-Yamada nível 2.5 (Mellor e Yamada, 1974)
Radiação	Desenvolvido pelo Geophysical Fluid Dynamics Laboratory. Onda longa (Fels e Schwarzkopf, 1975), Onda curta (Lancis e Hansen, 1974)
Esquema de Superfície	NOAH com 4 camadas no solo (Ek et al., 2003)

Os parâmetros foram configurados em um arquivo do modelo Eta chamado set_parmeta, para com isso o modelo ser compilado e assim criar os arquivos executáveis necessários para a realização da simulação. Para essa resolução é utilizado um passo de tempo igual a 10 segundos e a simulação foi iniciada às 00Z do dia 01 de janeiro de 1981 finalizada em 00Z do dia 01 janeiro de 2011.

Figura 1 Domínio do modelo Eta5km integrado para a região de Santa Catarina



2.2 Variáveis de saída do modelo Eta5km-SC

As variáveis de saída fornecidas pelo modelo Eta estão listadas nas Tabelas 4 e 5, sendo 38 variáveis bidimensionais ,ou seja, 2D e 7 variáveis tridimensionais ,ou seja, 3D distribuídos em 10 níveis: 1000, 925, 850, 750, 650, 500, 350, 300, 250 e 200 hPa. Nos arquivos de variáveis 2D, estão presentes as variáveis de temperatura máxima e mínima a 2 m, chamadas mxtp e mntp, respectivamente, e as componentes meridional e zonal do vento a 100 m de altura, chamadas V100 e U100 respectivamente. As variáveis 2D são armazenadas na frequência de 3/3hs, a nomenclatura padrão **Eta_Hadgem2-ES_5km1981010100+yyyymmddhh_2D** contendo 38 variáveis, as variáveis 3D são armazenadas na frequência de 6/6hs, nomenclatura padrão **Eta_Hadgem2-ES_5km1981010100+yyyymmddhh_3D,** contendo 7 variáveis em 10 níveis de pressão vertical.

Tabela 4 Lista de variáveis 2D de saída da simulação numérica

Variável	Unidade
Pressão ao Nível Médio do Mar	hPa
Pressão da Superficie	hPa
Shelter Temperature	K
Temperatura Máxima	K
Temperatura Mínima	K
Shelter Dew Temperature	K
Vento Meridional a 10 m	m/s
Vento Zonal a 10 m	m/s
Vento Meridional a 100 m	m/s
Vento Zonal a 100 m	m/s
Precipitação Total 3h	m
Precipitação Convectiva 3 h	m
Precipitação Grande Scala 3 h	m
Snowfall 3 h	m
Time Average Surface Latent Heat Flux	W/m²
Time Average Surface Sensitive Heat Flux	W/m²
Time Average Ground Heat Flux	W/m²
Surface (skin) Temperature	K
Temperatura do Solo 0.1 m	K
Temperatura do Solo 0.4 m	K
Umidade do Solo 0.1 m	0-1
Umidade do Solo 0.4 m	0-1
Umidade do Solo Disponível	0-1
Storm Surface Runoff 3h	kg/m²/s
Storm Surface Runoff SG 3h	kg/m²/s
Potential Surface Evaporation	m
Fração de Cobertura de Nuvens Baixas	0-1
Fração de Cobertura de Nuvens Médias	0-1

Fração de Cobertura de Nuvens Altas	0-1
Average Incoming Surface SW Rad	W/m²
Average Incoming Surface LW Rad	W/m²
Average Outgoing Surface SW Rad	W/m²
Average Outgoing Surface LW Rad	W/m²
Average Outgoing TOA SW Rad	W/m²
Average Outgoing TOA LW Rad	W/m²
Albedo de Superficie	0-1
CAPE	J/kg
Agua Precipitavel	mm

Tabela 5 Lista das variáveis 3D de saída da simulação numérica

Variável	Unidade
Altura Geopotencial	m
Vento Zonal	m/s
Vento Meridional	m/s
Temperature Absoluta	K
Umidade Relativa	%
Omega	hPa/s
Umidade Especifica	kg/kg

3 Resultados

As figuras a seguir indicam as médias das variáveis de temperatura a 2m da superfície e precipitação, que foram geradas considerando intervalos de 5 anos, referentes a rodada do modelo Eta5km-SC forçado pelo Modelo Eta20km-HadGEM2-ES baseline para o período de 1981 a 2010.

Figura 2 Média da precipitação (mm/dia) nos trimestres Dezembro, Janeiro e Fevereiro(DJF), Março, Abril e Maio(MAM). As médias foram realizadas a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010

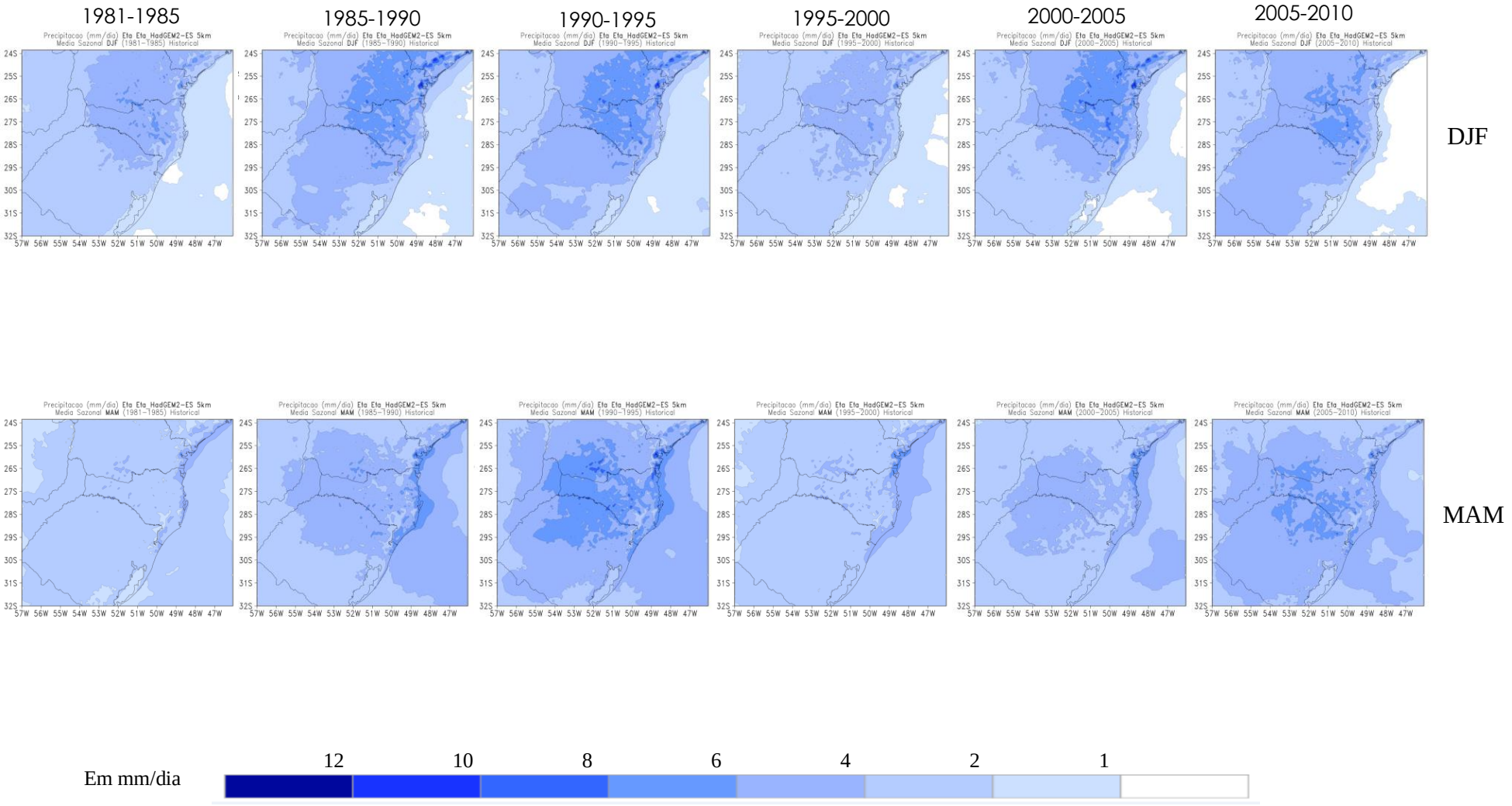


Figura 3 *Média da precipitação (mm/dia) nos trimestres Junho, Julho e Agosto (JJA) e Setembro, Outubro e Novembro (SON). As médias foram realizadas a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010*

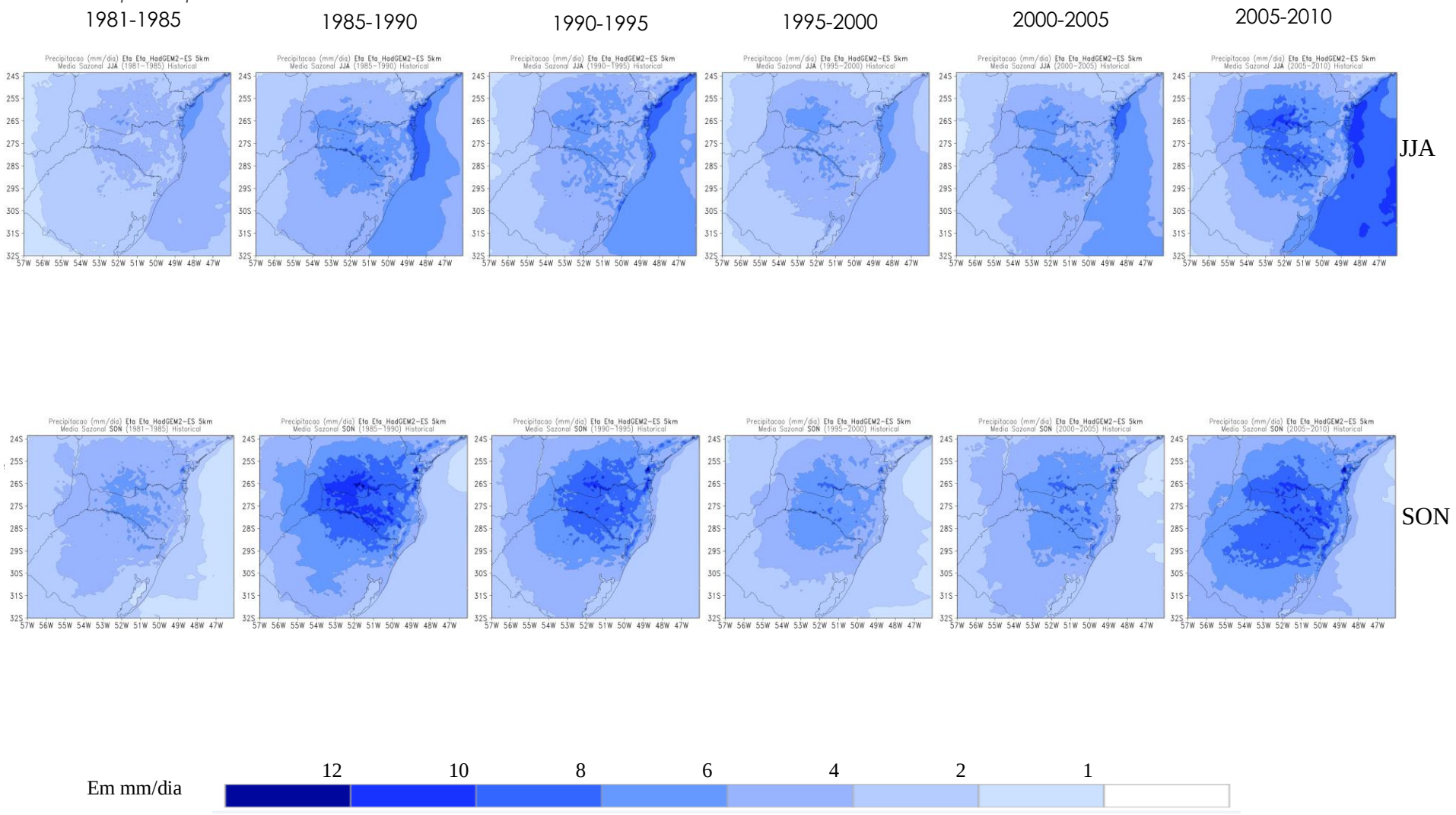


Figura 4 *Média de temperatura a 2m da superfície (°C) nos trimestres Dezembro, Janeiro e Fevereiro(DJF), Março, Abril e Maio(MAM). As médias foram realizadas a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010*

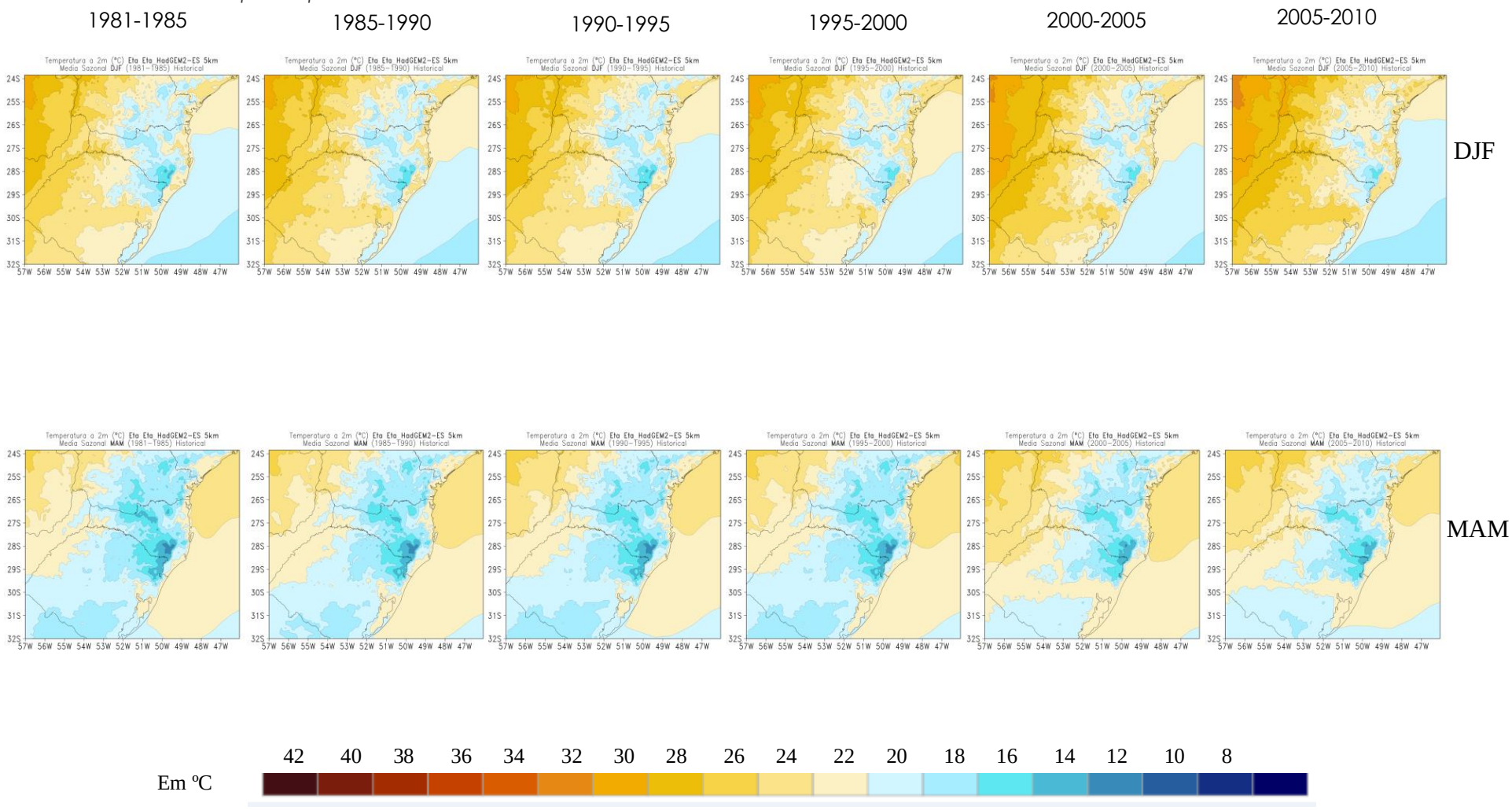
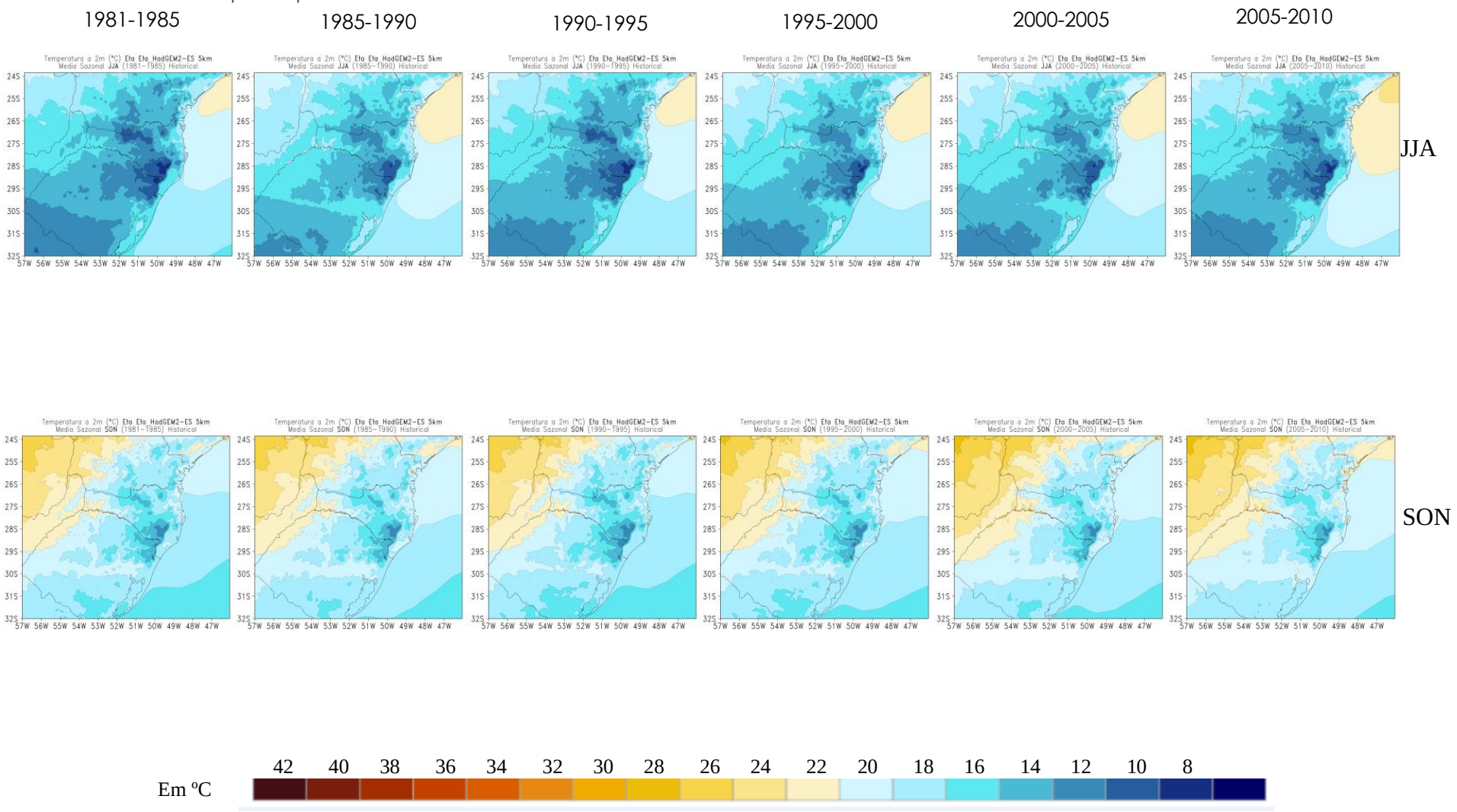


Figura 5 *Média de temperatura a 2m da superfície (ºC) nos trimestres Junho, Julho e Agosto (JJA) e Setembro, Outubro e Novembro (SON). As médias foram realizadas a cada 5 anos para o período de 1981 a 2010*



4 Próximas etapas

A próxima etapa consiste na elaboração de um relatório referente ao produto 8 o qual consiste em um relatório apresentando as médias e extremos de temperatura, precipitação, radiação e umidade relativa e tendências, para áreas de interesse de Santa Catarina a partir dos resultados do Eta20km forçado pelo HadGEM2-ES, MIROC5 e CanESM e do Eta5km-SC forçado pelo HadGEM2-ES ambos considerando o baseline e os cenários RCP4.5 e RCP8.5.

Referências Bibliográficas

Betts, A.K. and M.J. Miller, 1986: A new convective adjustment scheme. Part II: Single column tests using GATE wave, BOMEX, ATEX and arctic air-mass data sets. Quart. J. R. Met. Soc.112, 693-709.

CHOU, Sin-Chan. Modelo regional ETA. **Climanálise (São José dos Campos), Cachoeira Paulista, SP**, v. 1, 1996.

CHOU, S. C.; LYRA, A. A.; MOURÃO, C.; DERECZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; et al. Assessment of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 3, p. 512-527, 2014a. DOI: 10.4236/ajcc.2014.35043

CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DERECZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. S.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, G.; SIQUEIRA, G.; NOBRE, P.; MARENGO, J. Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models. **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 05, p. 438, 2014b. doi: 10.4236/ajcc.2014.35039

DIAS, M. A. F. S. Eventos climáticos extremos. **Revista USP**, n. 103, p. 33-40, 2014. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i103p33-40

ESPINOZA, J. C.; MARENGO, J. A.; RONCHAIL, J., CARPIO, J. M., FLORES, L. N.; GUYOT, J. L. The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 12, p. 124007, 2014. DOI:10.1088/1748-9326/9/12/124007.

GROISMAN, P. Y.; KNIGHT, R. W.; EASTERLING, D. R.; KARL, T. R.; HEGERL, G. C.; RAZUVAEV, V. N. Trends in intense precipitation in the climate record. **Journal of Climate**, V. 18, n. 9, p. 1326-1350, 2005. DOI: 10.1175/JCLI3339.1.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. P**art A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp

Janjic, Z.I., 1994:The step-mountain Eta coordinate Model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. J. Atmos. Sci., 122, 927-945.

MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; RENOM, M. An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. **Climatic Change**, v. 98, n. 3-4, p. 509-529, 2010. DOI 10.1007/s10584-009-9743-7.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A.; CAMARGO, H.; RIVEROS, M. P.; PABLÓ, A. D. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in northeast Brazil. **Journal of climate**, v. 26, n. 22, p. 9137-9154, 2013. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00642.1.

MESINGER, F 1984 A blocking technique for representation of mountains in atmospheric models Riv. Meteorol. Aeronautica 44 195–202

MCTI. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil para a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as mudanças climáticas** – Volume II. Brasília, Brasil, 2016.

PHILLIPS, NA, 1957: A Coordinate System Having Some Special Advantages for Numerical Forecasting. Journal of Atmospheric Sciences, vol. 14, Issue 2, pp.184-185

ZENG, N.; YOON, J. H.; MARENGO, J. A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C. A.; MARIOTTI, A.; NEELIN, J. D. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 1, p. 014002, 2008. DOI:10.1088/1748-9326/3/1/014002.