

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

Relatório 8/8 - 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 Eta-20km forçado pelo HadGEM2-ES, MIROC5 e CanESM2 e do Eta-5km-SC forçado pelo HadGEM2ES ambos considerando o Baseline e os cenários RCP4.5 e RCP8.5

Gustavo Medeiros

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 Madruça

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

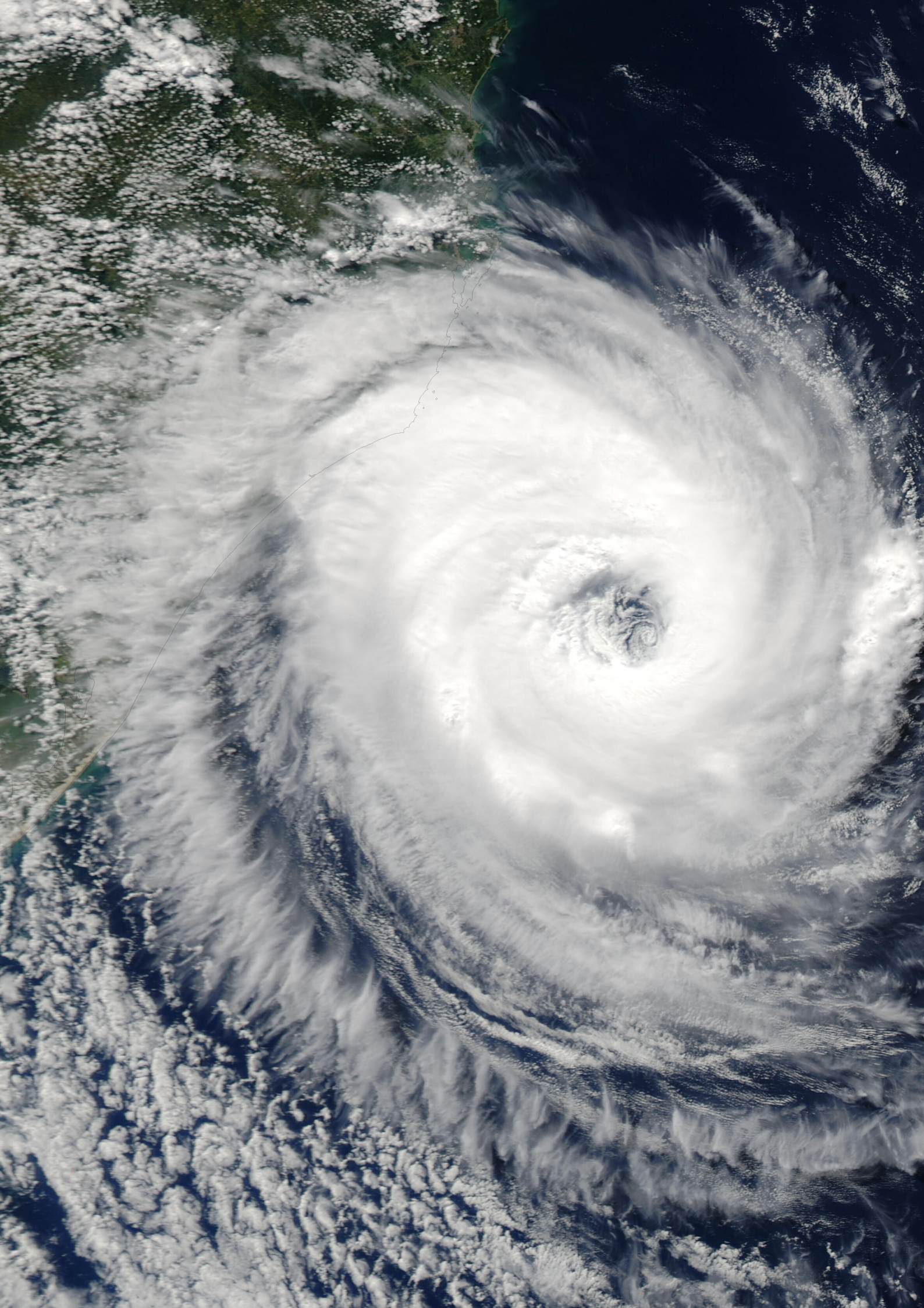
A encargo de:

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



Sumário

Lista de Figuras	1
Lista de Tabelas	2
1 Introdução	3
2 Objetivo	4
3 Dados e Metodologia	4
3.1 Modelo Eta	4
3.2 Modelo MIROC5	5
3.3 Modelo HadGEM2-ES	6
3.4 Modelo CanESM2	6
3.5 Extremos Climáticos	6
3.6 Área de estudo	13
4 Resultados	13
4.1 Mapa de Mudanças	14
4.2 Tendências	19
5 Síntese e considerações finais	22
6 Referências Bibliográficas	24
APÊNDICE A - Índices de extremos climáticos e Tendências	28

Lista de Figuras

Figura 1 - Linhas de transmissão Blumenau-Biguaçu e Itá-Salto Santiago.....	13
Figura 2 - Mapas topográficos (m) na resolução de 20 km e 5 km, em 5km as características topográficas locais são mostradas	14
Figura 3 - Índice R100mm (Dias). Projeção para o período 2011-2040 dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES em relação ao período histórico (1961-1990) e do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES em relação ao período histórico (1981-2010).....	15
Figura 4 - Índice R99p (mm/ano). Projeção para o período 2011-2040 dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES em relação ao período histórico (1961-1990) e do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES em relação ao período histórico (1981-2010).....	16
Figura 5 - Índice RX1day (mm/ano). Projeção para o período 2011-2040 dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES em relação ao período histórico (1961-1990) e do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES em relação ao período histórico (1981-2010).....	17
Figura 6 - Índice RX5day (mm/ano). Projeção para o período 2011-2040 dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES em relação ao período histórico (1961-1990) e do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES em relação ao período histórico (1981-2010).....	18
Figura 7- Índice TX90p (%). Projeção para o período 2011-2040 dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES em relação ao período histórico (1961-1990) e do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES em relação ao período histórico (1981-2010).....	19
Figura 8 - Tendência de indicadores de extremos de temperatura para Blumenau - Biguaçu.....	21
Figura 9 - Tendência de indicadores de extremos de temperatura para Ita - Salto Santiago.	21

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Análise de frequência de dias com chuva do índice R100mm	15
Tabela 2 - Tabela de Significância e Tendência para Blumenau-Biguaçu. Em que os valores em negrito representam as tendências com significância estatística.	20
Tabela 3 - Tabela de Significância e Tendência para Itá-Salto Santiago. Em que os valores em negrito representam as tendências com significância estatística.	20

1 Introdução

Nos últimos anos, a variabilidade do clima e dos eventos extremos tem afetado fortemente o Brasil. Alguns estudos identificaram um grande aumento na frequência e intensidade dos eventos de precipitação intensa, desde os anos de 1950, além de aumento da frequência de seca (Groisman et al., 2005; Zeng et al., 2008; Marengo et al., 2010; Marengo et al., 2013; Espinoza et al., 2014). Dias e noites frias, além de eventos de geadas tem se tornado cada vez menos frequentes, enquanto dias quentes, noites quentes, e ondas de calor tem aumentado a frequência de ocorrências (Marengo et al. 2010). Tais eventos produzem severos impactos socioeconômicos nas atividades humanas tais como na agricultura, infraestrutura e gerenciamento de recursos hídricos e energia.

Vale conceituar que os “eventos extremos” são aqueles que se distanciam das condições habituais de uma série histórica e que conseqüentemente geram interesse e preocupação na sociedade, devido ao potencial que apresentam em desestruturar o ambiente físico e as atividades de determinado lugar ou região, causando prejuízos às comunidades afetadas e ao poder público. Espera-se que as mudanças climáticas modifiquem a frequência, intensidade e duração dos eventos extremos em muitas regiões. De acordo com o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR5 – *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*) os riscos das alterações climáticas relacionados com eventos climáticos extremos, tais como ondas de calor, precipitação extrema e inundação costeira já são moderados (alta confiança) e elevados com um aquecimento adicional de 1°C. (IPCC,2014). A menção a eventos extremos denota tanto eventos chuvosos e secos, como quentes e frios. Isto é, uma variabilidade maior do que a conhecida nos dias atuais com eventos adversos ocorrendo sucessivamente. Essa perspectiva assinala a necessidade de um planejamento e adequação das infraestruturas, principalmente aquelas associadas aos recursos hídricos (Dias, 2014).

Sendo assim, o uso e aplicação de projeções de modelos climáticos, com intuito de entender as mudanças na probabilidade dos extremos sob diferentes cenários de mudanças climáticas, podem contribuir para dar suporte ao planejamento em diversos setores socioeconômicos/ambientais. Projeções

climáticas regionalizadas dos cenários de concentração dos gases do efeito estufa e suas forçantes radiativas no clima – IPCC AR5 - foram realizadas por Chou et. al (2014a e 2014b) através do modelo Eta. Essas projeções foram utilizadas para elaborar a Terceira Comunicação Nacional do Brasil (MCTI, 2016) e têm sido usadas para apoiar diversos estudos de impactos.

2 Objetivo

Cumprir o oitavo 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 dos dados de projeções de mudanças climáticas, para subsidiar estudos em planejamento de investimentos para infraestruturas. O produto consiste de 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 Eta-20km forçado pelo HadGEM2-ES, MIROC5 e CanESM2 e do Eta-5km-SC forçado pelo HadGEM2ES ambos considerando o Baseline e os cenários RCP4.5 e RCP8.5.

3 Dados e Metodologia

Além das equações utilizadas para o cálculo dos índices de extremos climáticos são apresentadas também uma breve descrição do modelo Eta e dos modelos climáticos globais MIROC5, HadGEM2-ES e CanESM2 que foram utilizados como condição inicial e de contorno para as simulações e as áreas das linhas de transmissão selecionadas de acordo com a importância para análise de risco.

3.1 Modelo Eta

O modelo atmosférico Eta é da categoria de modelos chamados de regionais ou de área limitada e que, portanto, necessitam de modelos globais para lhe fornecer informações da atmosfera nos contornos laterais. O Eta possui representação complexa dos processos físicos e dinâmicos da atmosfera, incluindo explicitamente os processos de mesoescala. Esse modelo foi desenvolvido pela Universidade de Belgrado em conjunto com o Instituto de Hidrometeorologia da Iugoslávia (Mesinger et al., 1988; Black, 1994). A partir de

1996, tornou-se operacional no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) com a finalidade de complementar a previsão numérica de tempo realizada com o modelo de circulação geral da atmosfera do CPTEC (Chou, 1996). Uma particularidade do modelo é que dá nome ao próprio constitui-se da utilização da coordenada vertical eta (η), considerada mais adequada para simulações em regiões de topografia complexa, tais como região dos Andes e as áreas serranas brasileiras.

Ajustes iniciais no modelo Eta para gerar projeções dos cenários de mudanças climáticas sobre o Brasil foram realizadas por Pesquero et al. (2009), Chou et al. (2012) e Marengo et al. (2012). As últimas integrações multidecenais do clima futuro (cenários IPCC AR5) com o Eta foram realizadas por Chou et al. (2014a, 2014b) e Lyra et al. (2017). Chou et al. (2014a, 2014b) realizaram integrações na grade horizontal regular de 20 km x 20 km, a partir do aninhamento do Eta em três modelos climáticos globais do CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*), enquanto que Lyra et al. (2017) realizaram integrações na grade regular de 5km X 5km a partir do segundo aninhamento do modelo. As simulações apresentaram boa destreza na representação do clima presente da América do Sul e as integrações em mais alta resolução favorecem uma melhor representação dos extremos de chuva e temperatura na região sudeste do Brasil. Estas simulações e projeções do clima futuro foram utilizadas na Terceira Comunicação Brasileira da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MCTI 2016) e têm sido usadas para dar suporte em diversos estudos de impactos tais como em Tavares et al. (2017) e Viola et al. (2014). Foi considerado um cenário de concentração intermediária (RCP4.5) e um de alta concentração (RCP8.5), semelhantes aos cenários anteriores B1 e A1FI (IPCC, 2007)

3.2 Modelo MIROC5

O modelo climático global MIROC5 (*Model for Interdisciplinary Research, versão 5*) é composto pelos modelos atmosférico de circulação global da atmosfera (CCSR-NIES-Frontier Research Center for Global Change – Numaguti et al., 1997), modelo oceânico CCSR Ocean Component Model (COCO; Hasumi, 2006) que inclui um modelo de gelo oceânico global, e um modelo de superfície que possui um módulo de rios acoplado. O MIROC5

(Watanabe et al., 2010) é uma versão melhorada do modelo MIROC3.2 utilizado no IPCC AR4 (2007). Os núcleos dinâmicos do modelo atmosférico e os esquemas de parametrização de radiação, convecção cúmulos, turbulência e aerossóis foram atualizados na versão MIROC5. Nos modelos oceânicos e de superfície continental do MIROC5, a componente do gelo marinho foi melhorada e uma avançada versão do modelo de rios (Oki e Sud, 1998) foi incorporada. Uma descrição mais detalhada do modelo MIROC5 pode ser obtida em Watanabe et al. (2010).

3.3 Modelo HadGEM2-ES

O modelo climático HadGEM2-ES foi desenvolvido no Met Office Hadley Centre (Reino Unido). O HadGEM2-ES é compreendido de um modelo de circulação atmosférico com resolução N96L38 (aproximadamente 1,875° x 1,250° em longitude por latitude, e 38 níveis verticais), e um modelo oceânico com uma resolução horizontal de 1 grau (aumento de 1/3 grau no equador) e 40 níveis verticais (Collins et al., 2011). O passo de tempo do modelo HadGEM2-ES é de 30 minutos para as componentes da atmosfera e superfície e 1 hora para a componente oceânica. Os componentes do sistema terrestre incluem ciclo do carbono terrestre e oceânico e química da troposfera. A vegetação e o ciclo do carbono terrestre são representados pelo modelo de vegetação dinâmica global, TRIFFID (Top-down Representation of Interactive Foliage Including Dynamics; Cox, 2001). Este modelo possui uma boa capacidade para representar fenômenos atmosféricos na América do Sul.

3.4 Modelo CanESM2

O modelo CanESM2 (*Canadian Earth System Model Second Generation*) (Arora et al., 2011; Chylek et al., 2011) do *Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis* (CCCMA), usado como modelo condutor, é uma junção do modelo acoplado oceano-atmosfera CanCM4 com o modelo de vegetação dinâmica e ciclo do carbono terrestre CTEM (*Canadian Terrestrial Ecosystem Model*) (Arora e Boer, 2010).

3.5 Extremos Climáticos

Os índices de extremos climáticos foram calculados seguindo a metodologia desenvolvida pelo grupo de pesquisadores de detecção de

mudanças climáticas do *Climate Variability and Predictability (CCI/CLIVAR)*, através do pacote *ClimDex* (Alexander et. al., 2005). No cômputo desses índices são realizadas análises estatísticas dos valores diários de precipitação (mm) , temperatura máxima e mínima do ar (°C), radiação (W/m²) e umidade relativa (%) (Alexander et al, 2005; Zhang et. al., 2005; Zhang e Yang, 2004; Hyndman e Fan, 1996). O pacote *ClimDex* inclui o *RclimDex*, o qual permite calcular o índice por ponto de estação (usa o software estatístico R) e o *FclimDex* que realiza cálculos a partir da matriz do modelo (Zhang e Yang, 2004).

Índices de Extremos de Precipitação

RX1day: Máxima precipitação anual em 1 dia (mm)

Sendo RR_{ij} a quantidade de precipitação diária no dia i e no período j . O máximo valor de precipitação num dia i para o período j é:

$$RX1day = \max (RR_{ij})$$

RX5day: Máxima precipitação anual em 5 dias consecutivos (mm)

Sendo RR_{ij} a quantidade de precipitação no intervalo de cinco dias, terminando em k , no período j . O máximo valor de precipitação em 5 dias para o período j é:

$$RX5day = \max (RR_{ij})$$

SDII: Intensidade média da precipitação durante o ano (mm/dia)

Seja RR_{wj} a quantidade de precipitação diária nos dias úmidos w ($RR_{wj} \geq 1$ mm) no período j . Se W representa o número de dias úmidos em j , então:

$$SDII_j = \frac{\sum_{w=1}^W RR_{wj}}{W}$$

R10mm: Quantidade de dias no ano com precipitação acima de 10 mm (dias)

Seja RR_{ij} a quantidade de precipitação diária no dia i , no período j . Contabiliza-se o número de dias onde:

$$RR_{ij} \geq 10mm.$$

R20mm: Quantidade de dias no ano com precipitação acima de 20 mm (dias)

Seja RR_{ij} a quantidade de precipitação diária no dia i , no período j .
Contabiliza-se o número de dias onde:

$$RR_{ij} \geq 20mm$$

R100mm: Quantidade de dias no ano com precipitação acima de 100 mm (dias)

Seja RR_{ij} a quantidade de precipitação diária no dia i , no período j .
Contabiliza-se o número de dias onde:

$$RR_{ij} \geq 25mm$$

CDD (*Consecutive Dry Days*): Dias consecutivos secos (dias)

Número máximo de dias consecutivos com $RR < 1mm$. Temos RR_{ij} como a quantidade de precipitação diária no dia i e no período j . Contabiliza-se o número maior de dias consecutivos onde:

$$RR_{ij} < 1mm$$

CWD (*Consecutive Wet Days*): Dias consecutivos úmidos (dias)

Número máximo de dias consecutivos com $RR \geq 1mm$. Temos RR_{ij} como a quantidade de precipitação diária no dia i e no período j . Contabiliza-se o maior número de dias consecutivos onde:

$$RR_{ij} \geq 1mm$$

R95p: Precipitação de intensidade moderada a extrema (mm)

Total anual de precipitação onde $RR > 95p$. Seja RR_{wj} a quantidade de precipitação diária no dia úmido w ($RR \geq 1.00mm$) no período i , e temos $RR_{wn}95$ como o 95th percentil de precipitação sobre os dias úmidos. Se W representa o número de dias úmidos no período então:

$$R95p_j = \sum_{w=1}^W R_{wj}, \text{ onde } RR_{wj} > RR_{wn}95$$

R99p: Precipitação de intensidade muito extrema (mm)

Total anual de precipitação onde $RR > 99p$. Seja RR_{wj} a quantidade de precipitação diária no dia úmido w ($RR \geq 1$ mm) no período i , e temos RR_{wn99} como o 99th percentil de precipitação sobre os dias úmidos no período. Se W representa o número de dias úmidos no período então temos:

$$R_{99p_j} = \sum_{w=1}^W R_{wj}, \text{ onde } RR_{wj} > RR_{wn99}$$

PRCPTOT: Precipitação total anual (mm)

Temos RR_{ij} como a quantidade da precipitação diária para o dia i no período j . Se I representa o número de dias em j , então temos:

$$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^I R_{ij}$$

Índices de Extremos de Temperatura

FD (*Frost Day*): Dias com Geadas (dias)

Número de dias onde a temperatura mínima diária é menor a 0°C . Seja Tn_{ij} a temperatura mínima diária no dia i e no período j . Contabiliza-se o número de dias que:

$$Tn_{ij} < 0^\circ\text{C}$$

TX_x: Valor mensal máximo da temperatura máxima diária ($^\circ\text{C}$)

Temos que **TX_x** será a temperatura máxima diária no mês k , período j . A máxima temperatura máxima diária em cada mês é:

$$TX_{x_{kj}} = \max(TX_{kj})$$

TN_x: Valor mensal máximo da temperatura mínima diária ($^\circ\text{C}$)

Temos que **TN_x** será a temperatura mínima diária no mês k , período j . A máxima temperatura mínima diária em cada mês é:

$$TN_{x_{kj}} = \max(TN_{kj})$$

TX_n: Valor mensal mínimo da temperatura máxima diária (°C)

Temos que **TX_n** será a temperatura máxima diária no mês *k*, período *j*. A mínima temperatura máxima diária em cada mês é:

$$TXn_{kj} = \max(TXn_{kj})$$

TN_n: Valor mensal mínimo da temperatura mínima diária (°C)

Temos que **TN_n** será a temperatura mínima diária no mês *k*, período *j*. A mínima temperatura mínima diária em cada mês é:

$$TNn_{kj} = \max(TNn_{kj})$$

TN10p: Número de dias no ano em que a temperatura mínima está abaixo do 10° percentil da distribuição de temperatura diária (noites frias) (%).

Seja Tn_{ij} a temperatura mínima diária no dia *i* no período *j* e seja TN_{in10} o dia calendário do percentil 10th centrado na janela de 5 dias para o período. A percentagem do tempo para o período base é determinada por:

$$TN_{ij} < TN_{in10}$$

TX10p: Número de dias no ano em que a temperatura máxima está abaixo do 10° percentil da distribuição de temperatura diária (dias frios) (%)

Seja TX_{ij} a temperatura máxima diária no dia *i* no período *j* y seja TX_{in10} o dia calendário do percentil 10th centrado na janela de 5 dias para o período. A percentagem do tempo para o período base é determinada:

$$TX_{ij} < TX_{in10}$$

TN90p: Número de dias no ano em que a temperatura mínima está acima do 90° percentil da distribuição de temperatura diária (noites quentes) (%).

Seja Tn_{ij} a temperatura mínima diária no dia *i* no período *j* y seja TN_{in90} o dia calendário do percentil 90th centrado na janela de 5 dias para o período. A percentagem do tempo para o período base é determinado:

$$Tn_{ij} > Tn_{in90}$$

TX90p: Número de dias no ano em que a temperatura máxima está acima do 90º percentil da distribuição de temperatura diária (dias quentes) (%).

Seja Tx_{ij} a temperatura máxima diária no dia i no período j y seja Tx_{in90} o dia calendário do percentil 90th centrado na janela de 5 dias para o período. A percentagem do tempo para o período base é determinado:

$$Tx_{ij} > Tx_{in90}$$

DTR (Daily Temperature Range): Amplitude anual da temperatura diurna (°C)

É a diferença média mensal entre TX e TN. Seja Tx_{ij} e Tn_{ij} a temperatura máxima e mínima respectivamente no dia i e no período j . Se I representa o número de dias em j , então:

$$DTR_j = \frac{\sum_{i=1}^I (Tx_{ij} - Tn_{ij})}{I}$$

CSDI (Cold Spell Duration Indicator): Duração das ondas de frio (dias)

Seja Tn_{ij} a temperatura mínima diária no dia i no período j e seja Tn_{in10} o dia calendário do percentil 10th centrado na janela de 5 dias. Então, o número de dias para o período base é somando em intervalos de 6 dias consecutivos:

$$Tn_{ij} < Tn_{in10}$$

WSDI (Warm Spell Duration Indicator): Duração ondas de calor (dias)

Seja Tx_{ij} a temperatura máxima diária no dia i no período j e seja Tx_{in90} o dia calendário do percentil 90th centrado na janela de 5 dias. Então, o número de dias para o período base é somando em intervalos de 6 dias consecutivos:

$$Tx_{ij} > Tx_{in90}$$

Índices de Extremos de Radiação

OC_n: Valor mensal mínimo da radiação diária (W/m²)

Temos que OC_n será a radiação diária no mês k , período j . A mínima radiação diária em cada mês é:

$$OC_{n_{kj}} = \min (OC_{kj})$$

OC10p: Número de dias no ano em que a radiação está abaixo do 10° percentil da distribuição de radiação diária (porcentagem de dias com baixa radiação) (%).

Seja OC_{ij} a radiação mínima diária no dia i no período j e seja OC_{in10} o dia calendário do percentil 10th centrado na janela de 5 dias para o período. A percentagem do tempo para o período base é determinada por:

$$OC_{ij} < OC_{in10}$$

OC90p: Número de dias no ano em que a radiação está acima do 90° percentil da distribuição de radiação diária (porcentagem de dias com alta radiação) (%).

Seja OC_{ij} a radiação máxima diária no dia i no período j y seja OC_{in90} o dia calendário do percentil 90th centrado na janela de 5 dias para o período. A percentagem do tempo para o período base é determinado:

$$OC_{ij} > OC_{in90}$$

Índices de Extremos de Umidade Relativa

UMX10p: Número de dias no ano em que a umidade relativa está abaixo do 10° percentil da distribuição de umidade diária (porcentagem de dias com baixa umidade) (%).

Seja OC_{ij} a umidade mínima diária no dia i no período j e seja OC_{in10} o dia calendário do percentil 10th centrado na janela de 5 dias para o período. A percentagem do tempo para o período base é determinada por:

$$OC_{ij} < OC_{in10}$$

UMX90p: Número de dias no ano em que a umidade relativa está acima do 90° percentil da distribuição de umidade diária (porcentagem de dias com alta umidade) (%).

Seja OC_{ij} a umidade máxima diária no dia i no período j y seja OC_{in90} o dia calendário do percentil 90th centrado na janela de 5 dias para o período. A percentagem do tempo para o período base é determinado:

$$OC_{ij} > OC_{in90}$$

3.6 Área de estudo

As áreas de interesse deste projeto compreendem as linhas de transmissão Blumenau-Biguaçu e Ita-Salto Santiago (Figura 1), linhas estas de extrema importância para a equipe da Eletrosul.

Figura 1 - Linhas de transmissão Blumenau-Biguaçu e Ita-Salto Santiago



4 Resultados

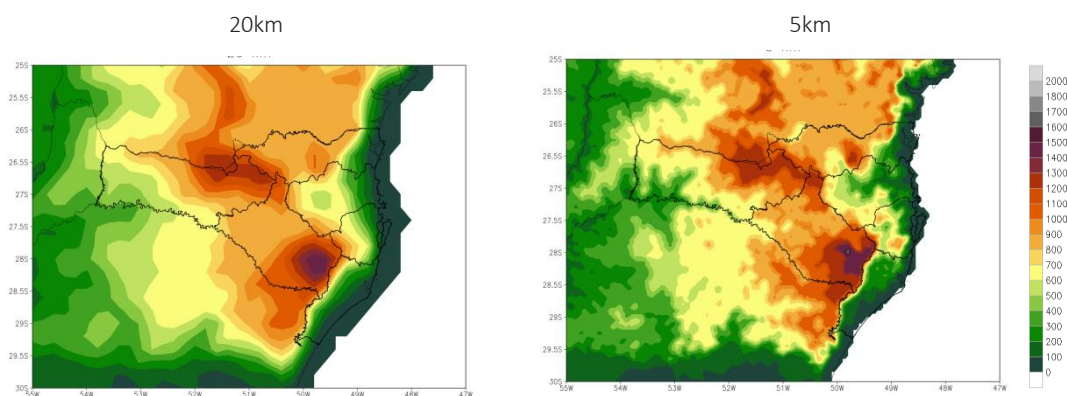
São apresentados apenas os produtos finais gerados, que consistem nos índices de extremos climáticos de precipitação, temperatura, umidade relativa e radiação calculados a partir da simulação do clima presente dos modelos Eta-MIROC5, Eta-HadGEM2-ES e Eta-CanESM2 na resolução de 20 km e do modelo Eta-5km-SC-HadGEM2-ES (ver Apêndice A) e projeções para os cenários RCP4.5 e RCP8.5 dos modelos Eta-MIROC5, Eta-HadGEM2-ES e Eta-CanESM2 na resolução de 20 km e do modelo Eta-5km-SC-HadGEM2-ES (Figuras 3 a 7). As figuras 8 e 9 apresentam a tendência do indicador de extremo de temperatura TX90p.

4.1 Mapa de Mudanças

No cálculo dos índices de extremos climáticos foram usadas simulações do modelo Eta20km e em mais alta resolução espacial (5km).

A figura 2 ilustra o do ganho do detalhamento da superfície quando se admite resoluções mais altas. Em mais alta resolução horizontal, o mapa topográfico mostra distinção de regiões de serra e vale.

Figura 2 - Mapas topográficos (m) na resolução de 20 km e 5 km, em 5km as características topográficas locais são mostradas



A frequência de chuvas acima de 100mm por dia (R100mm) no litoral norte, na bacia do Itajaí, apresenta um sinal de aumento mais claramente no cenário RCP4.5 do que no RCP8.5 (figura 3). As projeções de alta resolução, tendem a mostrar aumento. Esta variação no sinal da mudança desse índice confere alta incerteza nessa informação para ambas linhas de transmissão. A tabela 1 mostra um resumo da frequência de dias com chuva acima de 100mm nas linhas de transmissão Itá-Salto Santiago e Blumenau-Biguaçu considerando o período *historical* e os cenários RCP4.5 e RCP8.5. Para a linha de transmissão Ita-Salto Santiago o modelo de alta resolução capturou mais eventos comparados aos modelos de baixa resolução, enquanto que para a linha de transmissão de Blumenau-Biguaçu tanto o modelo de alta resolução quanto o modelo de baixa resolução contabilizaram quase a mesma quantidade de eventos.

Figura 3 - Índice R100mm (Dias). Projeção para o período 2011-2040 dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES em relação ao período histórico (1961-1990) e do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES em relação ao período histórico (1981-2010).

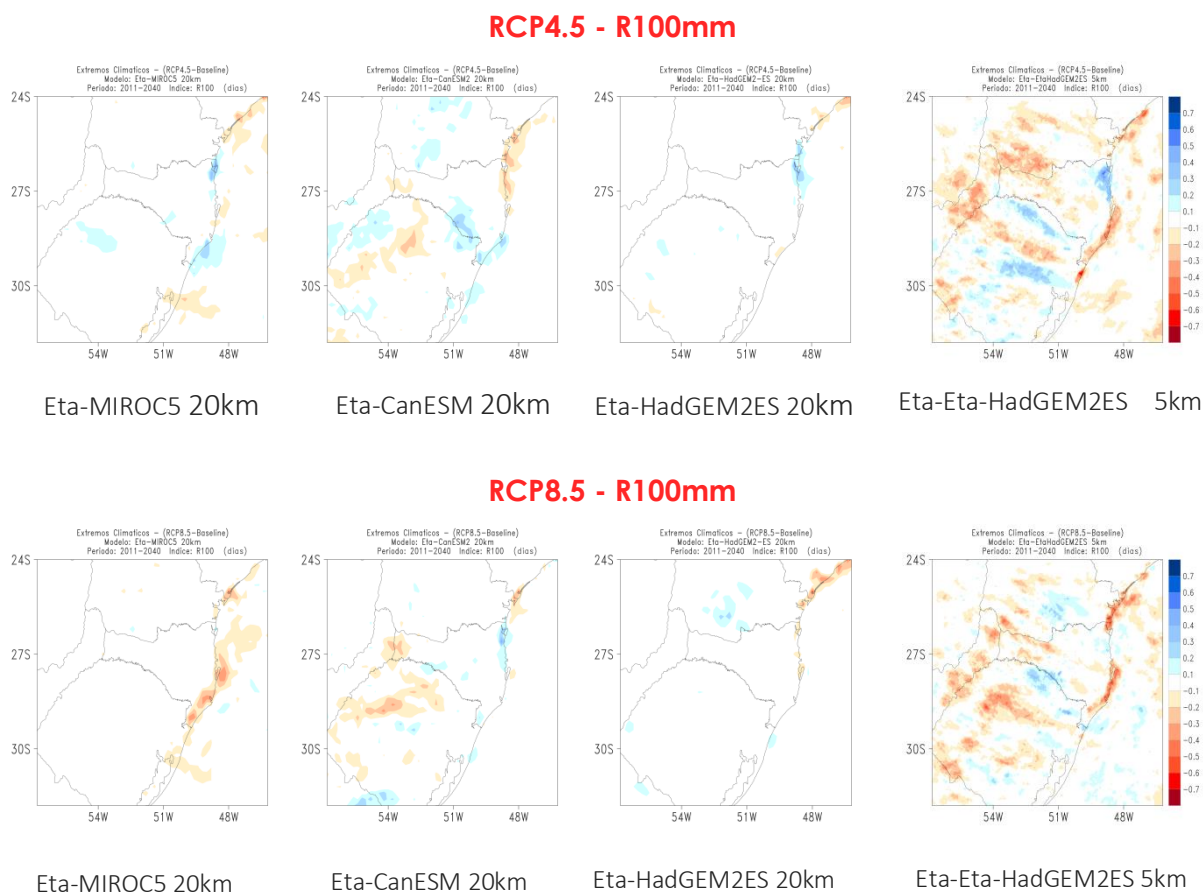
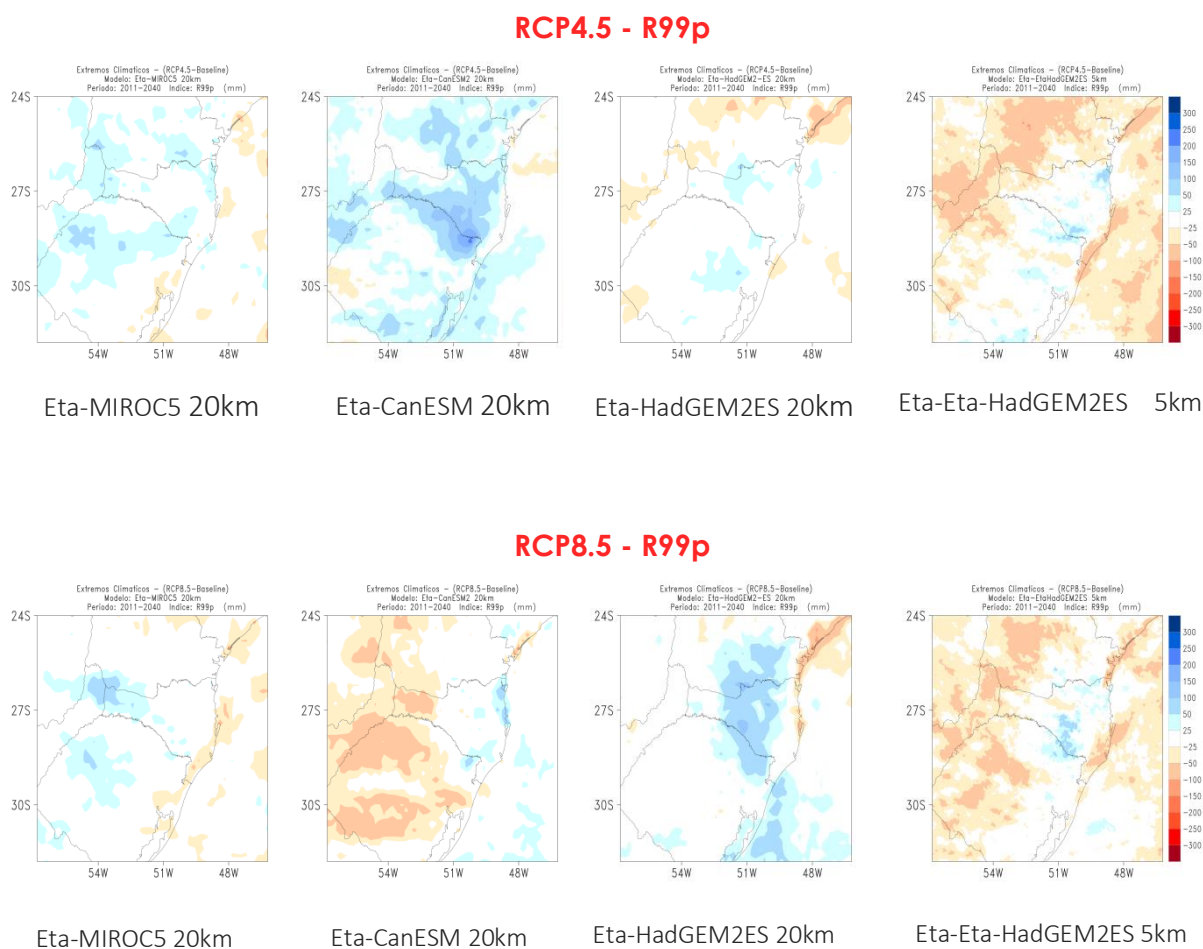


Tabela 1 - Análise de frequência de dias com chuva do índice R100mm

	Historical	RCP4.5	RCP8.5	Historica RCP4.		RCP8.5
				1	5	
Eta-EtaHadGEM2-ES 5km	13	10	9	4	9	4
Eta-HadGEM-ES 20km	0	2	1	3	6	3
Eta-MIROC5 20km	1	2	2	7	9	8
Eta-CanESM2 20km	1	4	2	2	1	6

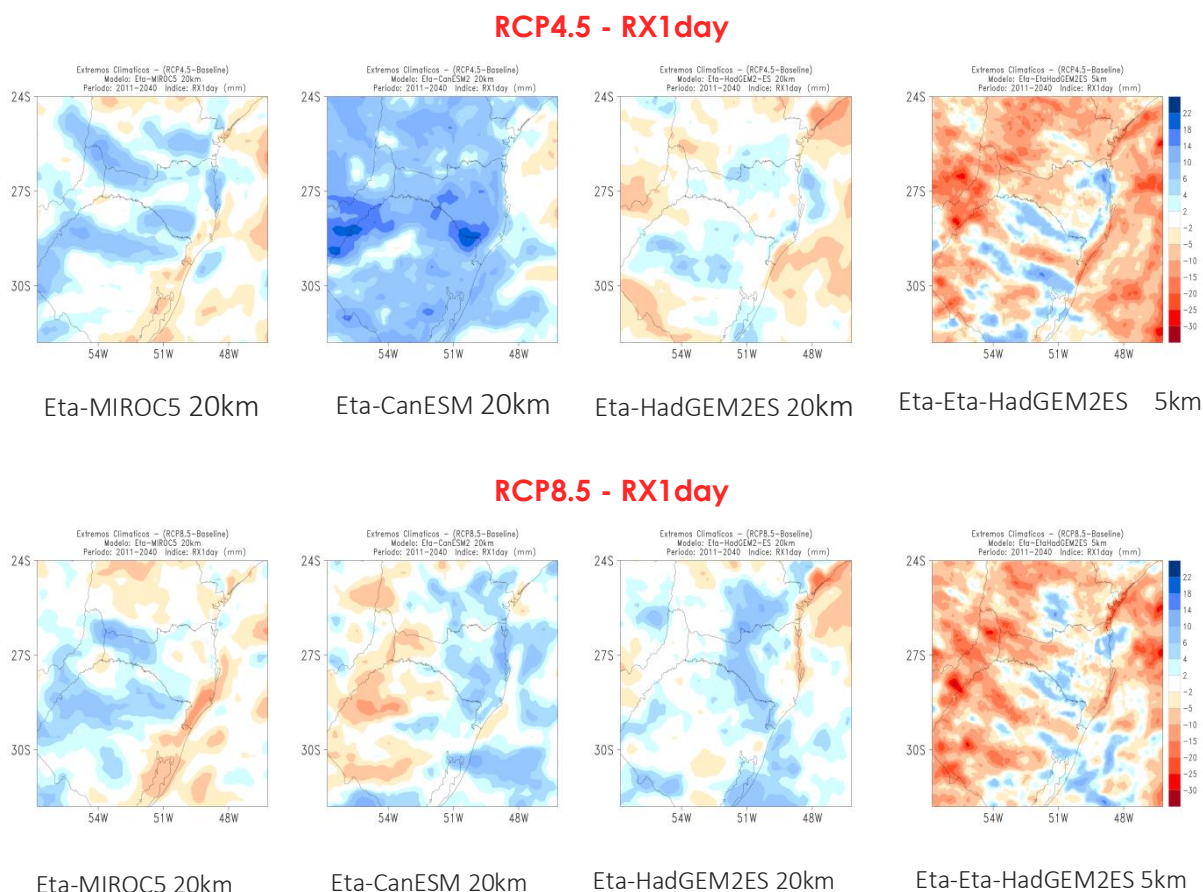
As projeções do índice de chuvas intensas R99p apresentam sinal misto (figura 4). As projeções de baixa resolução indicam desde redução até aumento na quantidade dessas chuvas no entorno da linha Itá-Salto Santiago. Enquanto que na bacia do rio Itajaí, a maioria das projeções indicam aumento na quantidade das chuvas muito intensas. O sinal é mais intenso nas projeções de alta resolução. Portanto, há alta incerteza (baixa confiança) sobre o sinal de mudanças nesse índice na linha Ita-Salto Santiago, mas de média-alta confiança no sinal de aumento desse índice no entorno da linha Blumenau-Biguaçu.

Figura 4 - Índice R99p (mm/ano). Projeção para o período 2011-2040 dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES em relação ao período histórico (1961-1990) e do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES em relação ao período histórico (1981-2010).



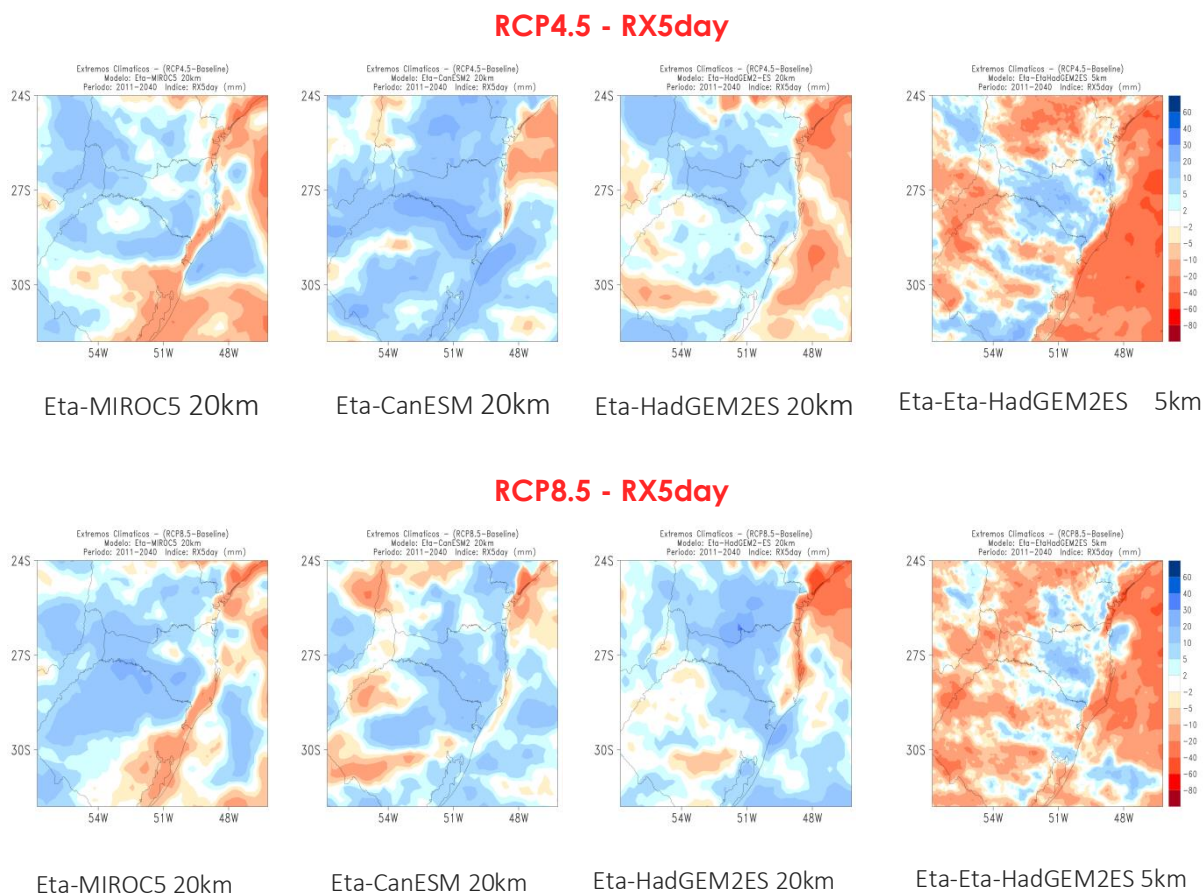
A maioria das projeções de 20 km indicam aumento na chuva diária máxima, RX1day, as projeções em 5km indicam forte redução no entorno da linha Itá-Salto Santiago (figura 5). Portanto, a projeção de aumento na intensidade da chuva diária máxima é de baixa confiança.

Figura 5 - Índice RX1day (mm/ano). Projeção para o período 2011-2040 dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES em relação ao período histórico (1961-1990) e do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES em relação ao período histórico (1981-2010).



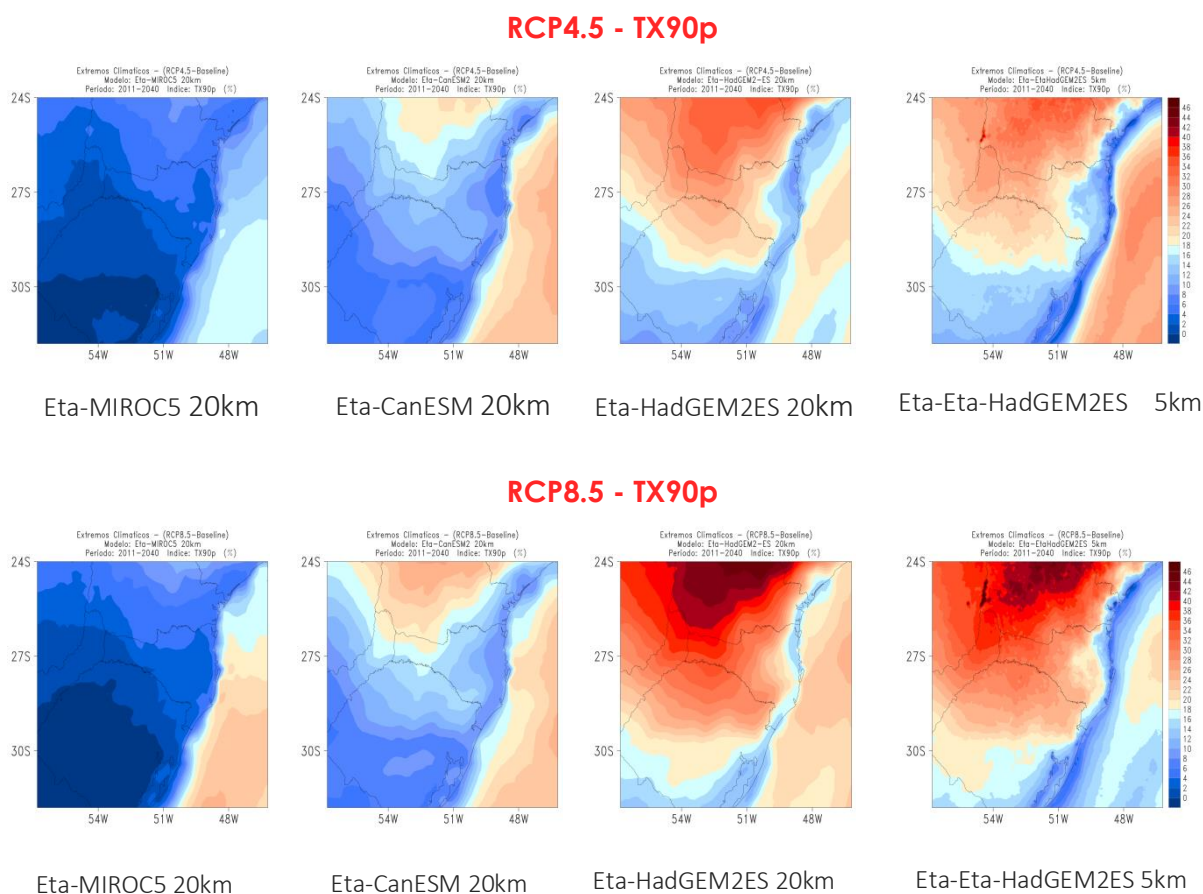
No caso de máximo das chuvas acumuladas em 5 dias, RX5day, a maioria das projeções indicam aumento desse índice em ambas linhas, o que lhe confere de média a alta confiança no sinal da mudança (figura 6).

Figura 6 - Índice RX5day (mm/ano). Projeção para o período 2011-2040 dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES em relação ao período histórico (1961-1990) e do modelo Eta-HadGEM2ES em relação ao período histórico (1981-2010).



O aumento das temperaturas extremas máximas, TX90p, é mostrado em todas as projeções (figura 7), o que indica alta confiança no sinal. Enquanto o Eta-HadGEM2-ES e Eta-CanESM2 mostram o máximo de aquecimento na parte oeste do estado, o Eta-MIROC5 apresenta máximo aquecimento na parte nordeste do estado.

Figura 7- Índice TX90p (%). Projeção para o período 2011-2040 dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES em relação ao período histórico (1961-1990) e do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES em relação ao período histórico (1981-2010).



4.2 Tendências

Foram gerados os gráficos de tendência de indicadores de extremos de precipitação (RX1day, RX5day, R100mm e R99p) e temperatura (TX90p) ao longo dos anos a partir de séries temporais com o período 1981 a 2040 simuladas a partir do Eta5km-SC detalhando o modelo global HadGEM2-ES, o modelo Eta20km detalhando os modelos globais HadGEM2-ES, MIROC5 e CanESM2 com os cenários RCP4.5 e RCP8.5 (ver Apêndice A). Em destaque temos as figuras 8 e 9 que mostram o índice TX90p pois indicou em todos os cenários um aumento estatisticamente significativo.

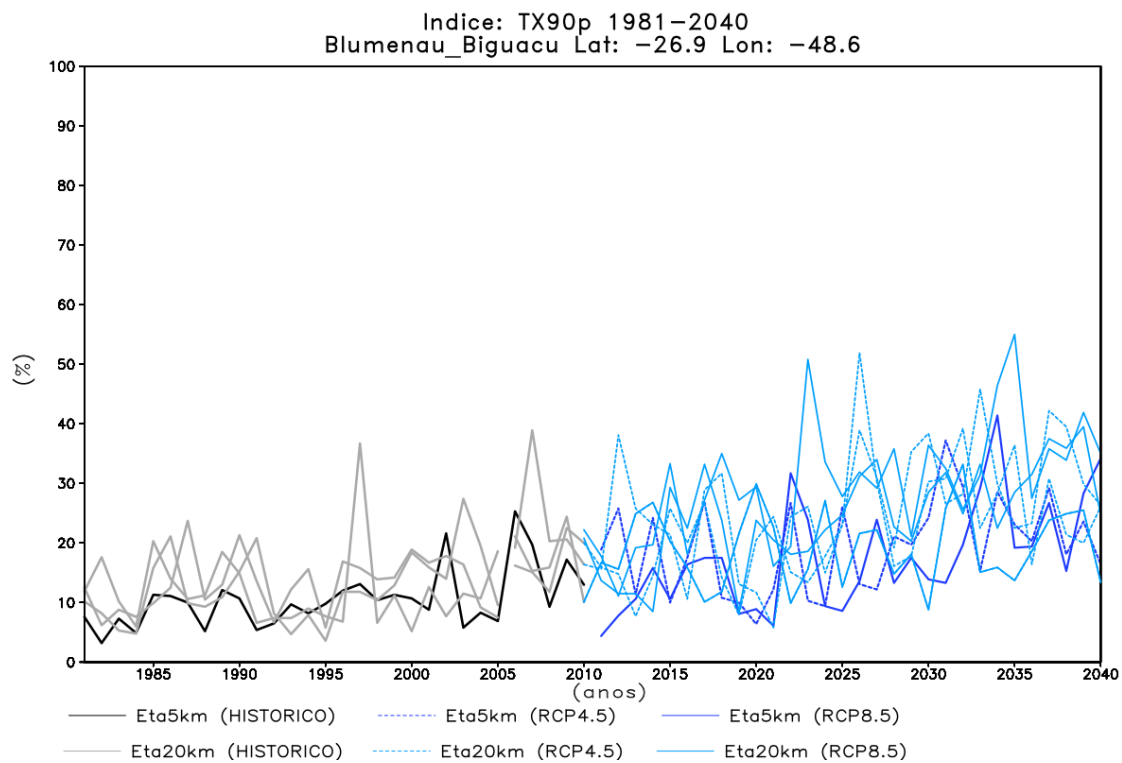
As tabelas 2 e 3 a seguir mostram a tendência e a significância estatística dos indicadores de extremos de precipitação e temperatura ao longo dos anos até 2040, para os pontos que compreendem as linhas de transmissão de Blumenau-Biguaçu e Itá-Salto Santiago que são as áreas de interesse deste projeto.

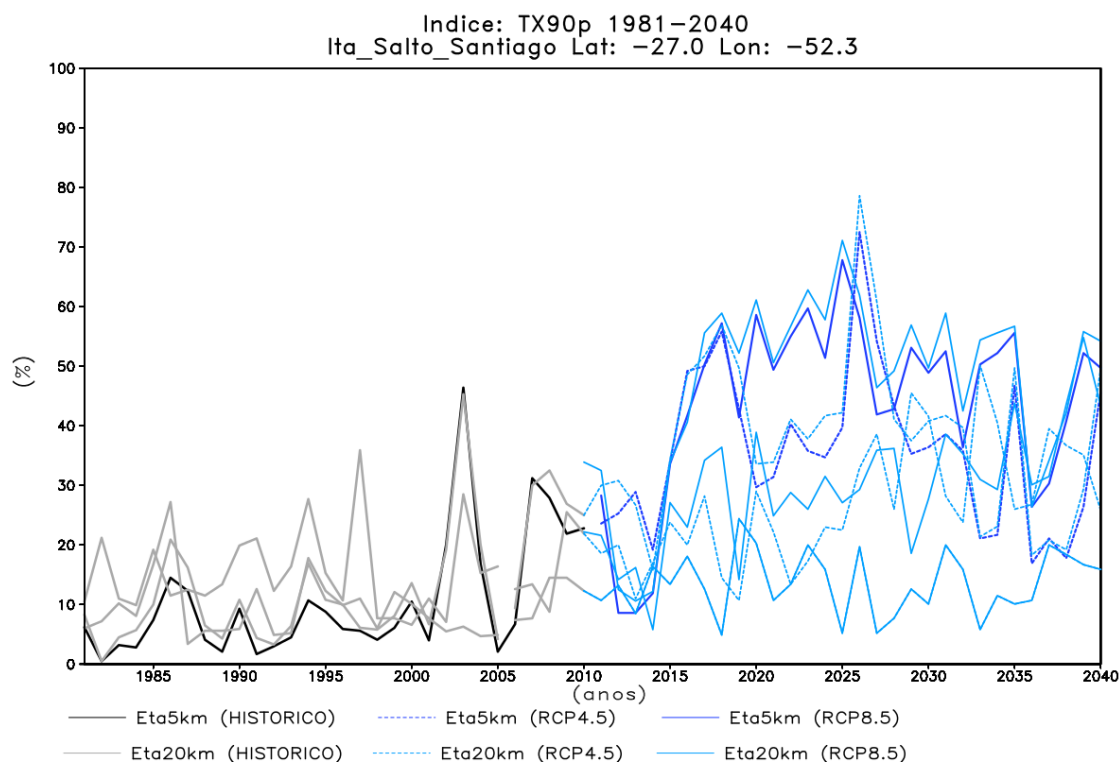
Tabela 2 - Tabela de Significância e Tendência para Blumenau-Biguaçu. Em que os valores em negrito representam as tendências com significância estatística.

Índice	Eta-CanESM2 20km		Eta-MIROC5 20km		Eta-HadGEM2-ES20km		Eta-EtaHadGEM2-ES5km	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	Tend	Tend	Tend	Tend	Tend	Tend	Tend	Tend
R99p	-0.13	0.09	0.83	0.00	0.29	0.00	0.00	-0.04
RX5day	-0.08	0.33	0.16	-0.02	0.18	0.11	0.06	0.02
RX1day	0.02	0.16	0.36	0.07	0.16	-0.11	-0.09	-0.03
R100mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TX90p	0.39	0.39	0.20	0.25	0.33	0.49	0.26	0.23

Tabela 3 - Tabela de Significância e Tendência para Itá-Salto Santiago. Em que os valores em negrito representam as tendências com significância estatística.

Índice	Eta-CanESM2 20km		Eta-MIROC5 20km		Eta-HadGEM2-ES20km		Eta-EtaHadGEM2-ES5km	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	Tend	Tend	Tend	Tend	Tend	Tend	Tend	Tend
R99p	0.21	0.00	0.00	0.14	0.00	0.01	0.00	-0.16
RX5day	0.33	0.24	-0.03	0.05	0.03	0.17	0.09	-0.22
RX1day	0.25	-0.05	0.13	0.21	0.01	0.09	-0.10	-0.26
R100mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TX90p	0.35	0.45	0.12	0.08	0.73	1.02	0.72	0.97

Figura 8 - Tendência de indicadores de extremos de temperatura para Blumenau - Biguaçu.**Figura 9**- Tendência de indicadores de extremos de temperatura para Ita - Salto Santiago.



5 Síntese e considerações finais

Foram gerados os cálculos dos extremos climáticos a partir das variáveis de precipitação, temperaturas máximas e mínimas, radiação de onda curta e umidade relativa utilizando os modelos Eta-MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES na resolução de 20km e modelo Eta-EtaHadGEM2-ES na resolução de 5km para o período baseline e para projeções dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 no início do século 21, de 2011 a 2040.

Os extremos de temperaturas máximas diárias aumentam em todas as projeções passando a ocorrer em cerca de 20% dos dias do ano já no início do século. Há alta confiança no sinal.

As chuvas extremas acumuladas em 5 dias, indicadas pelo RX5day, mostram aumento nas projeções no estado. Esse sinal de aumento apresenta de média a alta confiança. Na região do entorno da linha Blumenau-Biguaçu, o que inclui a região da bacia do Itajaí, os índices de chuvas diárias máximas acima de 100mm (R100mm) e R99p mostram sinal de aumento, com média a alta confiabilidade. Por outro lado, na região da linha Itá-Salto Santiago, os sinais de mudança são mistos, o que se traduzem em mudanças de baixa confiabilidade. Chuvas acima de 100mm foram pouco reproduzidos pelos modelos de baixa resolução. O modelo Eta-5km-SC adiciona valor a essas

projeções ao conseguir reproduzir valores mais extremos como é o caso desse índice.

6 Referências Bibliográficas

ALEXANDER, L. V., X. ZHANG, T. C. PETERSON, J. CAESAR, B. GLEASON, A. KLEIN TANK, M. HAYLOCK, D. COLLINS, B. TREWIN, F. RAHIMZADEH, A. TAGIPOUR, P. AMBENJE, K. RUPA KUMAR, J. REVADEKAR, G. GRIFFITHS, L. VINCENT, D. STEPHENSON, J. BURN, E. AGUILAR, M. BRUNET, M. TAYLOR, M. NEW, P. ZHAI, M. RUSTICUCCI, J. L. VAZQUEZ-AGUIRRE Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **J. Geophys. Res.**, 111, D05109, 2005. DOI: 10.1029/2005JD006290.

ARORA, V. K.; BOER, G. J. Uncertainties in the 20th century carbon budget associated with land use change. **Global Change Biology**, v. 16, n. 12, p. 3327-3348, 2010. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02202.x

ARORA, V. K. et al. Carbon emission limits required to satisfy future representative concentration pathways of greenhouse gases. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 5, 2011. DOI: 10.1029/2010GL046270

BÁRDOSSY, A.; PEGRAM, G. Downscaling precipitation using regional climate models and circulation patterns toward hydrology, **Water Resources. Res.**, v. 47, W04505, 2011.

BLACK, T. L. The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. **Weather and forecasting**, 9, 265-278, 1994. DOI: DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0434\(1994\)009<0265:TNNMEM>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0434(1994)009<0265:TNNMEM>2.0.CO;2)

CHOU, S. C. Modelo regional Eta. **Climanálise Especial**. Edição Comemorativa de 10 anos, MCT/INPE/CPTEC, Cachoeira Paulista, 1996.

CHOU, S. C.; MARENGO, J. A.; LYRA, A. A.; SUEIRO, G.; PESQUERO, J. F.; ALVES, L. M.; KAY G.; BETTS, R.; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. S. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. **Climate dynamics**, v. 38, n. 3-4, p. 635-653, 2012. doi: 10.1007/s00382-011-1002-8

CHOU, S. C.; LYRA, A. A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, 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.; DEREZYNSKI, 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

CHYLEK, P. et al. Observed and model simulated 20th century Arctic temperature variability: Canadian earth system model CanESM2. **Atmospheric Chemistry and Physics Discussions**, v. 11, n. 8, p. 22893-22907, 2011.

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.

HIJMANS, Robert J. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International journal of climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005. DOI: 10.1002/joc.1276

HYNDMAN, R.J.; FAN, Y. Sample quantiles in statistical packages. *The American Statistician*, 50, 361-367, 1996.

HASUMI, Hiroyasu. **CCSR ocean component model (COCO)**. CCSR Rep, v. 13, p. 68, 2000.

IPCC, 2007: **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2014: **Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do grupo de trabalho II para o quinto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas** [Editado por Christopher B. Field, Vicente R. Barros].

LENDERINK, G., BUISSHAND, A., VAN DEURSEN, W. Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach. **Hydrol. Earth Syst. Sci.** 11 (3), 1145–1159, 2007.

LYRA, A. A.; TAVARES, P. S.; CHOU, S. C.; SUEIRO, G.; DEREZYNSKI, C.; SONDERMAN, M.; SILVA, A.; MARENGO, J.; GIAROLLA, A. Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-20, 2017. doi: 10.1007/s00704-017-2067-z

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.; CHOU, S. C.; KAY, G.; ALVES, L. M.; PESQUERO, J. F.; SOARES, W. R.; SANTOS, D. C.; LYRA, A. A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. S. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTec/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. **Climate Dynamics**, v. 38, n. 9-10, p. 1829-1848, 2012. DOI: 10.1007/s00382-011-1155-5.

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.

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

MESINGER, F.; JANJIC, Z. I.; NICKOVIC, S.; GAVRILOV, D.; DEAVEN, D. G. The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. **Mon. Wea. Rev.**, 116, 1493-1518, 1988.

MOSS, R. H.; EDMONDS, J. A.; HIBBARD, K. A.; MANNING, M. R.; ROSE, S. K.; VAN VUUREN, D. P.; CARTER, T. R.; EMORI, S.; KAINUMA, M.; KRAM, T.; MEEHL, G. A.; MITCHELL, J. F. B.; NAKICENOVIC, N.; RIAHI, K.; SMITH, S. J.; STOUFFER, R. J.; THOMSON, A. M.; WEYANT, J. P.; WILBANKS, T. J. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. **Nature**, v. 463, n. 7282, p. 747-756, 2010. doi:10.1038/nature08823

NUMAGUTI, A., M. TAKAHASHI, T. NAKAJIMA, AND A. SUMI. Description of CCSR/NIES atmospheric general circulation model. National Institute for Environmental Studies, Center for Global Environmental Research Supercomputer Monograph Rep. 3, 1–48, 1997.

OKI, TAIKAN; SUD, Y. C. Design of Total Runoff Integrating Pathways (TRIP)—A global river channel network. *Earth interactions*, v. 2, n. 1, p. 1-37, 1998.

PESQUERO, J. F.; CHOU, S. C.; NOBRE, C.A.; MARENGO, J. A. Climate downscaling over South America for 1961–1970 using the Eta Model. **Theoretical and applied climatology**, v. 99, n. 1-2, p. 75-93, 2010. doi: 10.1007/s00704-009-0123-z

TAVARES, P. S.; GIAROLLA, A.; CHOU, S. C., SILVA, A. J. P.; LYRA, A. A. Climate change impact on the potential yield of Arabica coffee in southeast Brazil. **Regional Environmental Change**, p. 1-11, 2017. DOI: 10.1007/s10111.

TEUTSCHBEIN, C.; SEIBERT, J. I. Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. **Journal of Hydrology**. 456–457, p.12-29, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.052>

VIOLA, M. R. ; DE MELLO, C. R. ; CHOU, S. C. ; YANAGI, S. N. ; GOMES, J. L. . 2014. Assessing climate change impacts on Upper Grande River Basin hydrology, Southeast Brazil. **International Journal of Climatology**. DOI: 10.1002/joc.4038.

WATANABE, M., T. SUZUKI, R. O'ISHI, Y. KOMURO, S. WATANABE, S. EMORI, T. TAKEMURA, M. CHIKIRA, T. OGURA, M. SEKIGUCHI, K. TAKATA, D. YAMAZAKI, T. YOKOHATA, T. NOZAWA, H. HASUMI, H. TATEBE AND M. KIMOTO. Improved Climate Simulation by MIROC5: Mean States,

Variability, and Climate Sensitivity. *Journal of Climate*, 23, 6312-6335, 2010.

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.

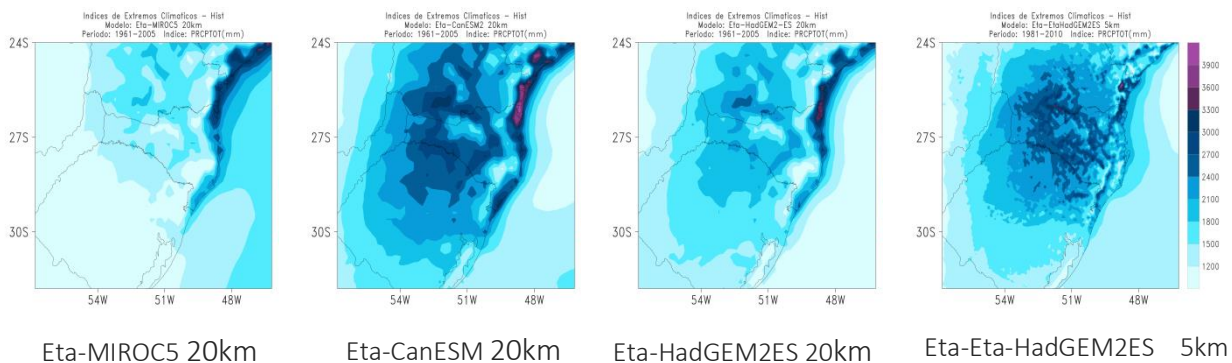
ZHANG, X.; YANG, F. RClimDex User Manual. Climate Research Division, **Science and Technology Branch**, Environment Canada. 23 p., 2004.

ZHANG, X.; HEGERL, G.; ZWIERS F.; KENYON, J. Avoiding inhomogeneity in percentile-based indices of temperature change. **J. Climate**, 18, 1641-1651, 2005.

APÊNDICE A - Índices de extremos climáticos e Tendências

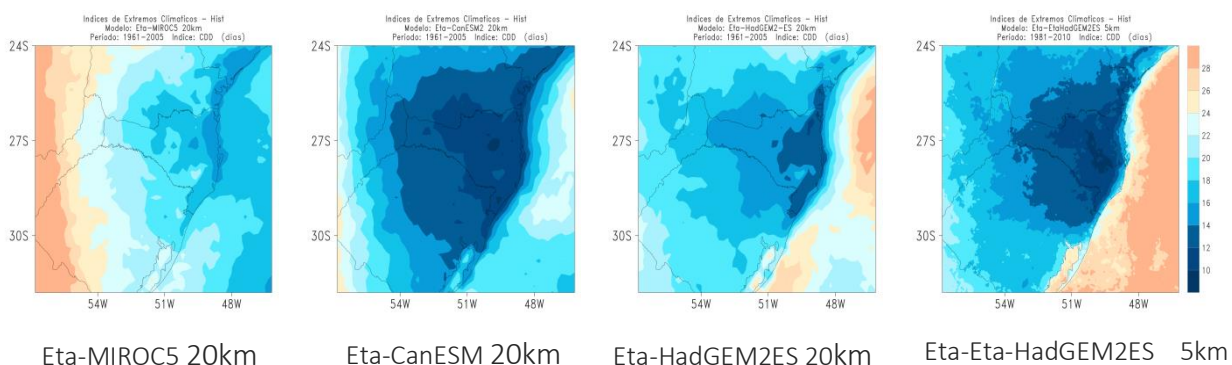
Índice PRCPTOT (mm/ano). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

PRCPTOT



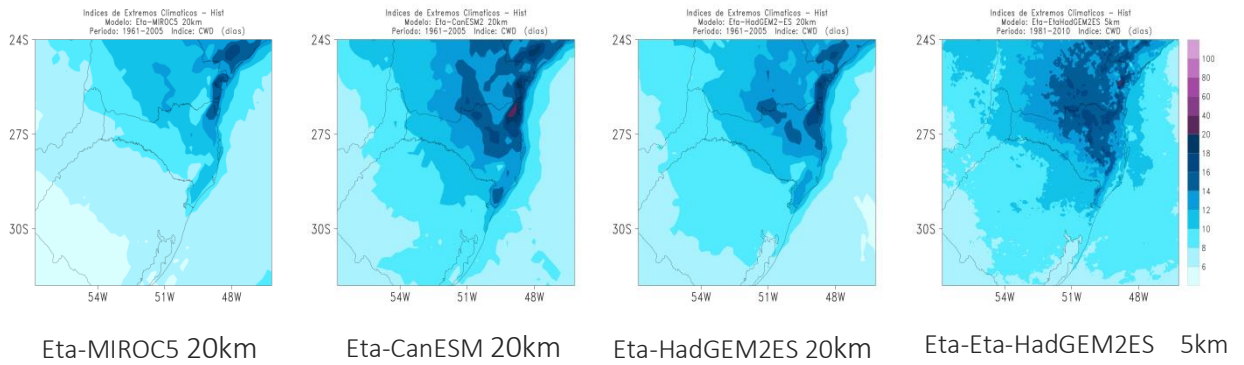
Índice CDD (Dias). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

CDD



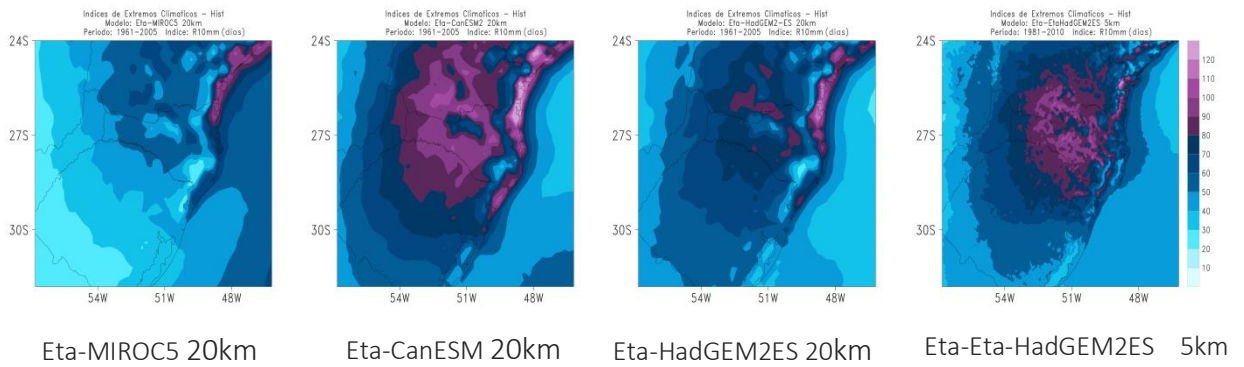
Índice CWD (Dias). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

CWD



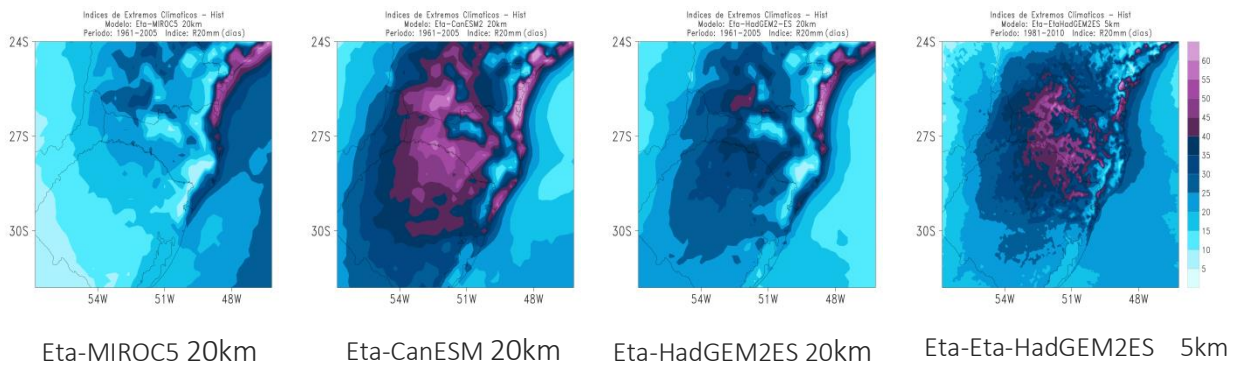
Índice R10mm (Dias). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

R10mm



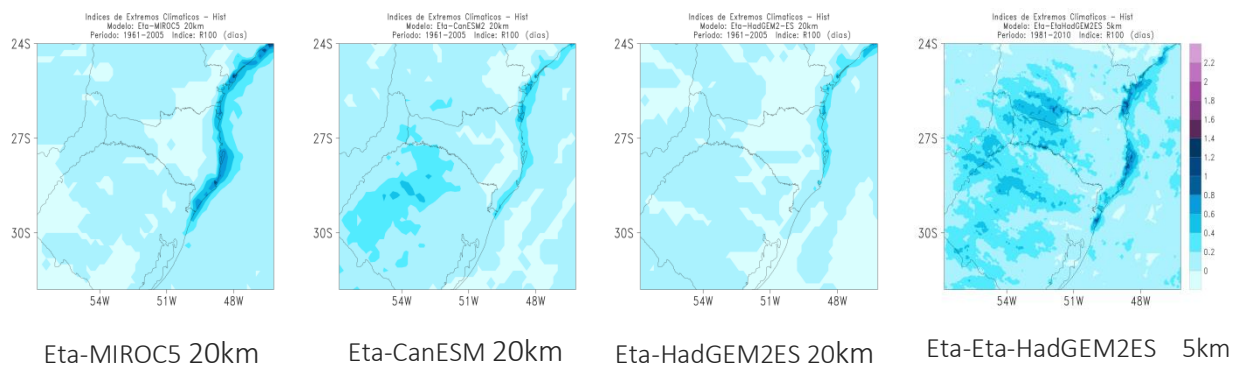
Índice R20mm (Dias). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

R20mm



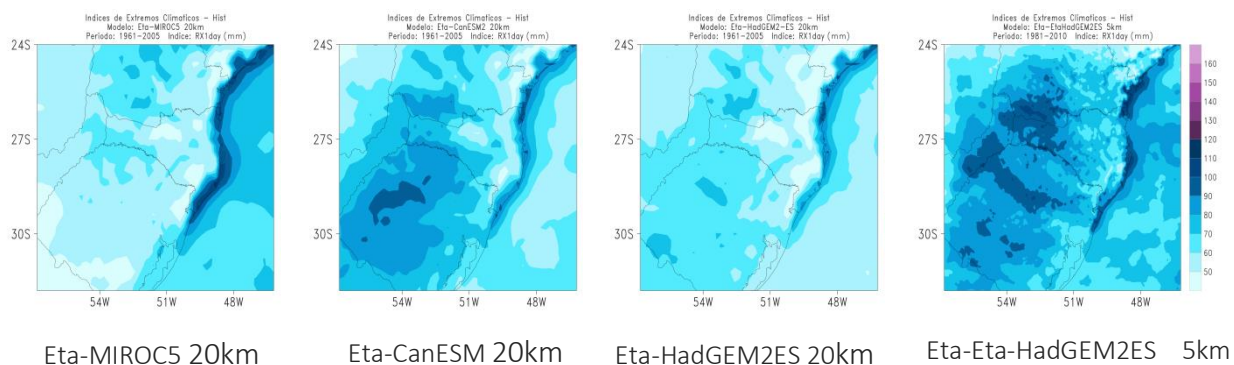
Índice R100mm (Dias). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

R100mm



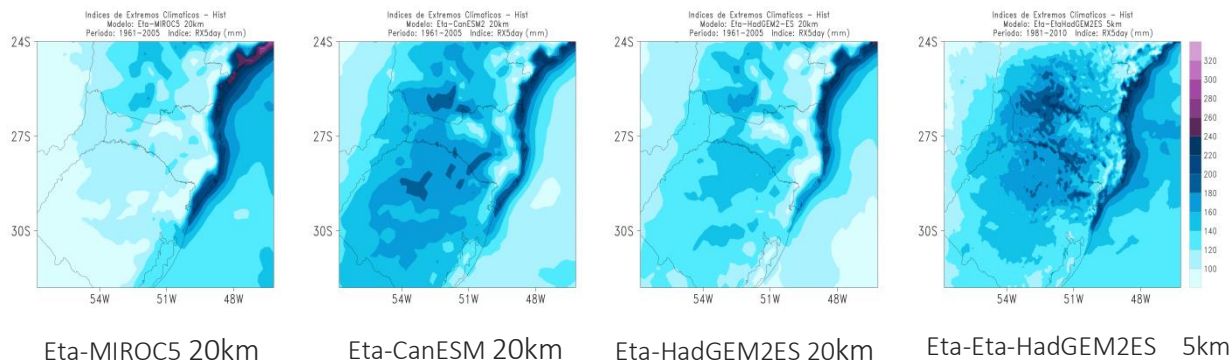
Índice RX1day (mm/ano). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

RX1day



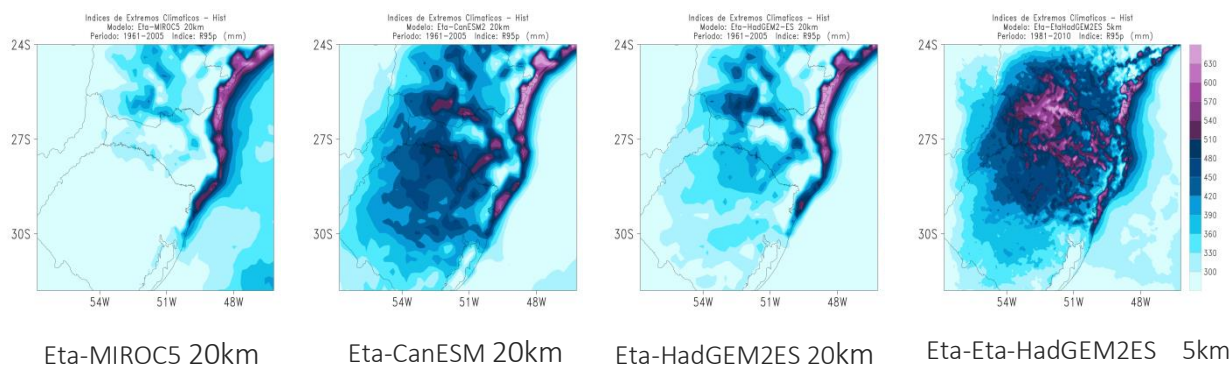
Índice RX5day (mm/ano). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

RX5day



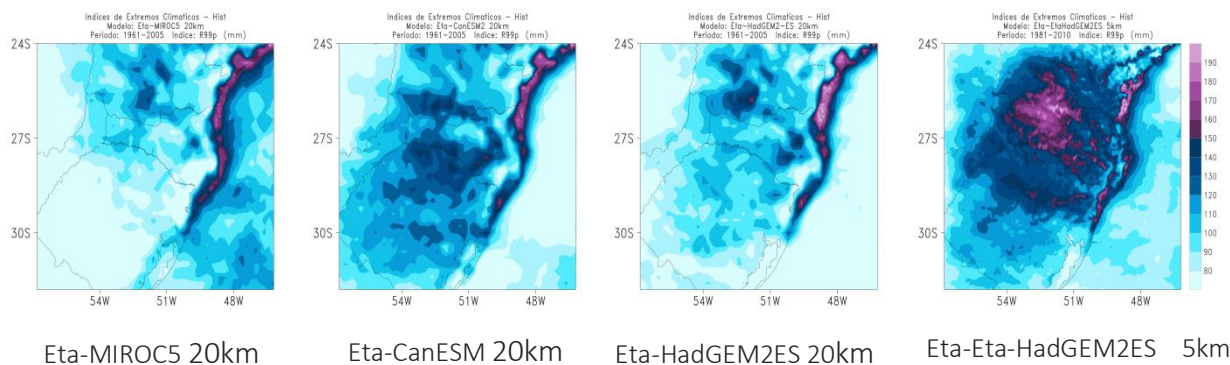
Índice R95p (mm/ano). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

R95p



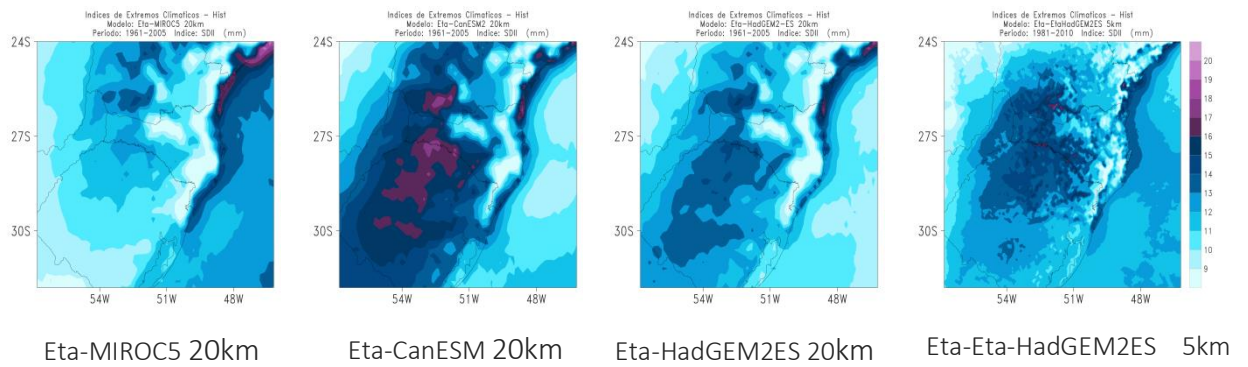
Índice R99p (mm/ano). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

R99p



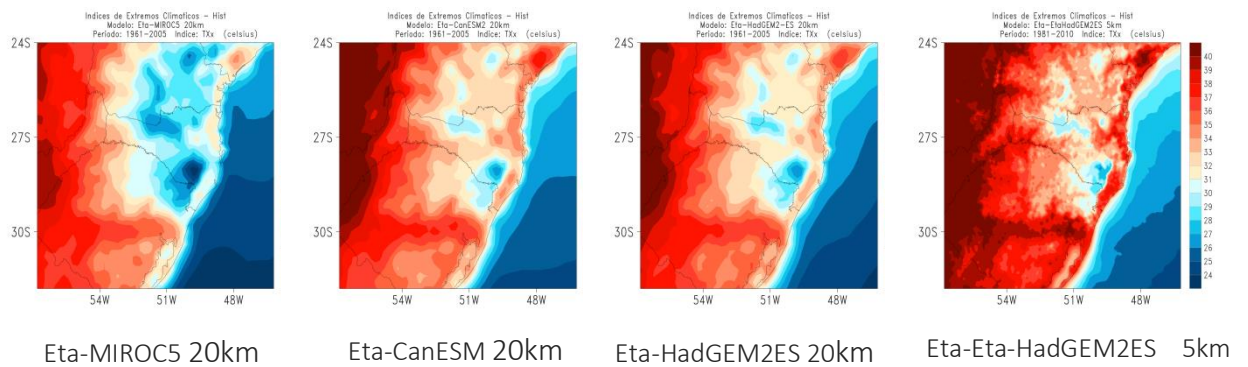
Índice SDII (mm/ano). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

SDII



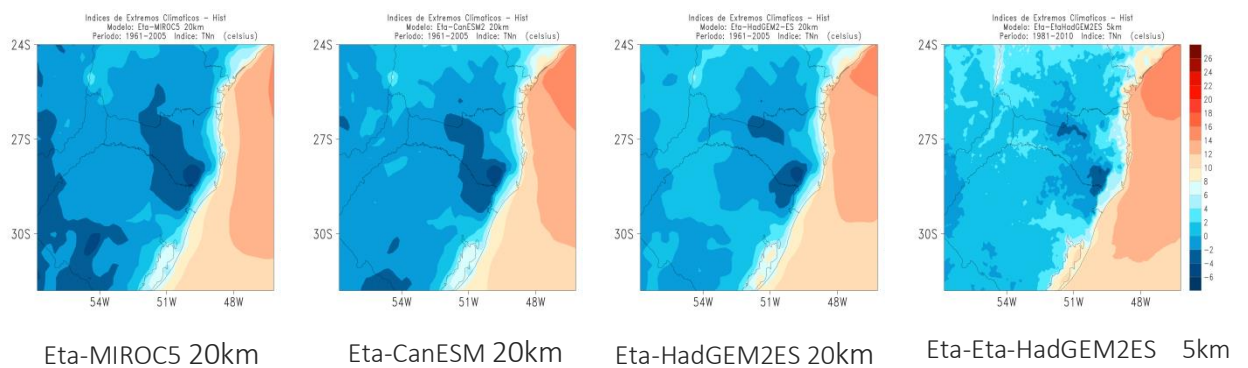
Índice TXx (°C). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

TXx

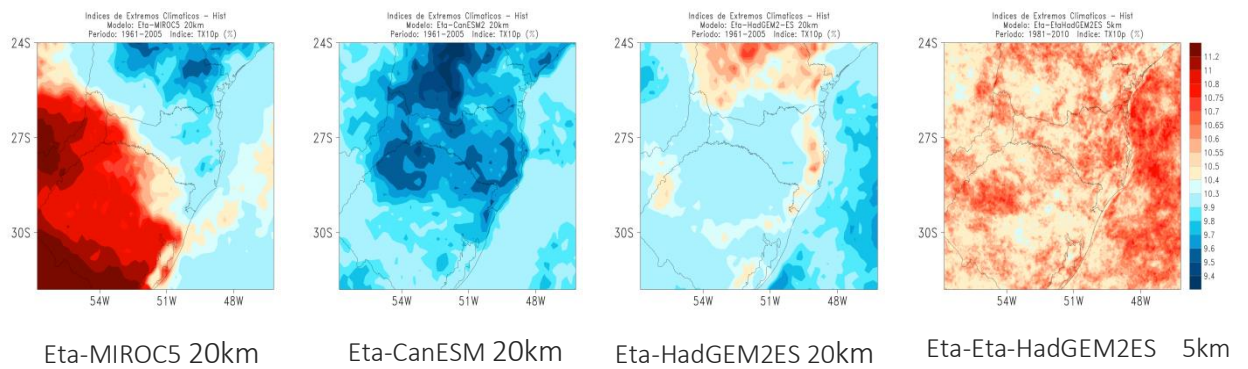


Índice TNn (°C). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

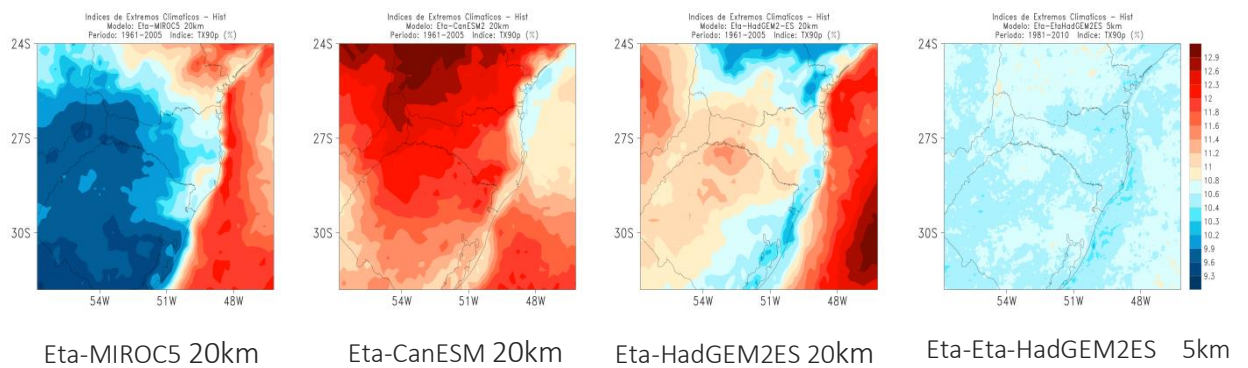
TNn



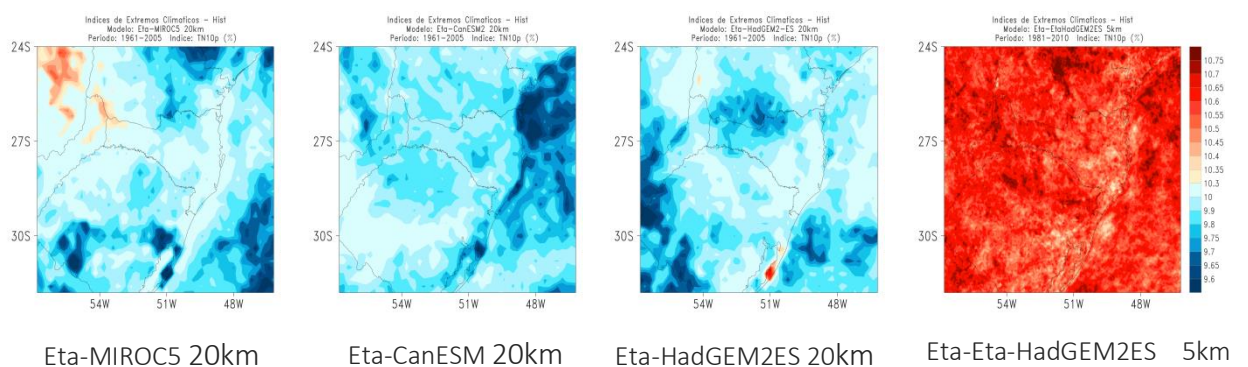
Índice TX10p (%). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

TX10p

Índice TX90p (%). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

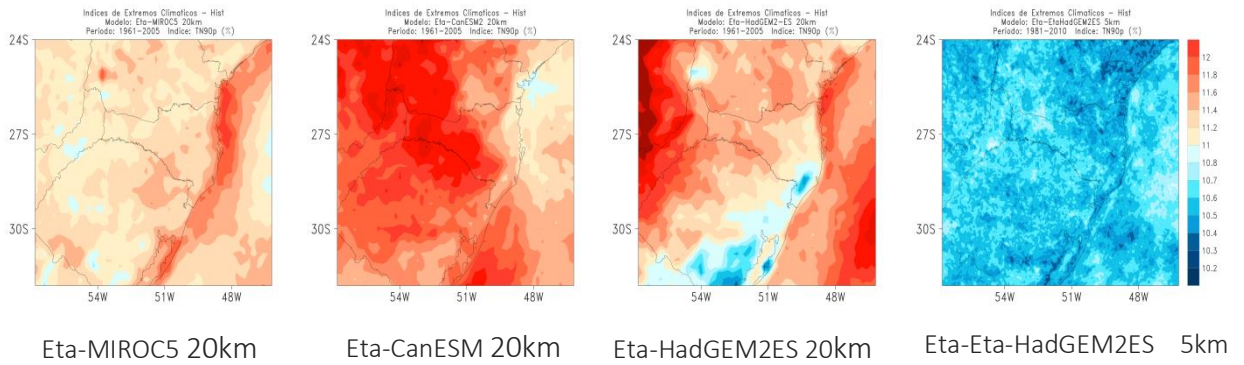
TX90p

Índice TN10p (%). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

TN10p

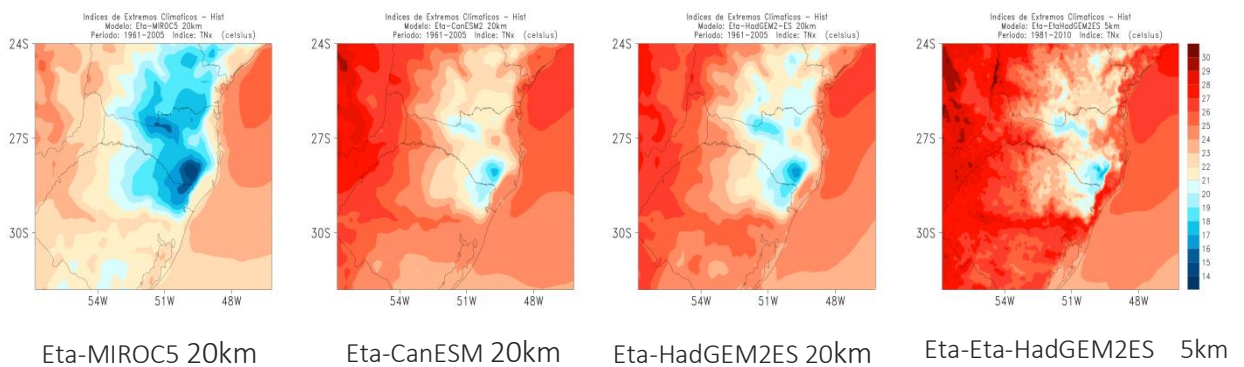
Índice TN90p (%). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

TN90p



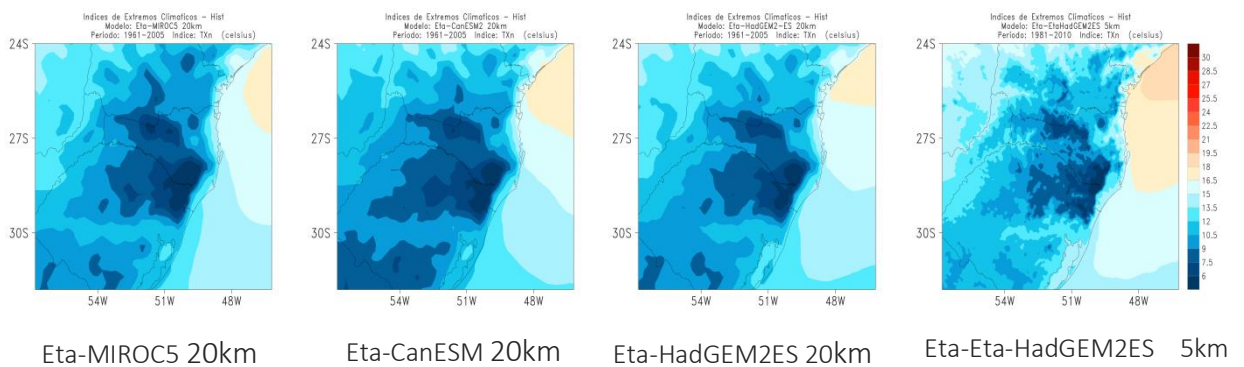
Índice TNx (°C). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

TNx



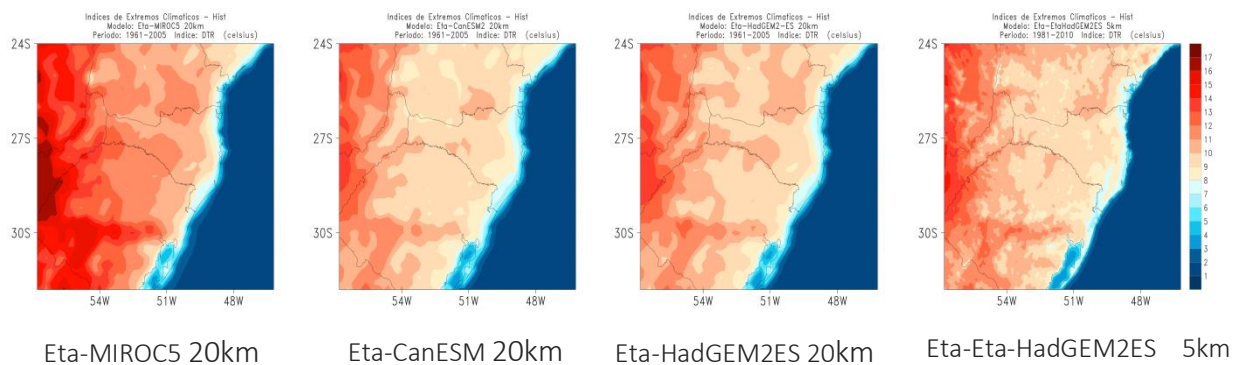
Índice TXn (°C). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

TXn



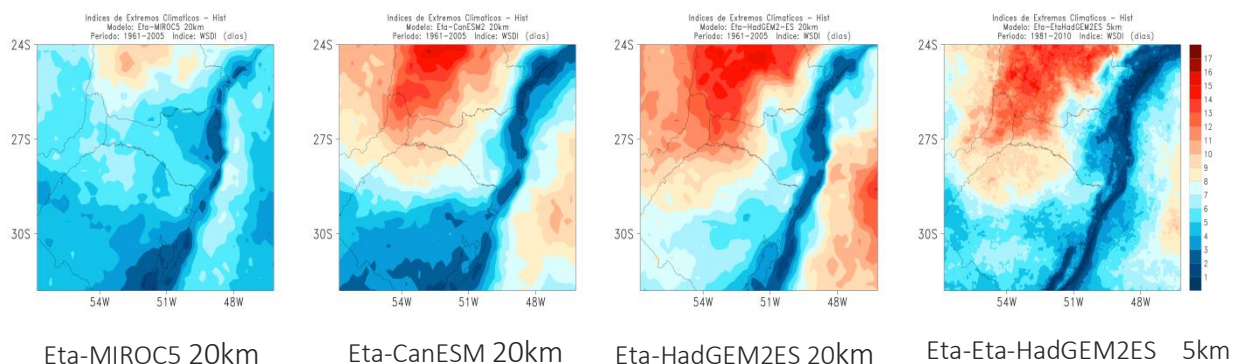
Índice DTR (Dias). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

DTR



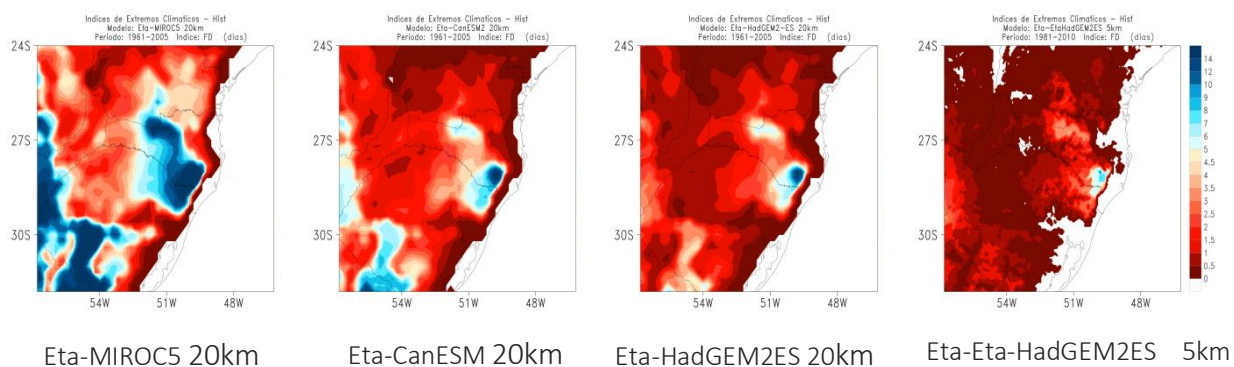
Índice WSDI (Dias). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

WSDI



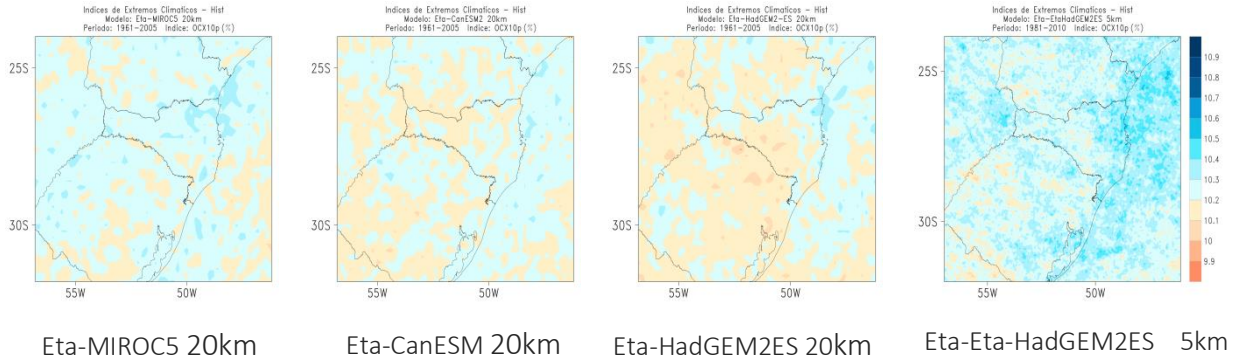
Índice FD (Dias). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

FD



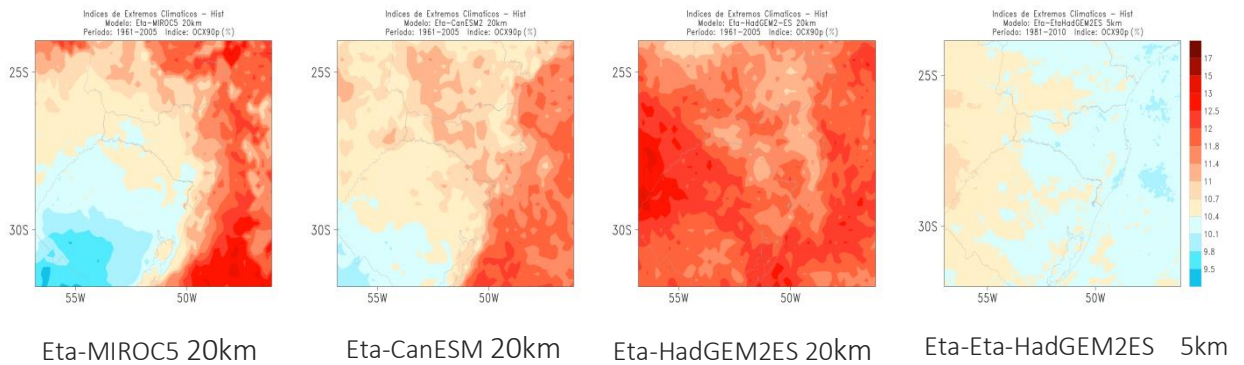
Índice OCX10p (%). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

OCX10p



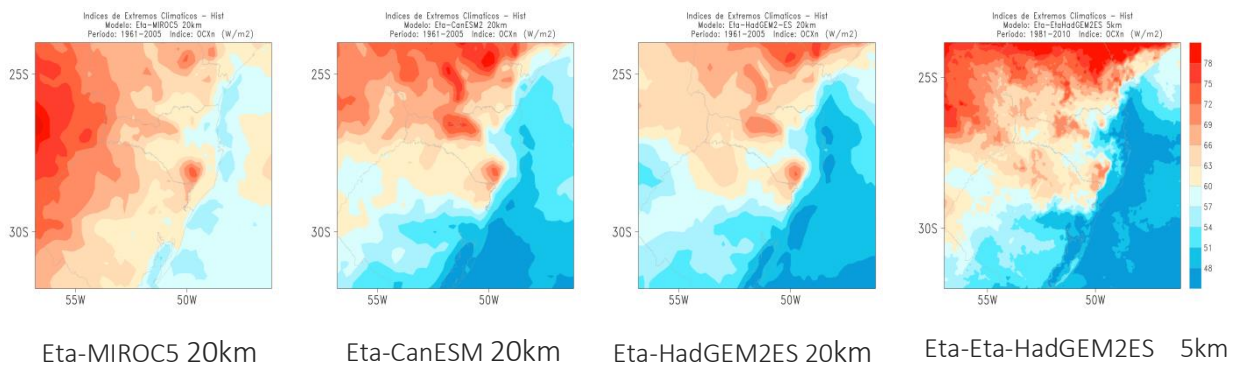
Índice OCX90p (%). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

OCX90p



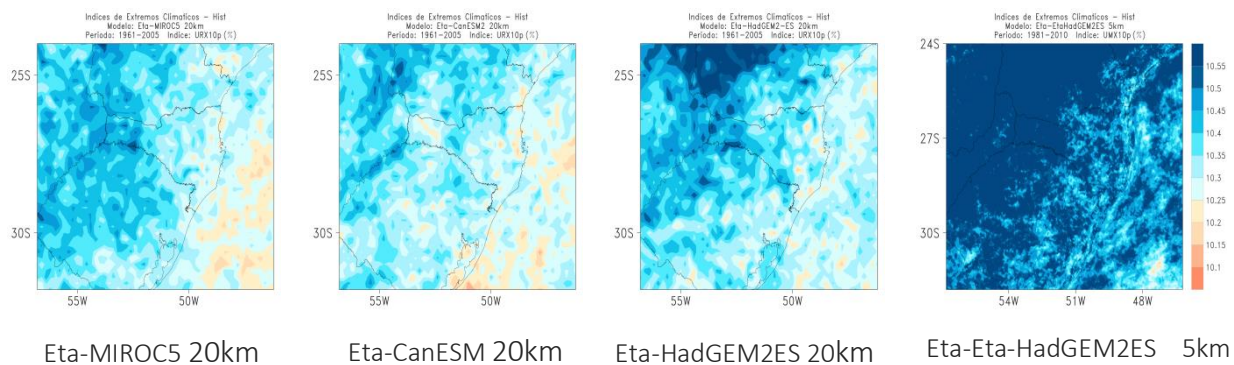
Índice OCNn (W/m2). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

OCXn



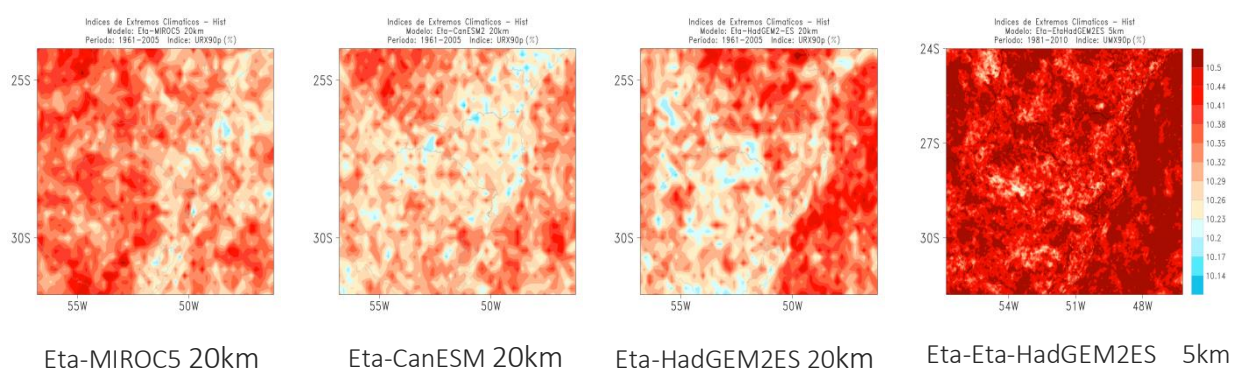
Índice UMX10p (%). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2-ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

UMX10p



Índice UMX90p (%). Os valores médios dos modelos Eta_MIROC5, Eta-CanESM2 e Eta-HadGEM2ES se referem ao período (1961-1990) os valores do modelo Eta-Eta-HadGEM2ES se referem ao período 1981-2010.

UMX90p



Tendência de indicadores de extremos de precipitação e temperatura

