



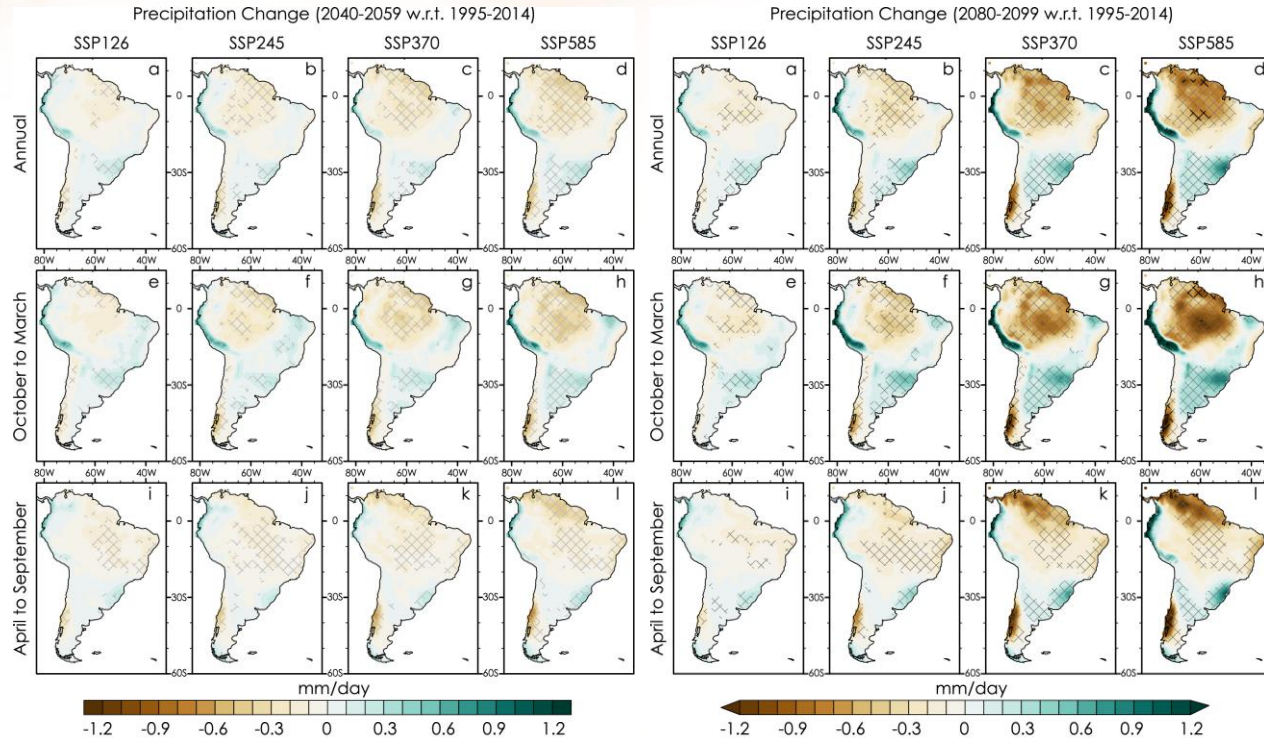
WORK VIII 2025 Eta

WORKSHOP EM MODELAGEM NUMÉRICA DE TEMPO, CLIMA
E MUDANÇAS CLIMÁTICAS UTILIZANDO O MODELO ETA

**Downscaling de Projeções de
Mudanças Climáticas para
América do Sul Utilizando
Cenários do CMIP6**

André Lyra
andre.lyra@inpe.br

Projeções de mudanças da precipitação na América do Sul CMIP6 – Modelos Globais



Almazroui et al., 2021
<https://doi.org/10.1007/s41748-021-00233-6>

Pouco detalhamento espacial para aplicar em estudos de impacto e adaptação

Regionalização (*Downscaling*)

A ideia que os modelos regionais pudessem ser utilizados em estudos climáticos foi originalmente proposta por Dickinson *et al.* (1989) e Giorgi (1990).

O downscaling é o procedimento de usar modelos regionais climáticos para fazer simulações e projeções em escalas espaciais mais finas com o propósito de fornecer subsídios para o planejamento da adaptação às mudanças climáticas e estudos de impactos em nível local e regional.

Dinâmico – onde as saídas dos GCMs são usadas para alimentar modelos climáticos regionais de maior resolução com uma melhor representação do terreno local (topografia, linha da costa, heterogeneidade da vegetação e uso da terra). GCMs fornecem a resposta da circulação global a forçantes de grande escala e aninhados, os modelos regionais climáticos podem representar os efeitos locais.

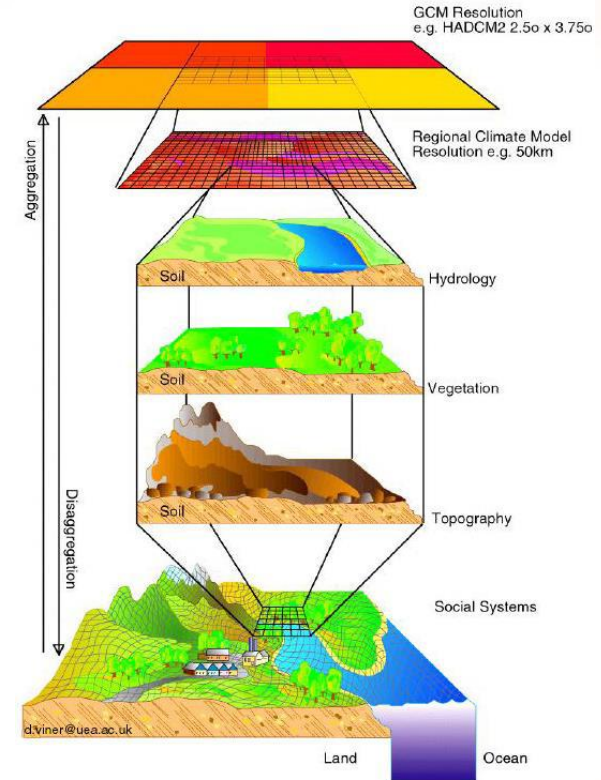
Estatístico – onde relações estatísticas são estabelecidas entre as variáveis climáticas de grande escala e o clima observado em escala local.

Regionalização (*Downscaling*)

É um processo de geração de dados/modelagem com mais detalhes (maior resolução) a partir de dados com resolução relativamente menor.

Topografia, vegetação, solo e linha de costa são melhores representados com a regionalização.

Crucial para os estudos dos impactos porque se adapta melhor a resolução espacial/temporal de setores como: agricultura, segurança alimentar, hidrologia, recursos energéticos, economia, doenças e vulnerabilidade da população.



Experiência do INPE com Downscaling

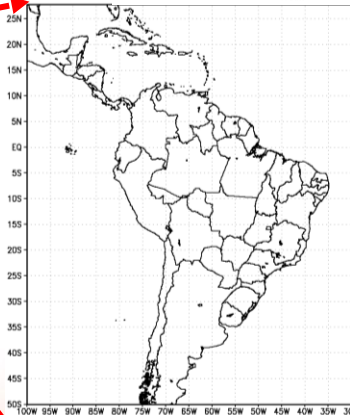
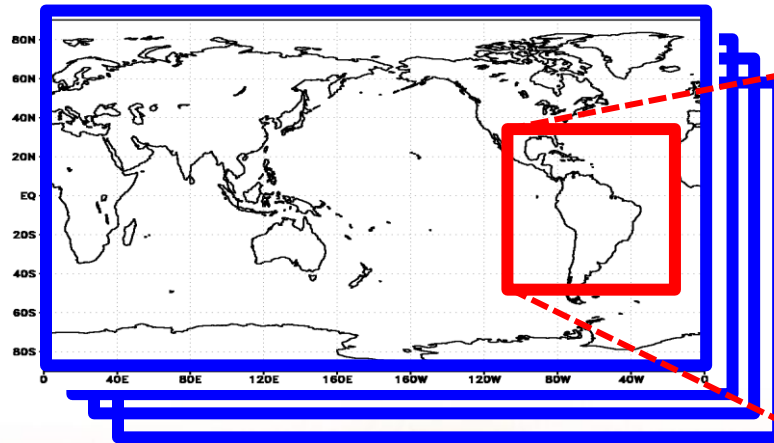
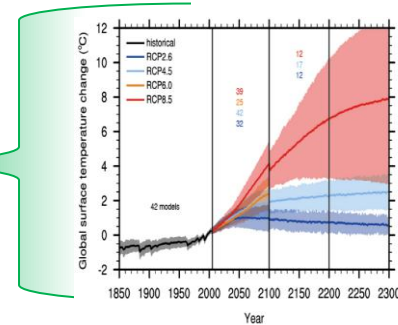
Apoio: SAE, MMA e do MCTI via PNUD

4 modelos globais como CC

1. HadGEM2-ES
2. MIROC5
3. BESM
4. CanESM2

2 cenários de emissão

1. RCP 4.5
2. RCP 8.5



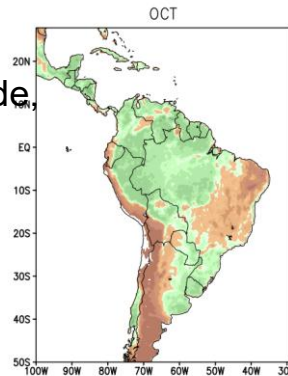
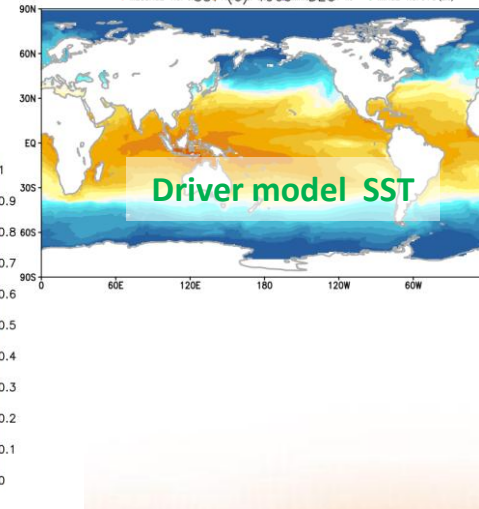
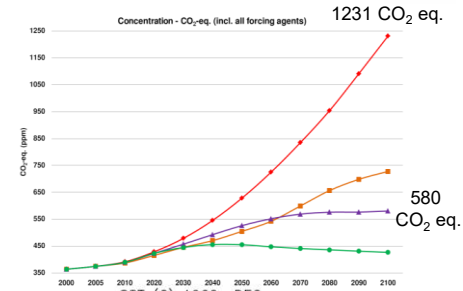
Modelo Eta

Chou et al., 2014 a,b

Modelo Eta: Mudanças Climáticas

Pesquero et al., 2010; Chou et al., 2012; Marengo et al., 2013; Chou et al. 2014; Lyra et al., 2017

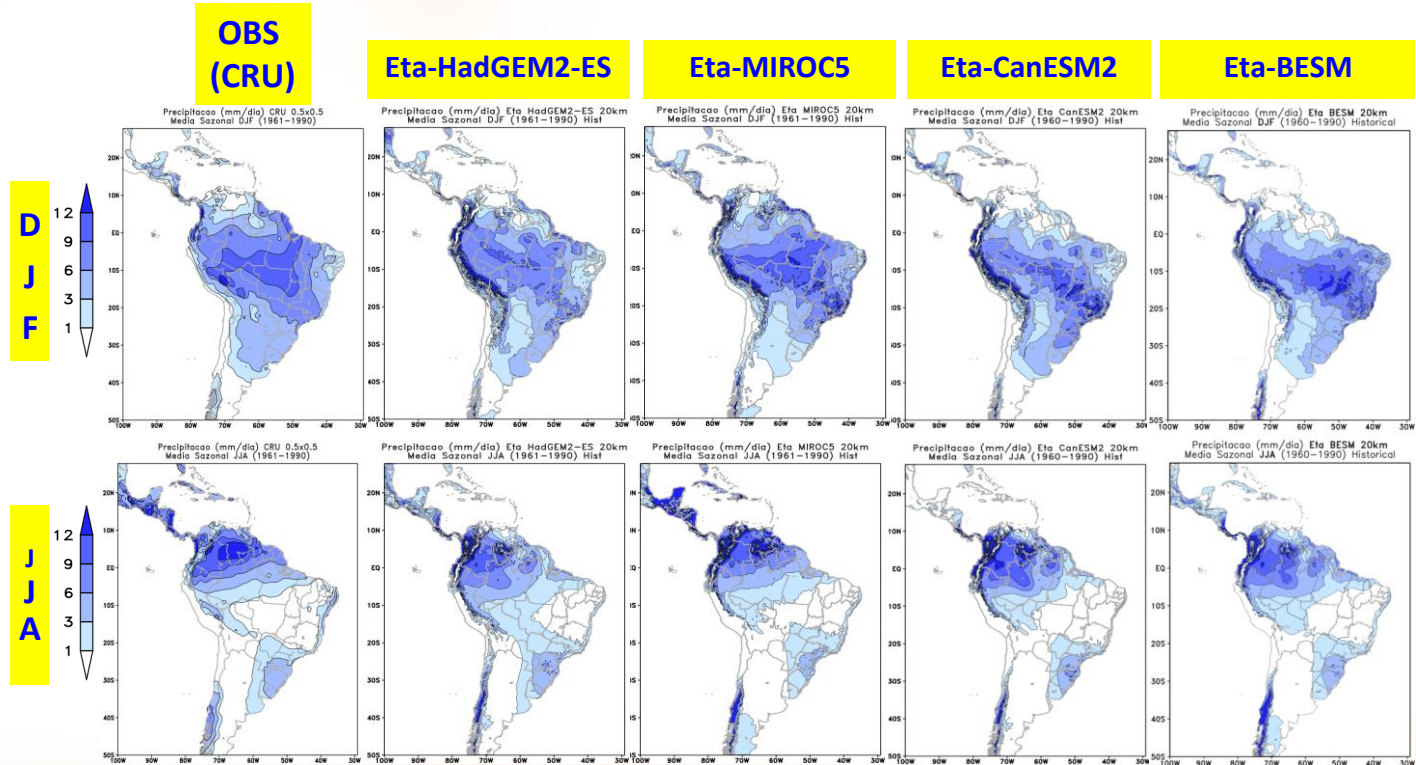
- ❑ Concentração de CO₂ equivalente, atualização anual
- ❑ Coeficientes de transmissividade da atmosfera, atualização 3/3 anos
- ❑ Temperatura da superfície do mar, atualização diária
- ❑ Fração de cobertura verde, atualização diária



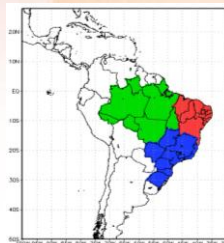
Modelo Eta 20km

Precipitação média 1961-1990 (mm/dia)

CRU x Eta-HadGEM2-ES x Eta-MIROC5 x Eta-CanESM2 x Eta-BESM



Correlação espacial Trimestre - DJF



Precipitação 1961-1990

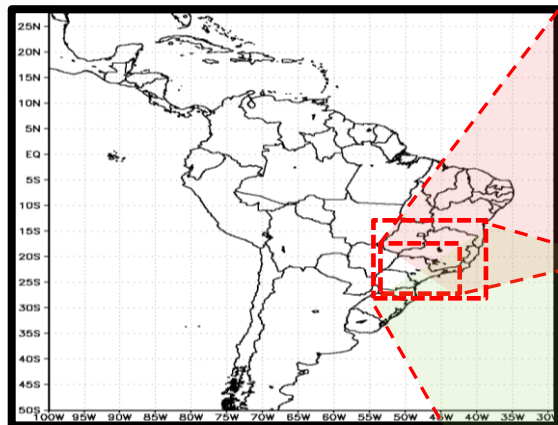
Correlação Espacial de Precipitação para Trimestre: DJF				
	Domínio	AM	NE	CS
Eta-HadGEM2-ES	0,68	0,74	0,82	0,69
Eta-BESM	0,58	0,69	0,73	0,59
Eta-MIROC5	0,76	0,71	0,77	0,67
Eta-CanESM2	0,63	0,74	0,82	0,66
RCMs ensemble	0,71	0,79	0,86	0,71
HadGEM2-ES	0,71	0,79	0,79	0,73
BESM	0,39	0,48	0,28	0,68
MIROC5	0,63	0,65	0,20	0,88
CanESM2	0,32	0,58	0,69	0,75
GCMs ensemble	0,65	0,71	0,50	0,91

Temperatura 1961-1990

Correlação Espacial de Temperatura para Trimestre: DJF				
	Domínio	AM	NE	CS
Eta-HadGEM2-ES	0,92	0,46	0,63	0,88
Eta-BESM	0,90	0,65	0,57	0,82
Eta-MIROC5	0,94	0,74	0,84	0,89
Eta-CanESM2	0,94	0,63	0,62	0,90
RCMs ensemble	0,93	0,67	0,69	0,89
HadGEM2-ES	0,89	0,52	0,72	0,85
BESM	0,89	0,48	0,64	0,73
MIROC5	0,86	0,40	0,53	0,77
CanESM2	0,83	0,20	0,70	0,90
GCMs ensemble	0,91	0,61	0,70	0,83

Downscaling - Modelo Eta 5km N.H. Sudeste

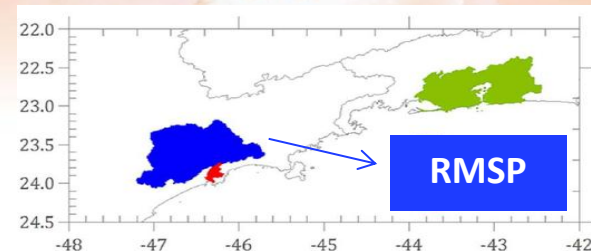
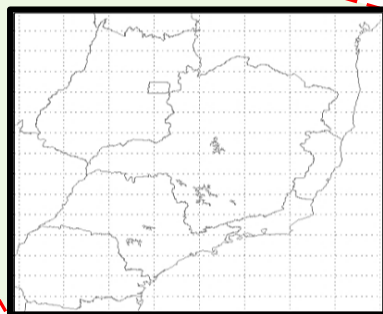
Eta - 20 km
HadGEM2-ES
RCP4.5 e RCP8.5



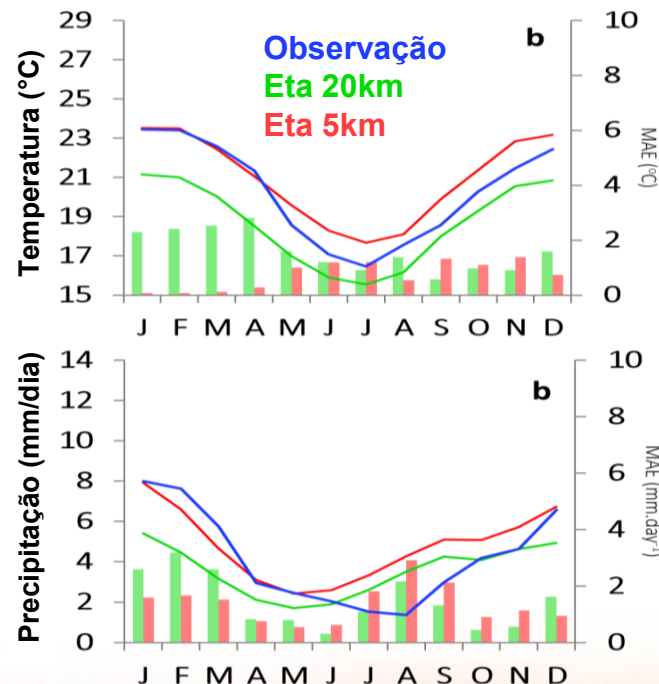
Eta - 5 km
Sudeste



Eta - 5 km
Domínio ampliado



Verificação: Ciclo Anual



Aumentando a Resolução Espacial

Modelos Climáticos Globais

200 km

20 km

Modelo
Climático Regional
Eta-INPE

200km 1x1
20km 10x10
5km 40x40

20 km

5 km

20 km

5 km

Projeto CNPq Edital 59 – Mudanças climáticas

Coordenação: Chou Sin Chan (INPE)

Perguntas de:

- **ATRIBUIÇÃO:** Como se particiona a contribuição das mudanças climáticas devido ao aumento na concentração global dos gases de efeito estufa (GEE) e devido às alterações do uso da terra, em dimensões regionais e locais?
- **PROJEÇÕES:** E o futuro? Próximas décadas? Final do século?
 - Sob os novos cenários de emissão (SSPs) quais são as projeções de mudanças dos extremos climáticos no país?
 - Supondo cenários de mudanças do uso da terra, em escala regional/local, como se modificam as projeções de mudanças climáticas a nível local?

Projeto CNPq Edital 59: “Estudos de atribuição das mudanças climáticas e geração de cenários e indicadores de impacto em suporte a planejamentos de medidas de adaptação regional e local”

Novos cenários SSPs, novos modelos CMIP6, redução de incertezas , novos planos diretores, ODS (3, 6, 7, 9, 11 e 13)

Projeto CNPq Edital 59 – Mudanças climáticas

Meta3: Geração de projeções baseadas nos novos cenários de trajetórias de desenvolvimentos (SSPs) e de alterações do uso da terra

Novos cenários SSPs

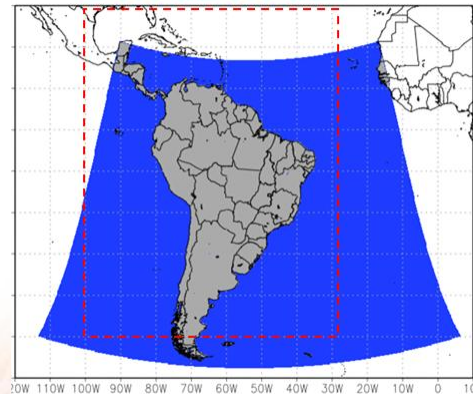
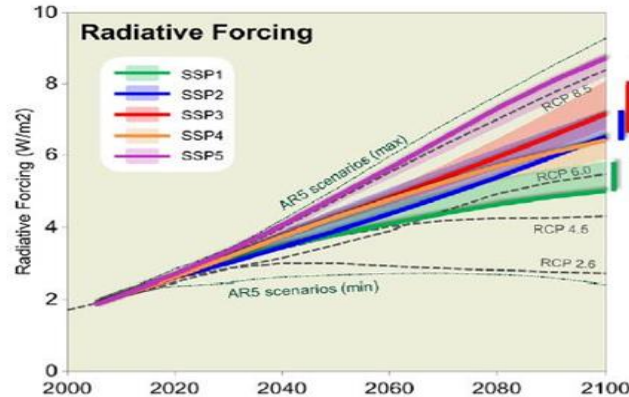
SSP5-RCP8.5
SSP2-RCP4.5

Modelos globais:

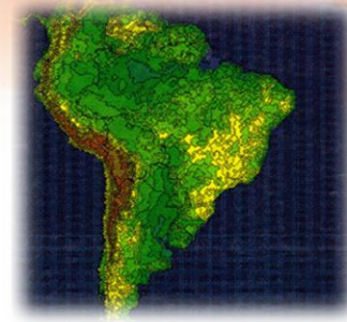
- BESM (INPE)
- EC-EARTH (KNMI)

Resoluções: - 20km continental

Domínio:
América do Sul



Modelo Eta: características



Domain:

- South America

Resolution: 20 km/38 layers;

Grid-point model

- Arakawa E grid and Lorenz grid
- **Refined Eta vertical coordi** (Mesinger, 1984; Mesinger et al 2012)
- **Prognostic variables:** T, q, u, v, p_s , TKE, cloud water/ice, hydrometeors

Time integration:

- 2 level, split-explicit
- **Adjustmet:** forward-backward
- **Horiz. Advection:** first forward and then centered

Vert Advection: Piecewise Linear Scheme
> **finite-volume Model**

Convection:

Betts-Miller-Janjic scheme,

Stratiform rain: Ferrier scheme

Turbulence: Mellor Yamada 2.5, MO surface layer, Paulson functions

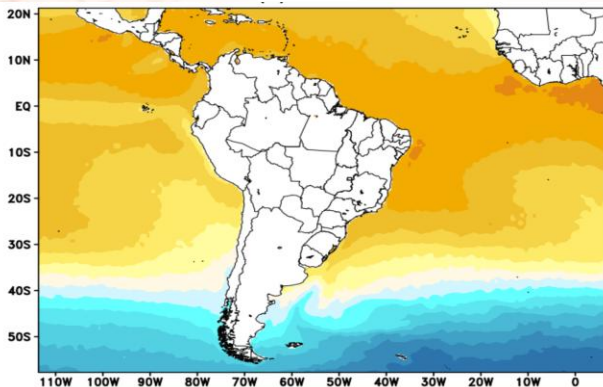
Radiation: GFDL package

Land surface scheme:

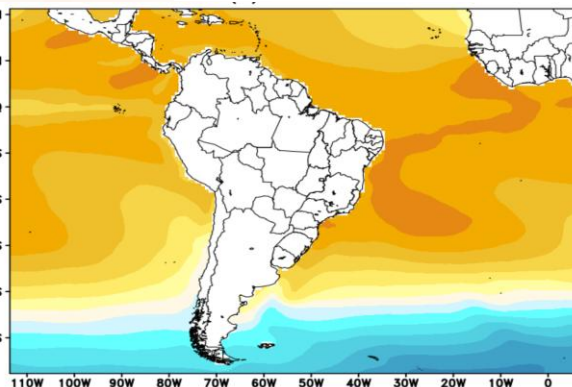
- NOAH scheme, **8 soil layers**,
- 18 Vegetation Types

Avaliação TSM (EC-Earth3 1985-1993)

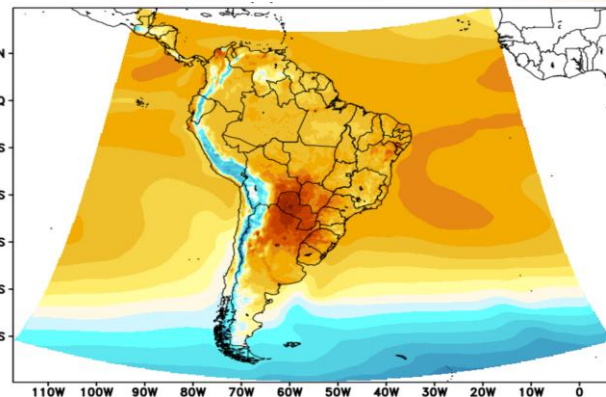
ERA5



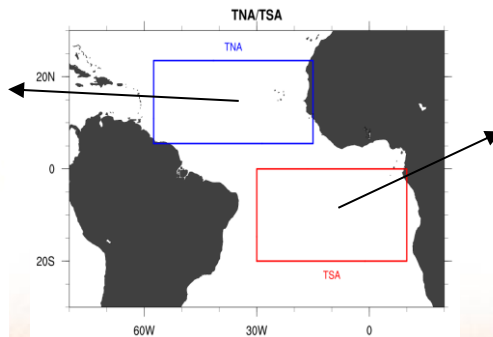
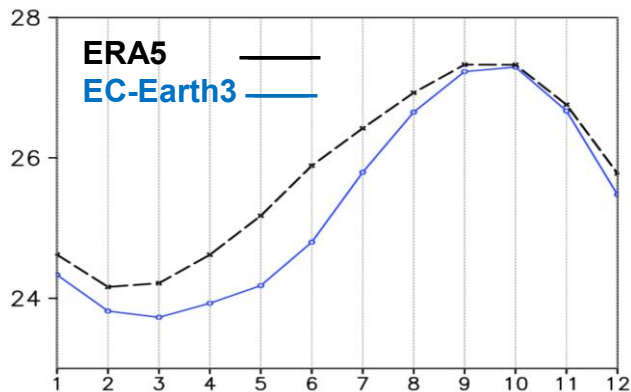
EC-Earth3



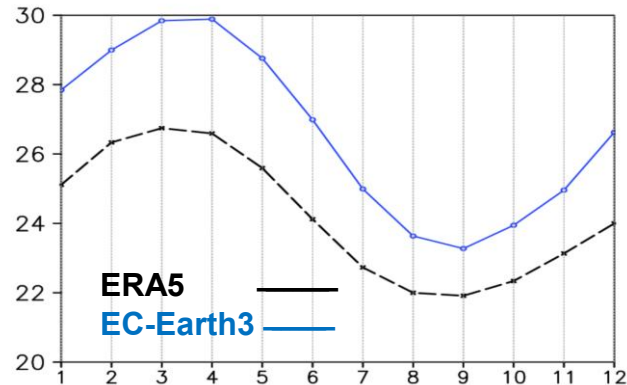
Eta



Tropical North Atlantic Index (TNA)
averaged in 5.5°N-23.5°N and 15°W-57.5°W.



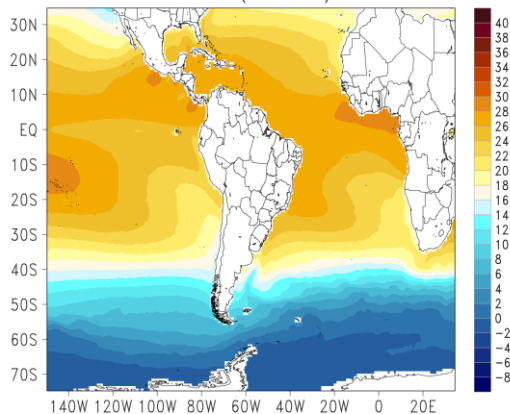
Tropical South Atlantic Index (TSA)
averaged in Eq-20°S and 10°E-30°W.



TSM (EC-Earth3) – Correção de viés

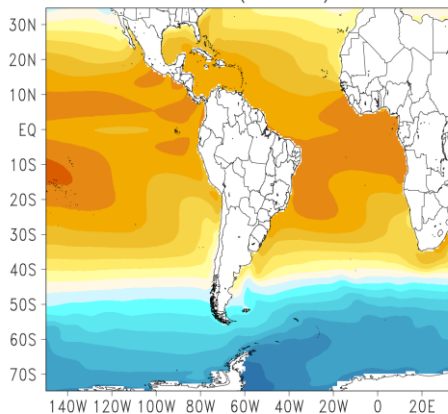
ERA5

Sea Surface Temperature (celsius) ERA5 25km
Media Sazonal DJF (1983–2014) historical



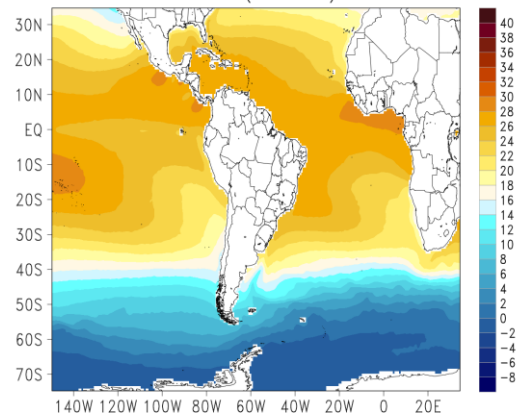
EC-Earth3

Sea Surface Temperature (celsius) EC-Earth3 70km
Media Sazonal DJF (1983–2014) historical



EC-Earth3_cor

Sea Surface Temperature (celsius) EC-Earth3_cor 70km
Media Sazonal DJF (1983–2014) historical



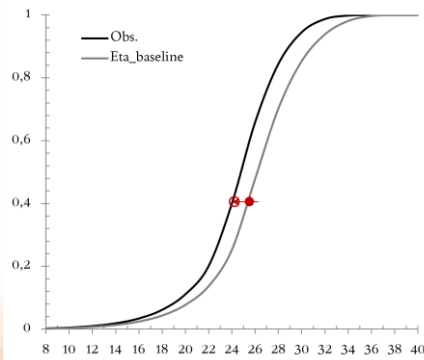
1983-2014

Média
Trimestral
DJF

Método de correção: **Mapeamento quantil empírico**

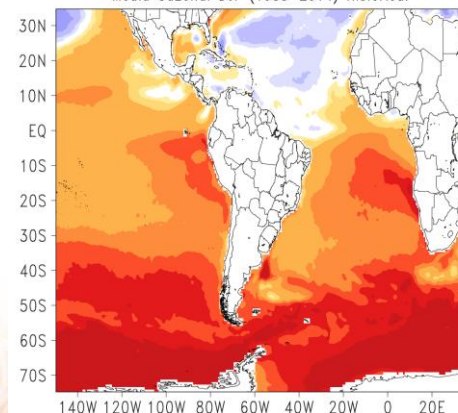
Cumulative Distribution Functions (CDFs)

Bárdossy e Pegram (2011)

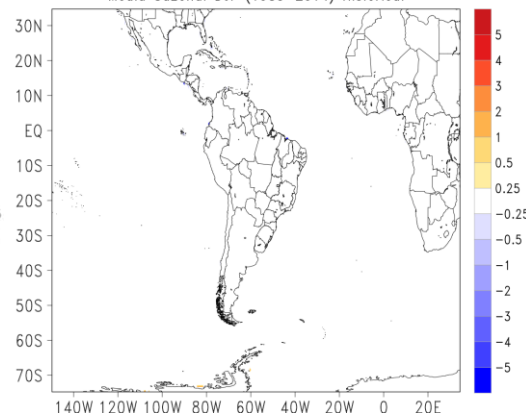


Erro
médio

Sea Surface Temperature (celsius) BIAS EC-Earth3-ERA5 70km
Media Sazonal DJF (1983–2014) Historical



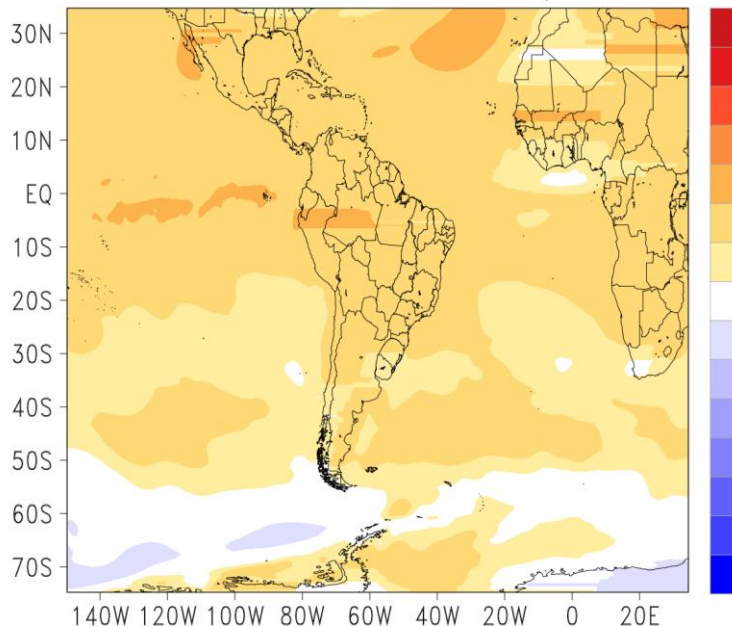
Sea Surface Temperature (celsius) BIAS EC-Earth3_cor-ERA5 70km
Media Sazonal DJF (1983–2014) Historical



TSM (EC-Earth3) – Correção de viés (clima futuro SSP585)

EC-Earth3

Sea Surface Temperature (celsius) 70km
Fut-Pre Sazonal DJF 2015-2044 ssp585

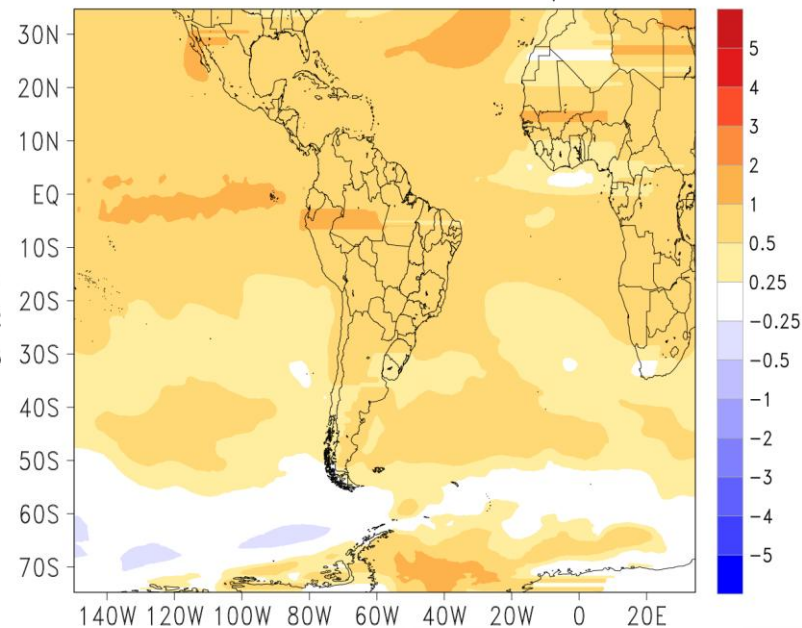


**Diferença
Fut - Pre**

**Média
Trimestral
DJF**

EC-Earth3_cor

Sea Surface Temperature (celsius) 70km
Fut-Pre Sazonal DJF 2015-2044 ssp585



Eta 20km – Validação do clima presente (1985-2014)

Precipitação

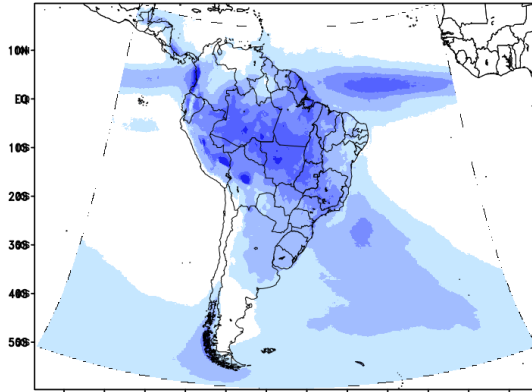
MSWEP

EC-Earth3

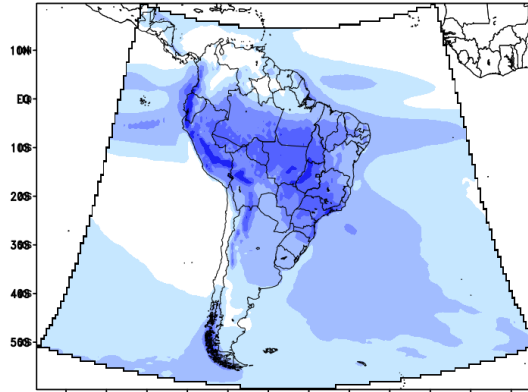
Eta EC-Earth3

DJF

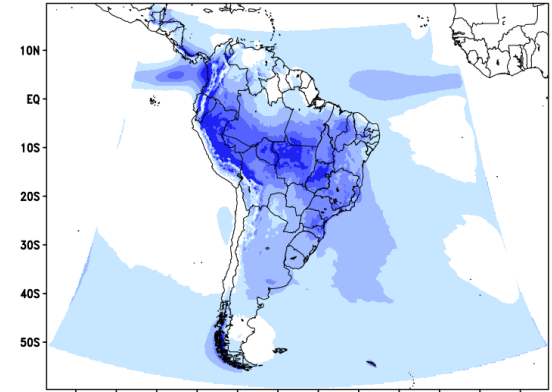
Prec(mm/day) MSWEP DJF clim 1985_2014



Prec(mm/day) EC-Earth3 DJF clim 1985_2014

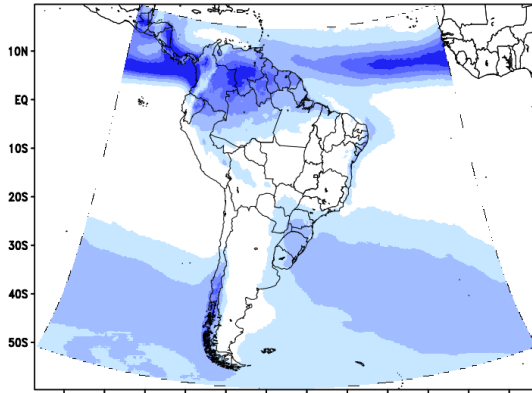


Prec(mm/day) Eta DJF clim 1985_2014

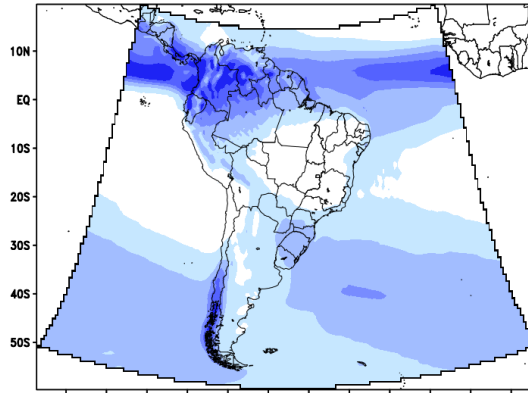


JJA

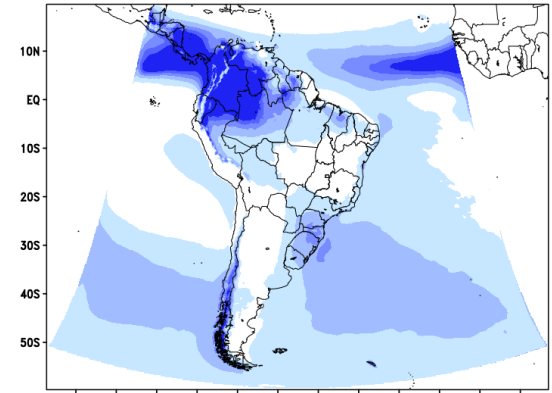
Prec(mm/day) MSWEP JJA clim 1985_2014



Prec(mm/day) EC-Earth3 JJA clim 1985_2014



Prec(mm/day) Eta JJA clim 1985_2014



Eta 20km – Validação do clima presente (1985-2014)

Vento 200 hPa

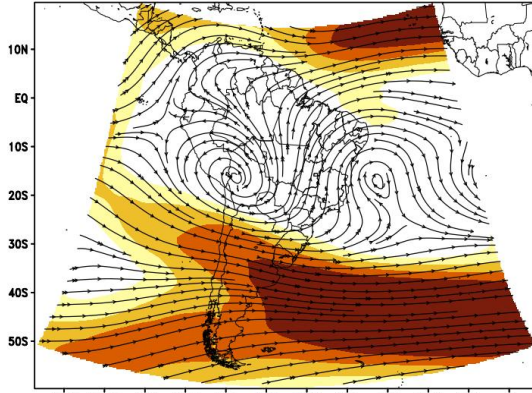
ERA5

EC-Earth3

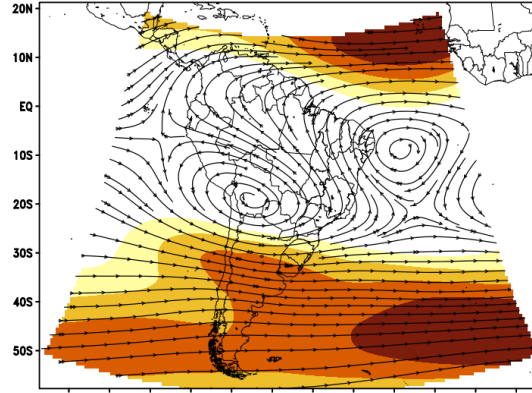
Eta EC-Earth3

DJF

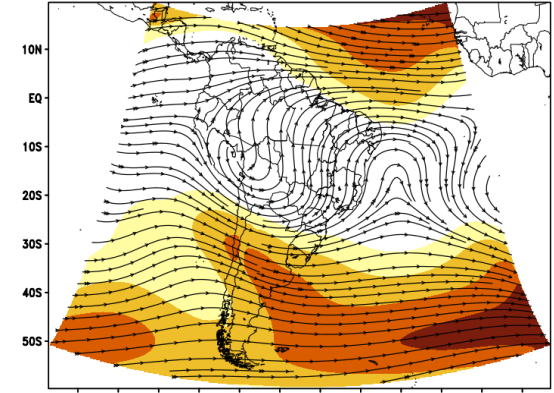
Wind 200hPa ERA5 DJF clim 1985_2014



Wind 200hPa EC-Earth3 DJF clim 1985_2014

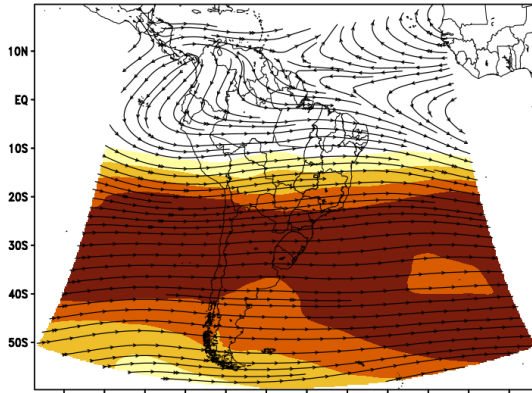


WIND 200hPa Eta DJF clim 1985_2014

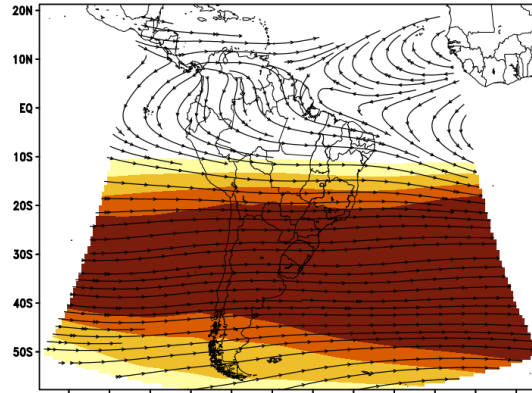


JJA

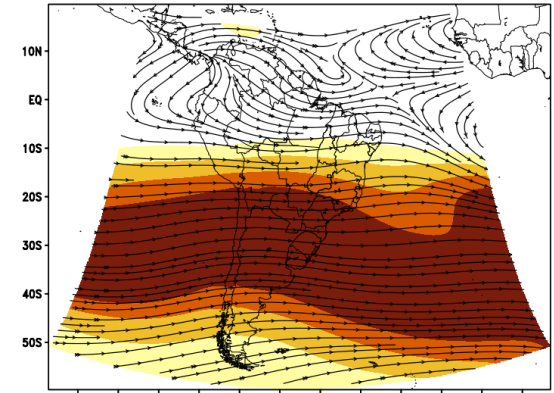
Wind 200hPa ERA5 JJA clim 1985_2014



Wind 200hPa EC-Earth3 JJA clim 1985_2014



WIND 200hPa Eta JJA clim 1985_2014



Eta 20km – Validação do clima presente (1985-2014)

Vento 850 hPa

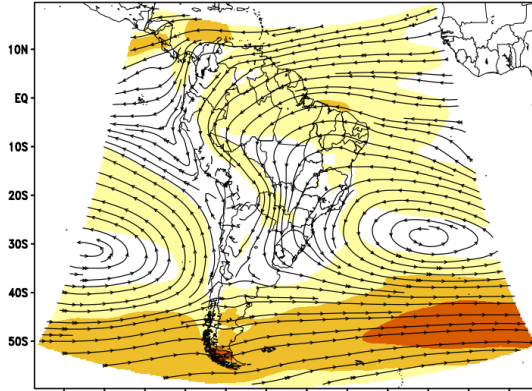
ERA5

EC-Earth3

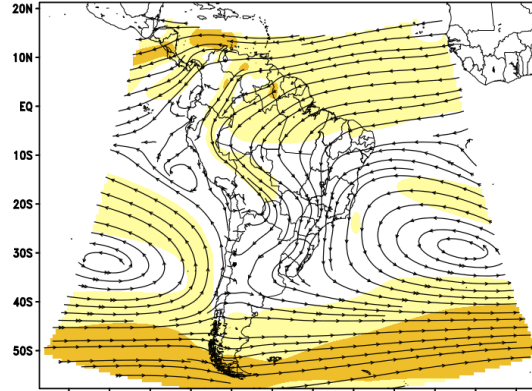
Eta EC-Earth3

DJF

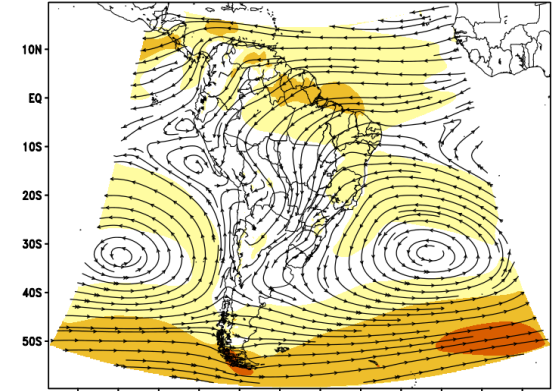
Wind 850hPa ERA5 DJF clim 1985_2014



Wind 850hPa EC-Earth3 DJF clim 1985_2014

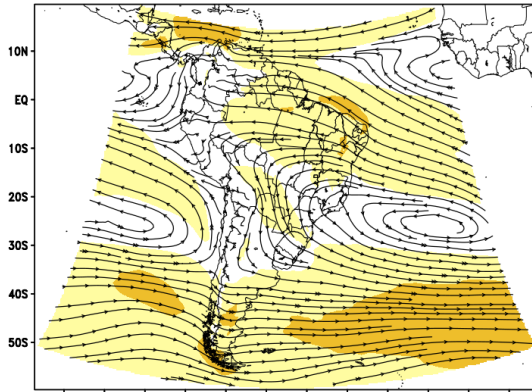


WIND 850hPa Eta DJF clim 1985_2014

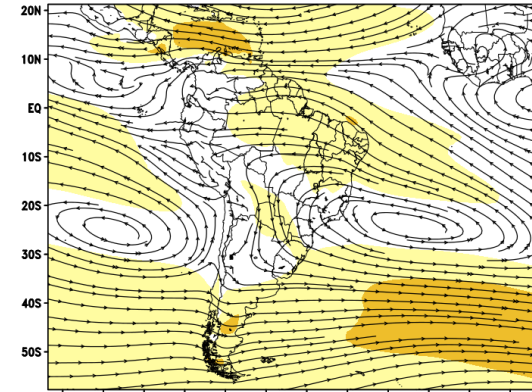


JJA

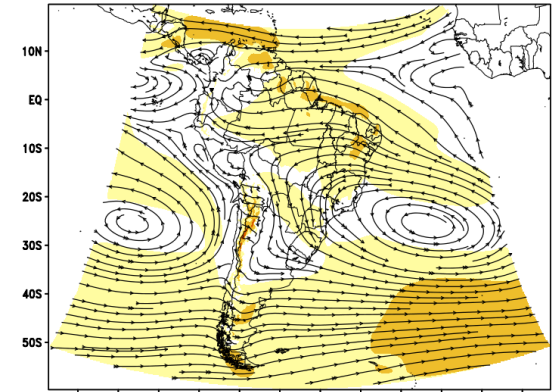
Wind 850hPa ERA5 JJA clim 1985_2014



Wind 850hPa EC-Earth3 JJA clim 1985_2014



WIND 850hPa Eta JJA clim 1985_2014



Eta 20km – Ciclo anual (1985-2014) nas áreas do AR6

MSWEP

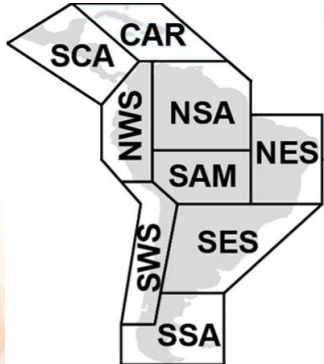
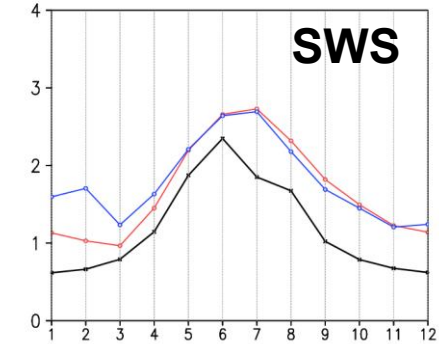
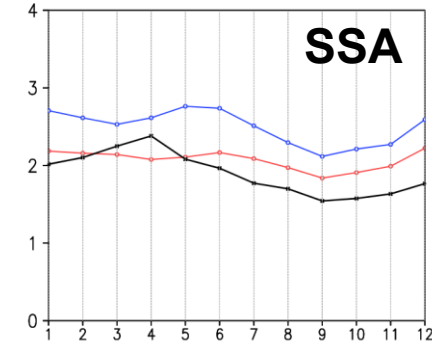
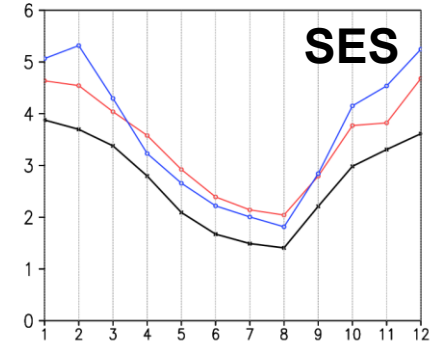
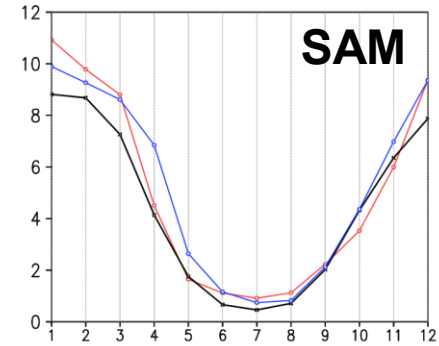
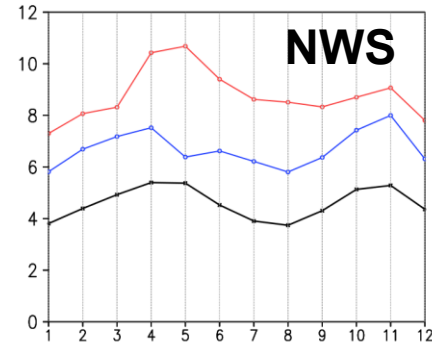
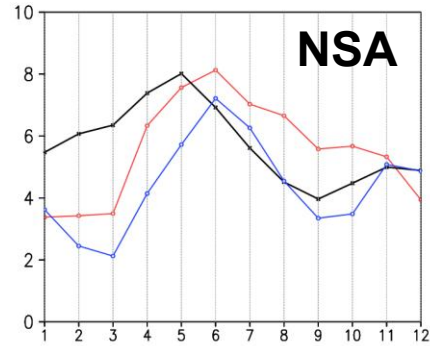
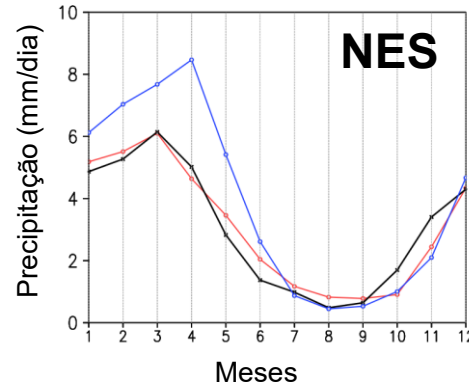
Eta-EC-Earth3

EC-Earth3

—

—

—



Eta20km - Projeções climáticas SSP585 (Precipitação)

EC-Earth3

Eta-EC-Earth3

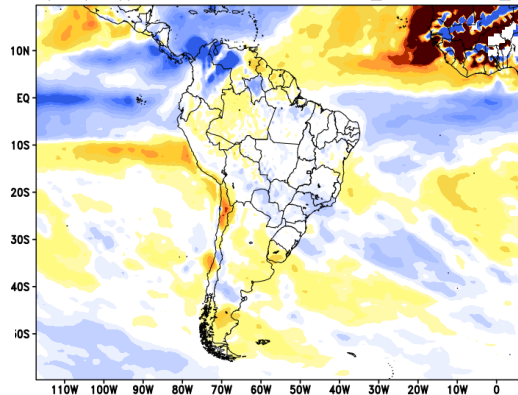
DJF

Diferença:

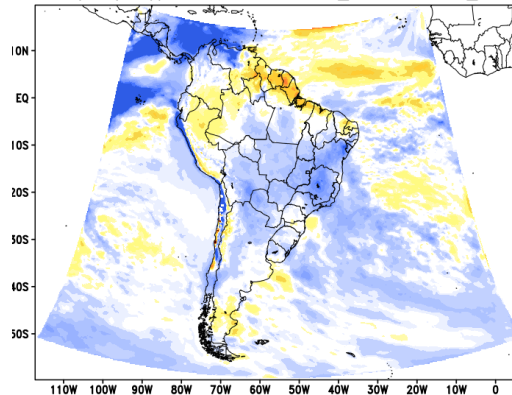
Futuro (2015-2030) -
Presente (1985_2014)

JJA

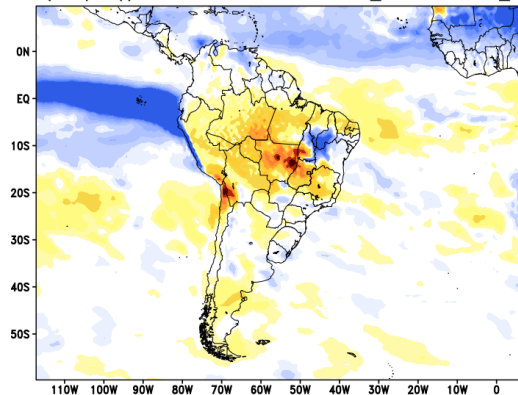
Prec(mm/day) EC-Earth3 DJF clim 2015_2030 - 1985_2014



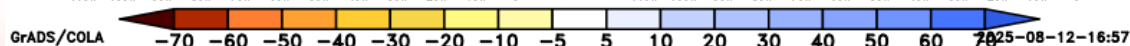
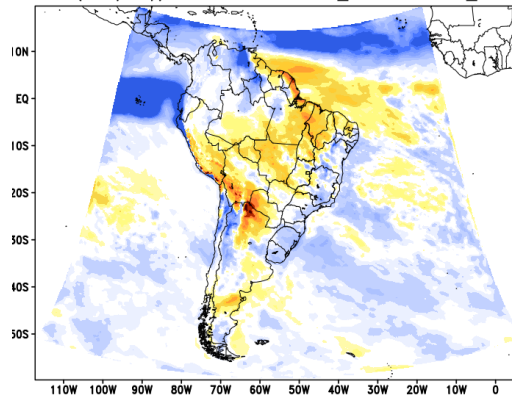
Prec(mm/day) Eta DJF clim 2015_2030 - 1985_2014



Prec(mm/day) EC-Earth3 JJA clim 2015_2030 - 1985_2014



Prec(mm/day) Eta JJA clim 2015_2030 - 1985_2014



Eta20km - Projeções climáticas SSP585 (Temperatura)

EC-Earth3

Eta-EC-Earth3

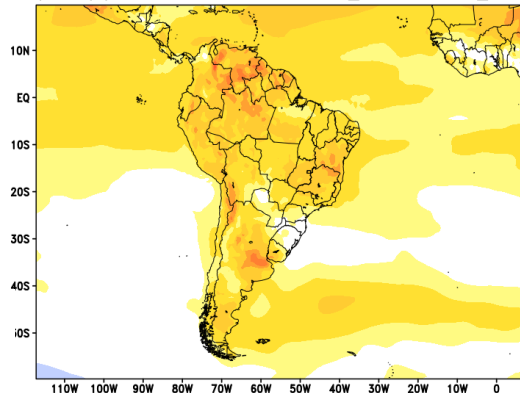
DJF

Diferença:

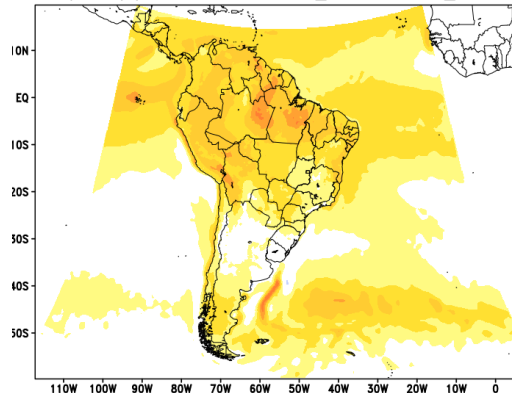
Futuro (2015-2030) -
Presente (1985_2014)

JJA

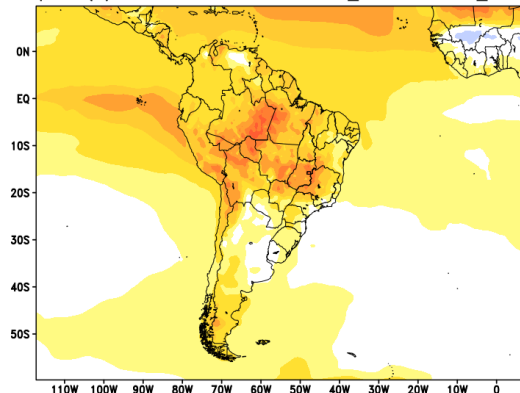
Tp2m (C) EC-Earth3 DJF clim 2015_2030 - 1985_2014



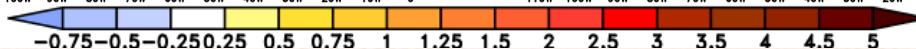
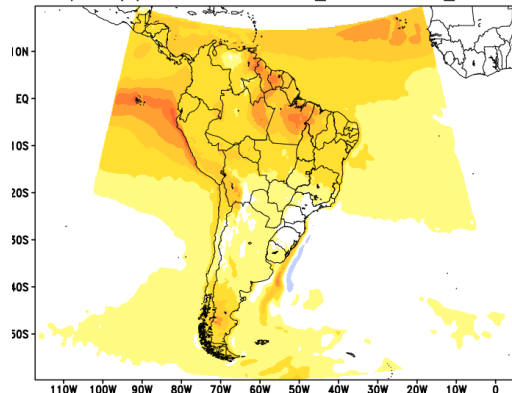
Tp2m (C) Eta DJF clim 2015_2030 - 1985_2014



Tp2m (C) EC-Earth3 JJA clim 2015_2030 - 1985_2014

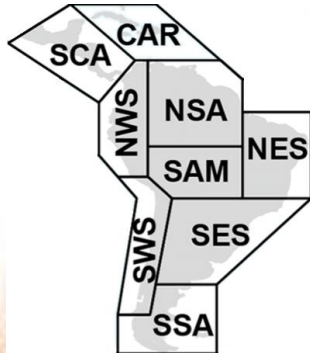
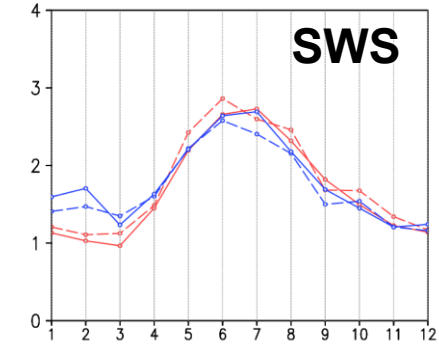
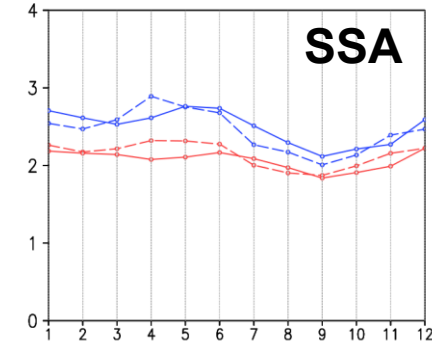
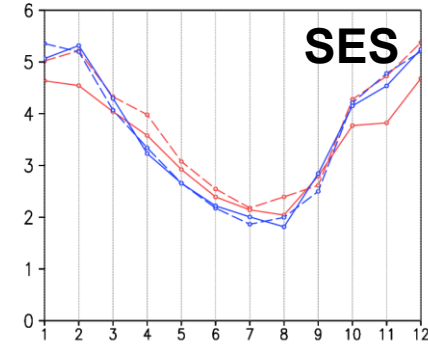
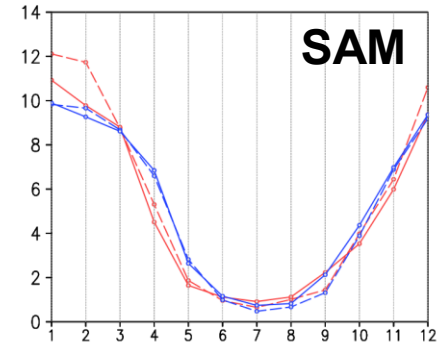
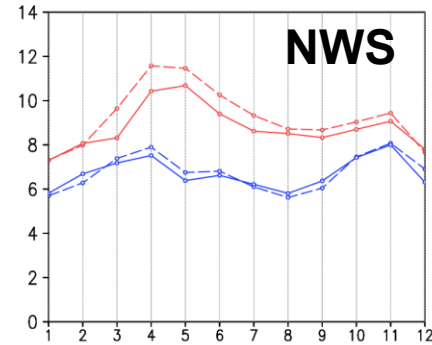
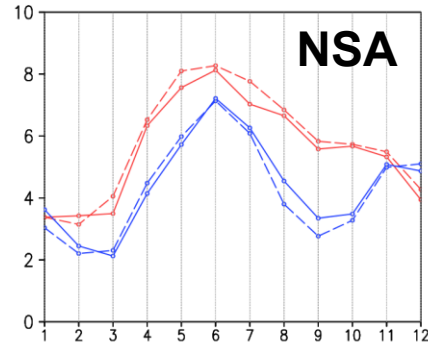
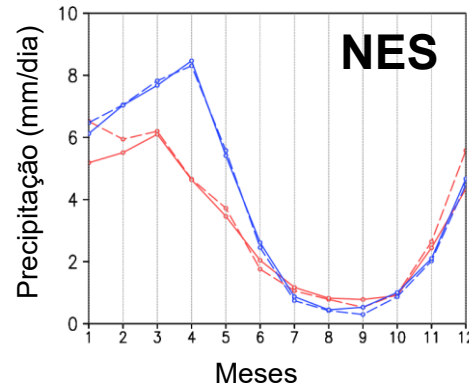


Tp2m (C) Eta JJA clim 2015_2030 - 1985_2014



Eta 20km – Projeções climáticas SSP585: Ciclo anual

Hist Eta-EC-Earth3 — (Red solid line)
Hist EC-Earth3 — (Blue solid line)
SSP585 Eta-EC-Earth3 - - - (Red dashed line)
SSP585 EC-Earth3 - - - (Blue dashed line)



Dados de projeções disponíveis

https://data.inpe.br/stac/browser/collections/EtaCCDay_CMIP5-1

Eta Model - Climate Change - CMIP5 - Day

[Browse](#)

INPE STAC Server [Up](#) [Search](#)

Description
High-Resolution Projections of Climate Change over South America.

[Climate change](#) [Climate index](#) [Daily](#) [Eta model](#) [South America](#) [Projections](#)

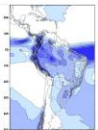
License
Creative Commons Attribution 4.0 International

Temporal Extent
1/1/1961, 12:00:00 AM UTC - 12/31/2099, 12:00:00 AM UTC



Items

[First](#) [Previous](#) [Next](#) [Show Filters](#)



SAM_20_CCCma_CanESM2_rcp45_r1i1p1_INPE_Eta_v1_day_2071-2099

[View Item](#)

1/1/2071, 12:00:00 AM UTC - 12/31/2099, 12:00:00 AM UTC

Projeções climáticas para América do Sul regionalizadas pelo modelo Eta com correção de viés

Versão 2.1



Tavares, Priscila da Silva; Pilotto, Isabel Lopes; Chou, Sin Chan; Souza, Saulo Aires; Fonseca, Leila Maria Garcia, 2023. "Projeções climáticas para América do Sul regionalizadas pelo modelo Eta com correção de viés", <https://doi.org/10.57810/lattesdata/WAVGSL>, LattesData, V2

[Citar o cj. de dados](#)

[Aprenda sobre Padrões de citações de dados.](#)

[Acessar conjunto de dados](#)

[Contato com o proprietário](#)

[Compartilhar](#)

Métricas do conjunto de dados

1,240 Downloads

<https://doi.org/10.57810/lattesdata/WAVGSL>

WORK VIII 2025 Eta



WORKSHOP EM MODELAGEM NUMÉRICA DE TEMPO, CLIMA
E MUDANÇAS CLIMÁTICAS UTILIZANDO O MODELO ETA

25 a 29 de agosto

ONLINE

Obrigado !

andre.lyra@inpe.br