



# WORK VIII 2025 Eta

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

**Avaliação dos  
modelos do CMIP6 e  
projeções de  
mudanças climáticas  
na América do Sul**

**Claudine Dereczynski  
Anna Bazzanela**

# Avaliação dos modelos do CMIP6 e projeções de mudanças climáticas na América do Sul

- **Avaliação** dos Modelos CMIP6 sobre a América do Sul
  - Temperatura do Ar
  - Precipitação
  - Outras Variáveis
  - Síntese da Avaliação
- **Projeções** de Mudanças climáticas na América do Sul
  - Síntese das Projeções de Temperatura do Ar
  - Projeções da Precipitação e seus Extremos
  - Síntese das Projeções da Precipitação e seus Extremos
- **Conclusões e Desafios**

# Avaliação dos Modelos CMIP6 sobre a América do Sul

Earth Systems and Environment (2021) 5:155–183  
<https://doi.org/10.1007/s41748-021-00233-6>



## ORIGINAL ARTICLE



### Assessment of CMIP6 Performance and Projected Temperature and Precipitation Changes Over South America

Mansour Almazroui<sup>1,2</sup> · Moetasim Ashfaq<sup>3</sup> · M. Nazrul Islam<sup>1</sup> · Irfan Ur Rashid<sup>4</sup> · Shahzad Kamil<sup>4</sup> · Muhammad Adnan Abid<sup>5</sup> · Enda O'Brien<sup>6</sup> · Muhammad Ismail<sup>1</sup> · Michelle Simões Reboita<sup>7</sup> · Anna A. Sörensson<sup>8,9,10</sup> · Paola A. Arias<sup>11</sup> · Lincoln Muniz Alves<sup>12</sup> · Michael K. Tippett<sup>13</sup> · Sajjad Saeed<sup>5,14</sup> · Rein Haarsma<sup>15</sup> · Francisco J. Doblas-Reyes<sup>16,17</sup> · Fahad Saeed<sup>18</sup> · Fred Kucharski<sup>5</sup> · Imran Nadeem<sup>19</sup> · Yamina Silva-Vidal<sup>20</sup> · Juan A. Rivera<sup>21,22</sup> · Muhammad Azhar Ehsan<sup>23</sup> · Daniel Martínez-Castro<sup>24</sup> · Ángel G. Muñoz<sup>23</sup> · Md. Arfan Ali<sup>25</sup> · Erika Coppola<sup>5</sup> · Mouhamadou Bamba Sylla<sup>26</sup>

Climatic Change (2022) 172: 21  
<https://doi.org/10.1007/s10584-022-03376-1>



### Evaluation of CMIP6 models in the representation of observed extreme temperature indices trends in South America

Soledad Collazo<sup>1</sup> · Mariana Barrucand<sup>1,2</sup> · Matilde Rusticucci<sup>1,2</sup>

Received: 26 September 2020 | Revised: 20 May 2021 | Accepted: 21 May 2021 | Published on: 17 June 2021  
DOI: 10.1002/joc.7221

## RESEARCH ARTICLE

International Journal  
of Climatology

### Present-day and future climate over central and South America according to CMIP5/CMIP6 models

Geusep Ortega<sup>1</sup> | Paola A. Arias<sup>1</sup> | Juan Camilo Villegas<sup>2</sup> |  
Pablo A. Marquet<sup>3</sup> | Paulo Nobre<sup>4</sup>

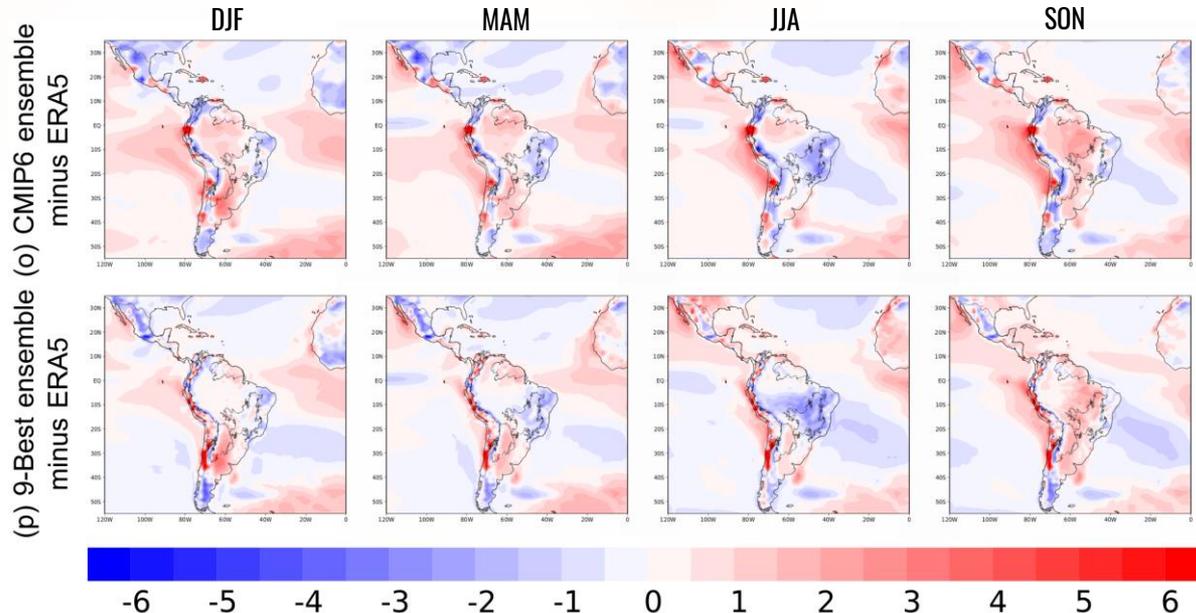
Climate Dynamics  
<https://doi.org/10.1007/s00382-023-06979-1>

## ORIGINAL ARTICLE

### Performance of CMIP6 models over South America

Anna Carolina Bazzanella<sup>1</sup> · Claudine Dereczynski<sup>1</sup> · Wanderson Luiz-Silva<sup>1</sup> · Pedro Regoto<sup>2</sup>

# Avaliação dos Modelos CMIP6 – Temperatura do ar



Os modelos CMIP6 tendem a superestimar as temperaturas ao redor dos Andes (Chile Central e Andes do Norte) e na faixa tropical dos oceanos Atlântico e Pacífico, sugerindo um padrão de distorção de temperatura relacionado a uma localização errônea da ZCIT.

Figura 1. Viés do conjunto CMIP6 (o) e do conjunto CMIP6 7-Best (p) em relação aos dados de referência. Os vieses de temperatura estão em °C. Ortega et al., 2021



# Avaliação dos Modelos CMIP6 – Temperatura do ar (Extremos)

- Exceto para o TX90p, os coeficientes de correlação espacial são semelhantes em relação ao dado de referência para todos os modelos
- O desempenho dos modelos diminuiu para o indicador TX10p.
- As correlações mais altas são observadas no indicador TN90p (~0.6)

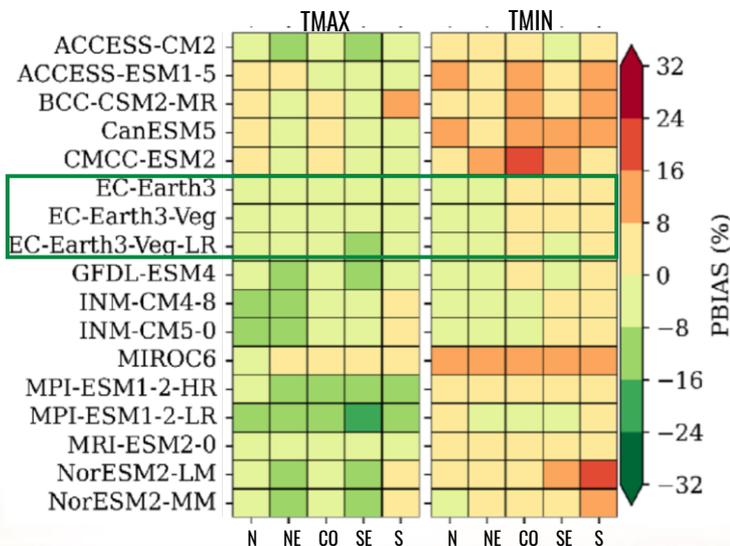


Figura 2. Resultados do PBIAS para cada variável (TMAX e TMIN), modelos e região brasileira. Adaptado de Brumatti et al., 2024.

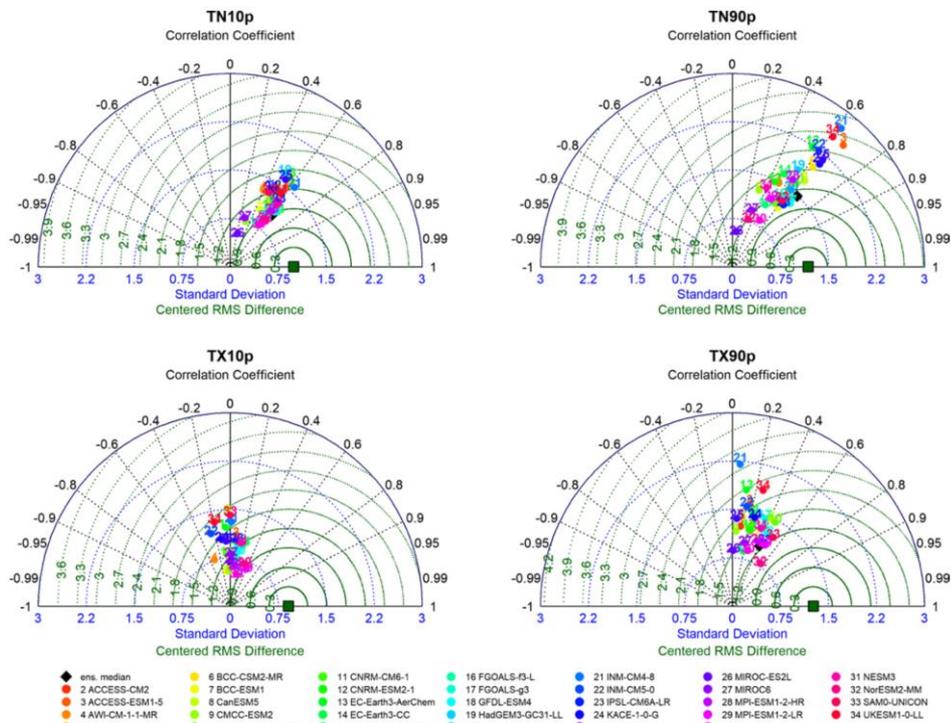
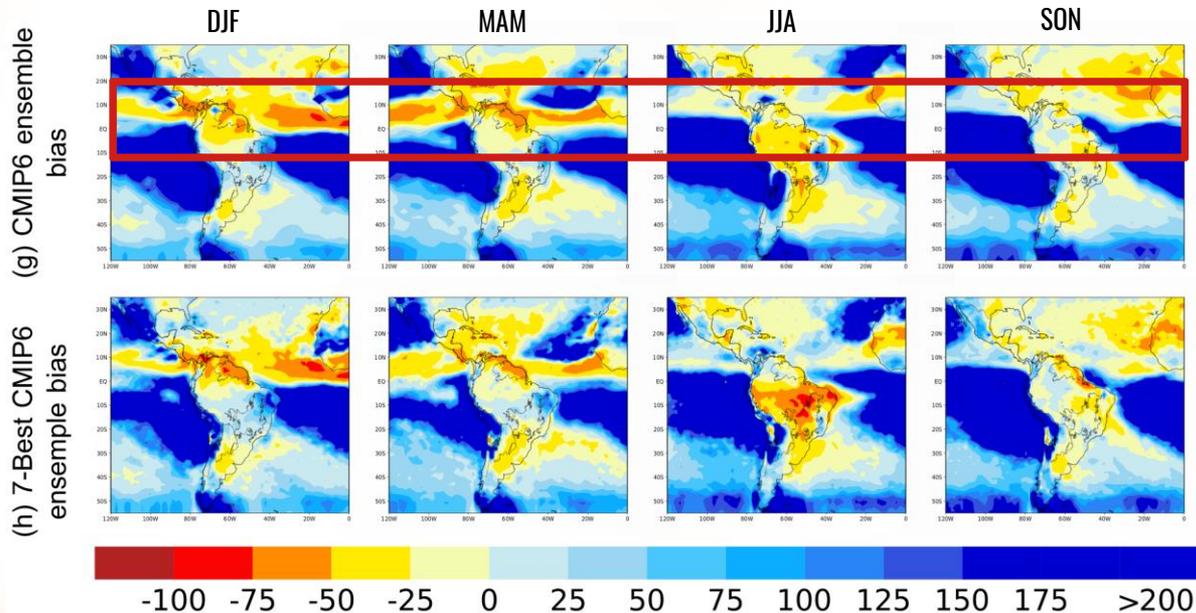


Figura 3. Diagramas de Taylor comparando os padrões espaciais das tendências anuais dos índices de temperaturas extremas na América do Sul com o ERA5. Adaptado de Collazo et al., 2022.

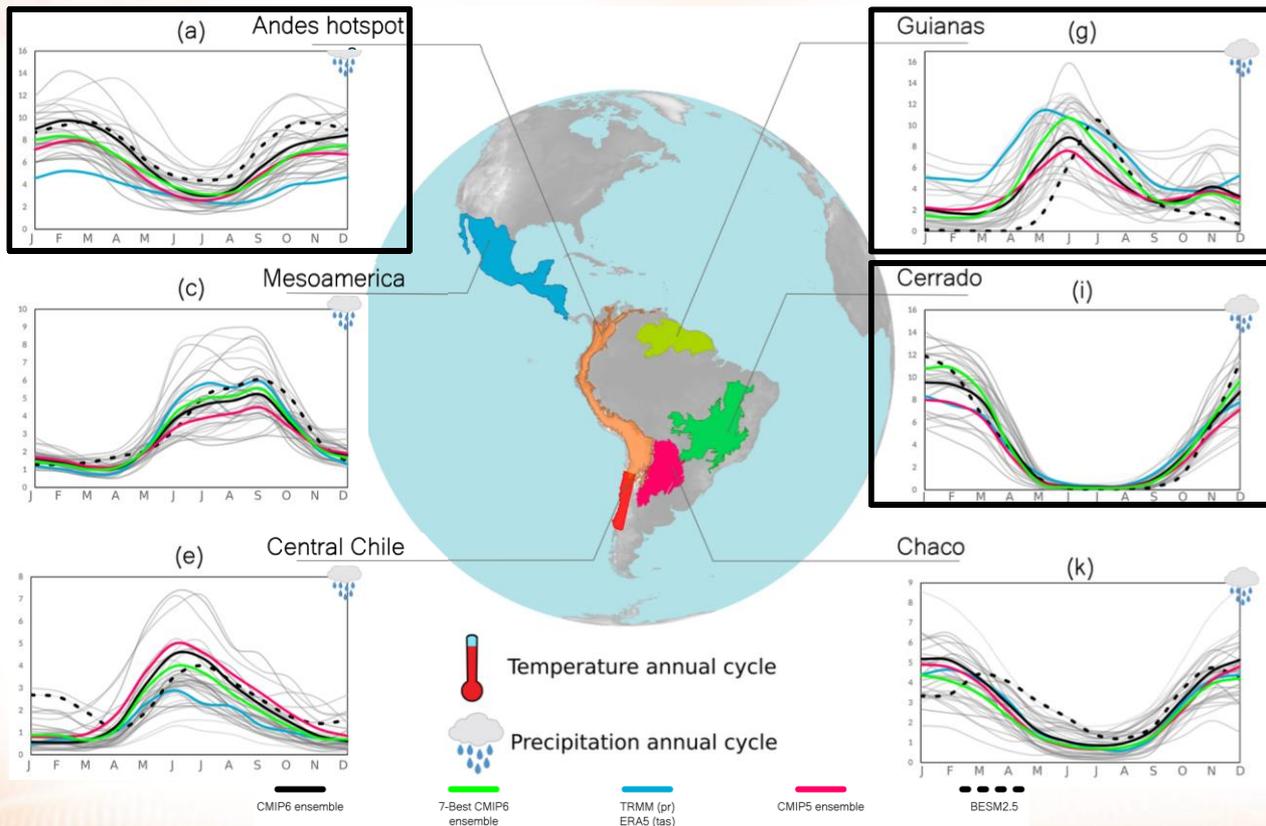
# Avaliação dos Modelos CMIP6 – Precipitação



Os modelos tendem a **superestimar** a precipitação sobre os **Andes centrais na Bolívia, Peru, Equador e sudoeste da Colômbia** (Almazroui et al., 2021). Possivelmente pela ausência de heterogeneidade topográfica nos modelos (Chou et al., 2014).

Figura 5. Viés do conjunto CMIP6 (g) e do conjunto CMIP6 7-Best (h) em relação aos dados de referência. Os desvios de precipitação são expressos em porcentagem. Ortega et al., 2021.

# Avaliação dos Modelos CMIP6 – Precipitação



- Nos Andes, os modelos superestimam a chuva nos meses chuvosos.
- Metade dos modelos superestima a precipitação do verão no Cerrado, no entanto, é a região no qual os modelos apresentam melhor performance.
- O ciclo anual da precipitação das Guianas é subestimada pela maior parte dos modelos CMIP6, principalmente durante o período seco.

Figura 6. Ciclo anual de precipitação (símbolo de nuvem) as seis sub-regiões, estimado a partir de 33 modelos CMIP6 (cinza), ensemble CMIP6 (preto), ensemble de sete modelos CMIP6 (verde), ensemble CMIP5 (rosa) e o modelo BESM2.5 (tracejado). Os dados de referência de precipitação são TRMM (azul). Os valores estão em mm dia<sup>-1</sup> para precipitação. Adaptada de Ortega et al., 2021.

# Avaliação dos Modelos CMIP6 – Precipitação

## DJF

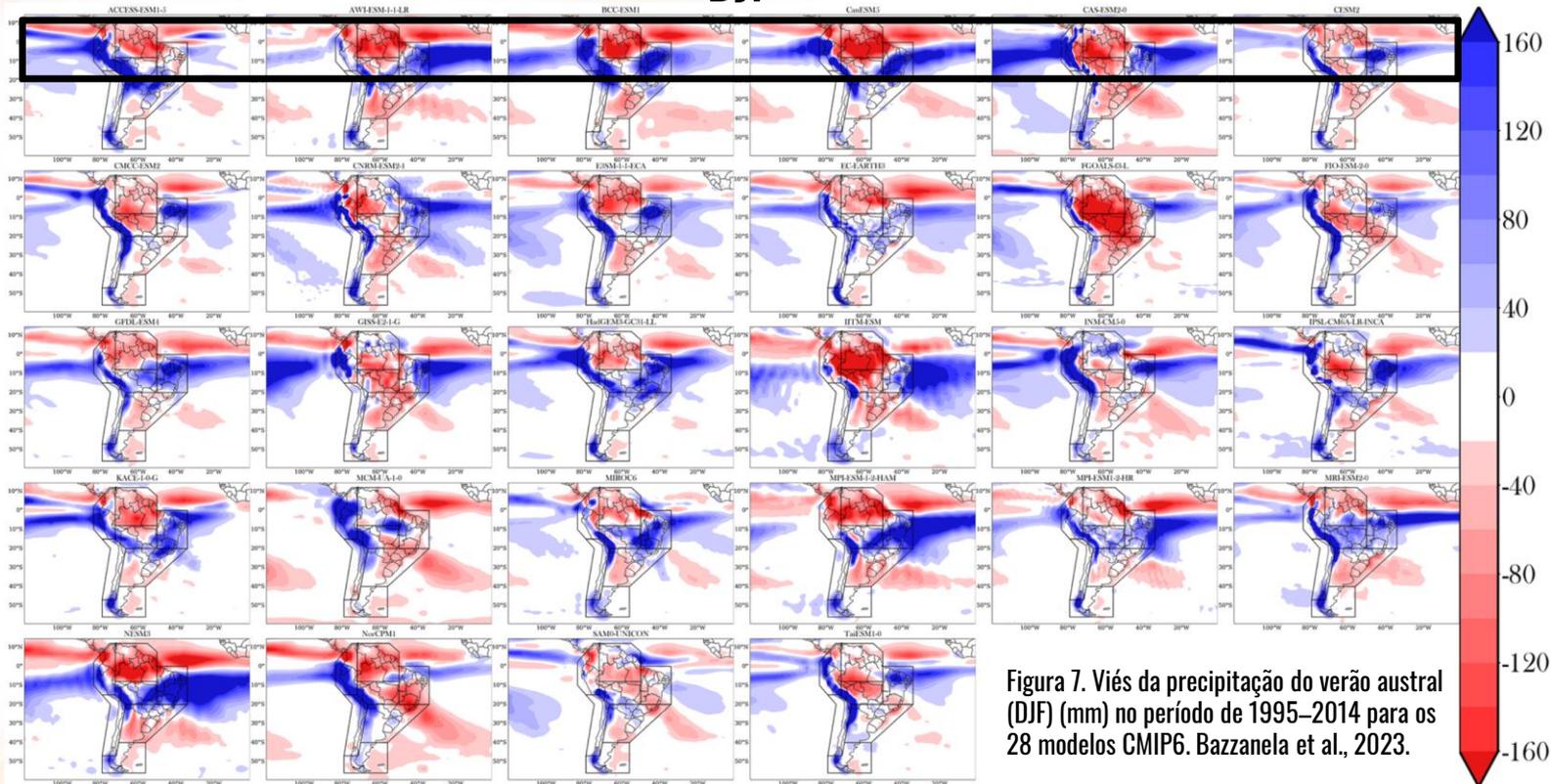


Figura 7. Viés da precipitação do verão austral (DJF) (mm) no período de 1995–2014 para os 28 modelos CMIP6. Bazzanella et al., 2023.

# Avaliação dos Modelos CMIP6 – Precipitação

DJF

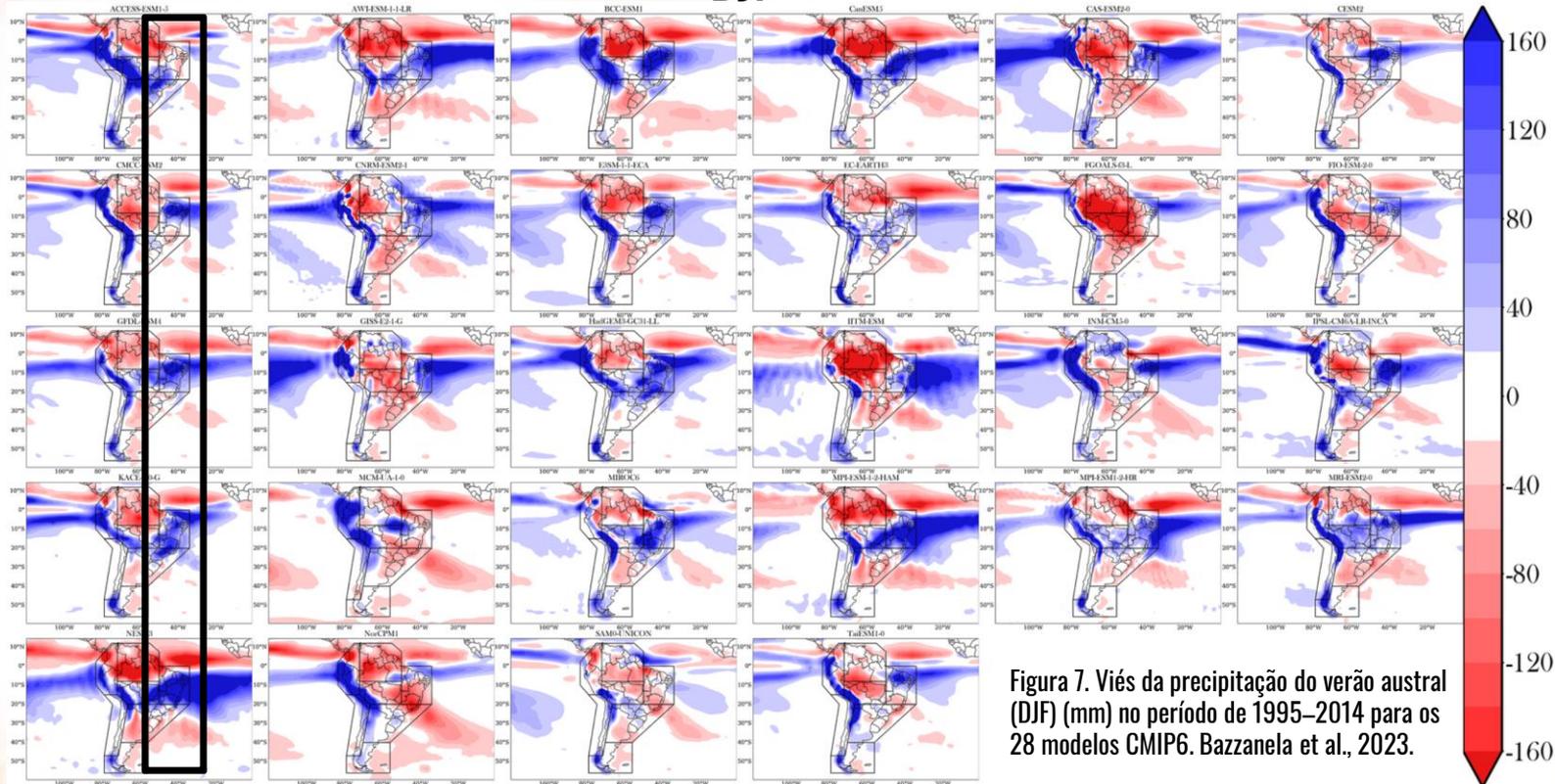


Figura 7. Viés da precipitação do verão austral (DJF) (mm) no período de 1995–2014 para os 28 modelos CMIP6. Bazzanella et al., 2023.

# Avaliação dos Modelos CMIP6 – Precipitação

DJF

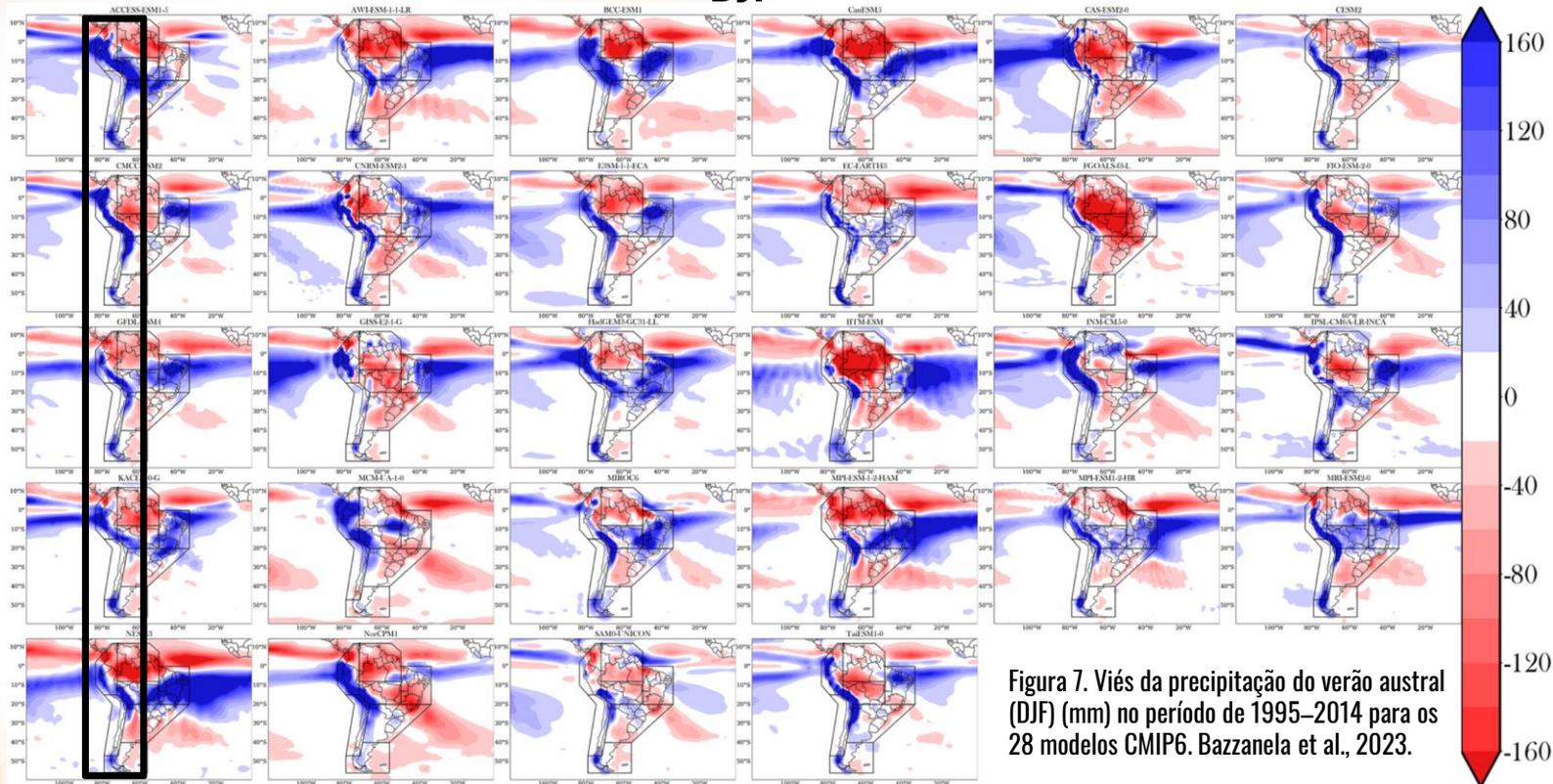


Figura 7. Viés da precipitação do verão austral (DJF) (mm) no período de 1995–2014 para os 28 modelos CMIP6. Bazzanella et al., 2023.

# Avaliação dos Modelos CMIP6 – Outras variáveis

Tabela 1. Resumo do desempenho dos modelos considerando as principais características climáticas da AS simuladas pelos modelos. Bazzanella et al., 2023

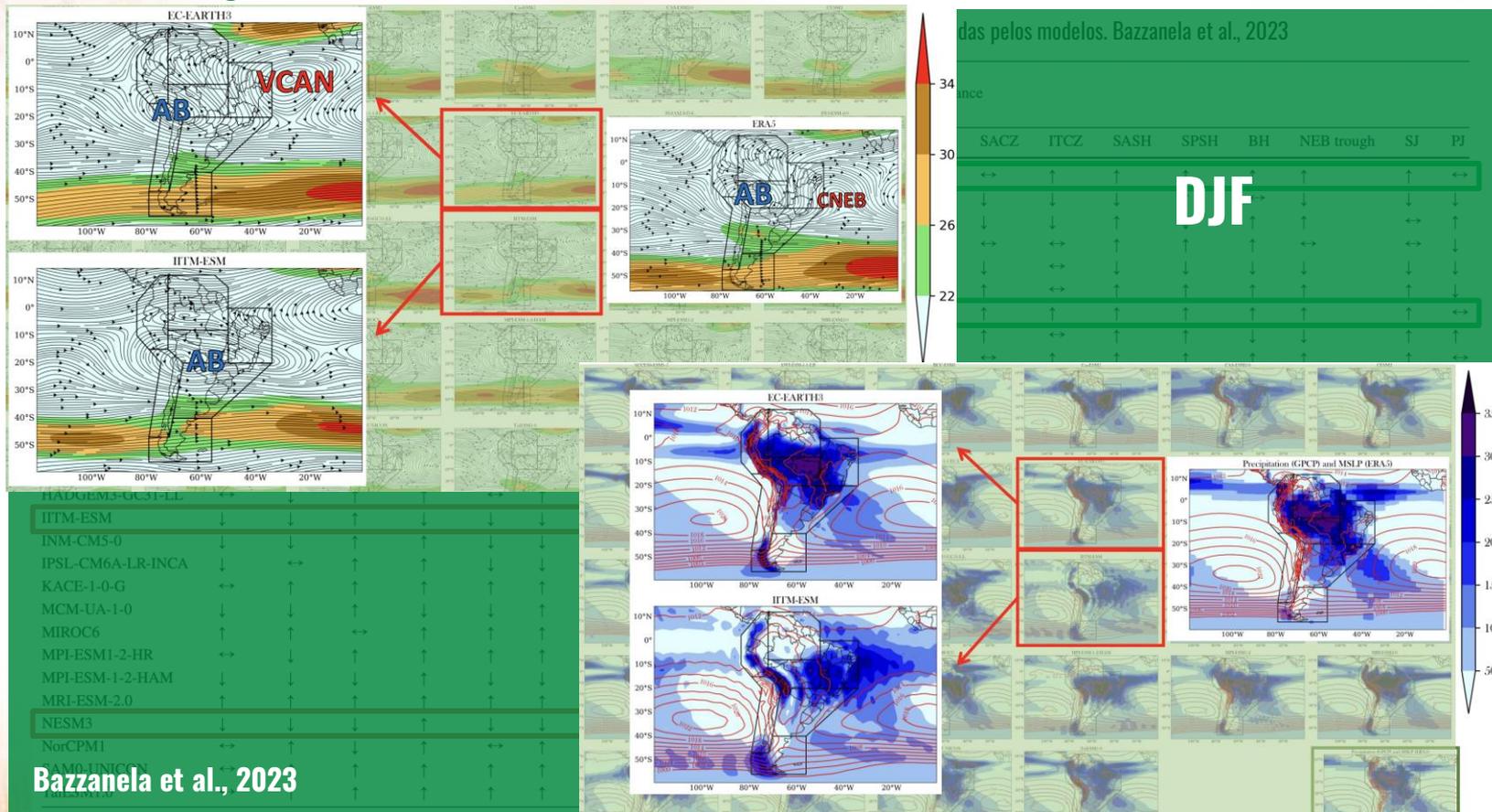
↑ = good performance  
↔ = reasonable performance  
↓ = low performance

CMIP6 models	SACZ	ITCZ	SASH	SPSH	BH	NEB trough	SJ	PJ
ACCESS-ESM1-5	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔
AWI-ESM-1-1-LR	↓	↓	↓	↑	↔	↓	↓	↓
BCC-ESM1	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↔	↑
CanESM5	↔	↔	↑	↑	↑	↔	↔	↑
CAS-ESM2-0	↓	↔	↓	↓	↓	↓	↓	↓
CESM2	↑	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↓
CMCC-ESM2	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔
CNRM-ESM2-1	↑	↔	↑	↑	↑	↓	↑	↑
E3SM-1-1-ECA	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔
EC-EARTH3	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
FGOALS-f3-L	↓	↑	↔	↑	↓	↓	↓	↑
FIO-ESM-2-0	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔
GFDL-ESM4	↔	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↔
GISS-E2-1-G	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↔
HADGEM3-GC31-LL	↔	↓	↑	↑	↔	↑	↔	↓
IITM-ESM	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓
INM-CM5-0	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓
IPSL-CM6A-LR-INCA	↓	↔	↑	↑	↓	↓	↔	↓
KACE-1-0-G	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
MCM-UA-1-0	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↔	↔
MIROC6	↑	↑	↔	↑	↑	↑	↑	↔
MPI-ESM1-2-HR	↔	↓	↑	↑	↑	↑	↔	↑
MPI-ESM1-2-HAM	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓
MRI-ESM-2.0	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔	↔
NESM3	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓
NorCPM1	↔	↑	↓	↑	↔	↑	↑	↑
SAM0-UNICON	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
TaiESM1.0	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

↑ = good performance  
↔ = reasonable performance  
↓ = low performance

CMIP6 models	SACZ	ITCZ	SASH	SPSH	BH	NEB trough	SJ	PJ
ACCESS-ESM1-5	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔
AWI-ESM-1-1-LR	↓	↓	↓	↑	↔	↓	↓	↓
BCC-ESM1	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↔	↑
CanESM5	↔	↔	↑	↑	↑	↔	↔	↑
CAS-ESM2-0	↓	↔	↓	↓	↓	↓	↓	↓
CESM2	↑	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↓
CMCC-ESM2	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔
CNRM-ESM2-1	↑	↔	↑	↑	↓	↓	↑	↑
E3SM-1-1-ECA	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔
EC-EARTH3	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
FGOALS-f3-L	↓	↑	↔	↑	↓	↓	↓	↑
FIO-ESM-2-0	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔
GFDL-ESM4	↔	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↔
GISS-E2-1-G	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↔
HADGEM3-GC31-LL	↔	↓	↑	↑	↔	↑	↔	↓
IITM-ESM	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓
INM-CM5-0	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓
IPSL-CM6A-LR-INCA	↓	↔	↑	↑	↓	↓	↔	↓
KACE-1-0-G	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
MCM-UA-1-0	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↔	↔
MIROC6	↑	↑	↔	↑	↑	↑	↑	↔
MPI-ESM1-2-HR	↔	↓	↑	↑	↑	↑	↔	↑
MPI-ESM1-2-HAM	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓
MRI-ESM-2.0	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↔	↔
NESM3	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓
NorCPM1	↔	↑	↓	↑	↔	↑	↑	↑
SAM0-UNICON	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
TaiESM1.0	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

# Avaliação dos Modelos CMIP6 – Outras variáveis



# Síntese da Avaliação dos Modelos CMIP6

- Temperatura:
  - Há uma melhora nas simulações da temperatura do ar pelo conjunto CMIP6 em relação ao CMIP5, principalmente sobre os **oceanos, região dos Andes e costa oeste da AS**;
  - No entanto, os modelos **superestimam (subestimam)** as temperaturas na região dos Andes (sul da AS) em todas as estações;
  - Há uma diferença sazonal no viés dos modelos CMIP6 para as regiões do NSA e SES: viés mais **quente** no verão e mais **frio** no inverno austral.
- Precipitação:
  - Em geral, os modelos CMIP6 mostram uma melhoria significativa ao simular a magnitude da precipitação na América do Sul em relação ao CMIP5;
  - No entanto, o posicionamento incorreto da ZCIT e a simulação de uma banda dupla no Pacífico ainda ocorre na geração atual dos modelos;
  - Os modelos tendem a **subestimar** a magnitude da chuva no NSA e **superestimar** no NES, NWS e SWS;
  - Dificuldade de representar o ciclo anual da precipitação, principalmente nas porções norte e sul da AS.

# Projeções de Mudanças Climáticas na América do Sul

Received: 8 December 2019 | Revised: 23 September 2020 | Accepted: 6 October 2020 | Published on: 23 October 2020  
DOI: 10.1002/joc.5177

RESEARCH ARTICLE

International Journal of Climatology

## Climate change impacts on heat stress in Brazil—Past, present, and future implications for occupational heat exposure

Daniel Pires Bitencourt<sup>1</sup> | Lincoln Muniz Alves<sup>2</sup> | Elisa Kayo Shibuya<sup>3</sup> | Irton de Ângelo da Cunha<sup>3</sup> | João Paulo Estevam de Souza<sup>2,4</sup>

Natural Hazards (2023) 116:1463–1483  
<https://doi.org/10.1007/s11069-022-05724-x>

ORIGINAL PAPER



## Areas susceptible to desertification in Brazil and projected climate change scenarios

Jessica B. de Moraes<sup>1</sup> | Henderson S. Wanderlev<sup>2</sup> | Rafael C. Delgado<sup>2</sup>

Received: 26 September 2020 | Revised: 20 May 2021 | Accepted: 21 May 2021 | Published on: 17 June 2021  
DOI: 10.1002/joc.7221

RESEARCH ARTICLE

International Journal of Climatology

## Present-day and future climate over central and South America according to CMIP5/CMIP6 models

Geusep Ortega<sup>1</sup> | Paola A. Arias<sup>2</sup> | Juan Camilo Villegas<sup>2</sup> | Pablo A. Marquet<sup>3</sup> | Paulo Nobre<sup>4</sup>

Earth Systems and Environment (2021) 5:155–183  
<https://doi.org/10.1007/s41748-021-00233-6>

ORIGINAL ARTICLE



## Assessment of CMIP6 Performance and Projected Temperature and Precipitation Changes Over South America

Mansour Almazroui<sup>1,2</sup> | Moetasm Ashfaq<sup>3</sup> | M. Nazrul Islam<sup>1</sup> | Irfan Ur Rashid<sup>4</sup> | Shahzad Kamil<sup>4</sup> | Muhammad Adnan Abid<sup>5</sup> | Enda O'Brien<sup>6</sup> | Muhammad Ismail<sup>1</sup> | Michelle Simões Reboita<sup>7</sup> | Anna A. Sörensson<sup>8,9,10</sup> | Paola A. Arias<sup>11</sup> | Lincoln Muniz Alves<sup>12</sup> | Michael K. Tippett<sup>13</sup> | Sajjad Saeed<sup>5,14</sup> | Rein Haarsma<sup>15</sup> | Francisco J. Doblas-Reyes<sup>16,17</sup> | Fahad Saeed<sup>18</sup> | Fred Kucharski<sup>5</sup> | Imran Nadeem<sup>19</sup> | Yamina Silva-Vidal<sup>20</sup> | Juan A. Rivera<sup>21,22</sup> | Muhammad Azhar Ehsan<sup>23</sup> | Daniel Martínez-Castro<sup>24</sup> | Ángel G. Muñoz<sup>25</sup> | Md. Arfan Ali<sup>25</sup> | Erika Copoola<sup>5</sup> | Mouhamadou Bamba Svlla<sup>26</sup>

EXTREMOS CLIMÁTICOS NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA: CLIMA PRESENTE E PROJEÇÕES

[959099.pdf](#)

Received: 27 December 2021 | Revised: 5 April 2022 | Accepted: 7 April 2022 | Published on: 3 May 2022  
DOI: 10.1002/joc.7650

RESEARCH ARTICLE

International Journal of Climatology

## Uncertainties in projections of climate extremes indices in South America via Bayesian inference

Carolina Daniel Gouveia<sup>1,2</sup> | Roger Rodrigues Torres<sup>1</sup> | José Antônio Marengo<sup>3</sup> | Alvaro Avila-Díaz<sup>1,4</sup>

## Chapter 2 Climate Variability and Change in Tropical South America



Jose Antônio Marengo, Tercio Ambrizzi, Michelle Simões Reboita, Marcos Heil Costa, Claudine Dereczynski, Lincoln Muniz Alves, and Ana Paula Cunha



Contents lists available at ScienceDirect

Weather and Climate Extremes

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/wace](http://www.elsevier.com/locate/wace)



Evaluation of extreme precipitation climate indices and their projected changes for Brazil: From CMIP3 to CMIP6

Felipe Jeferson de Medeiros<sup>1,2</sup>, Cristiano Prestrelo de Oliveira<sup>3,4</sup>, Alvaro Avila-Díaz<sup>5</sup>

Climate Dynamics (2022) 58:459–485  
<https://doi.org/10.1007/s00382-021-05918-2>



## South America climate change revealed through climate indices projected by GCMs and Eta-RCM ensembles

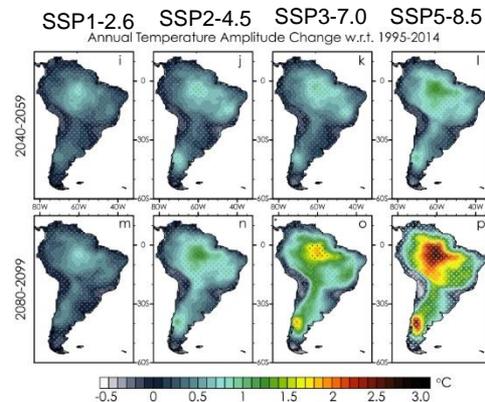
Michelle Simões Reboita<sup>1</sup> | Cassia Akemi Castro Kuki<sup>1</sup> | Vitor Hugo Marrafon<sup>1</sup> | Christie Andre de Souza<sup>1</sup> | Glauber Willian S. Ferreira<sup>1</sup> | Thales Teodoro<sup>1</sup> | José Wanderley Marangon Lima<sup>2</sup>

# Projeção de Mudanças na Temperatura do Ar e seus Extremos – Síntese

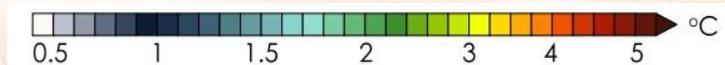
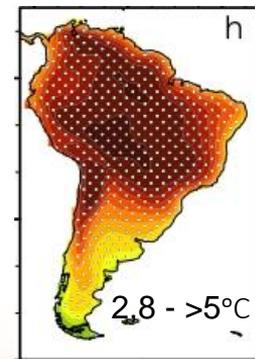
- **Aquecimento generalizado em toda a América do Sul**
- **Aumento da temp. segue gradiente norte/sul, com maiores aquecimentos na região equatorial.**
- **Maior aquecimento no NSA e SAM.**
- **Menor aquecimento no SSA.**
- **Aumento na temp. mais pronunciado nos meses mais quentes do ano (Dif. chega a 3°C) e conjugado com a redução da precipitação.**
- **Aumento na frequência de ocorrência dos extremos quentes (TN90p e TX90p) muito maior do que a redução na frequência de ocorrência dos extremos frios (TN10p e TX10p).**
- **Aumento noites quentes (88%) e dias quentes (80%) e redução de noites frias e dias frios (11%).**

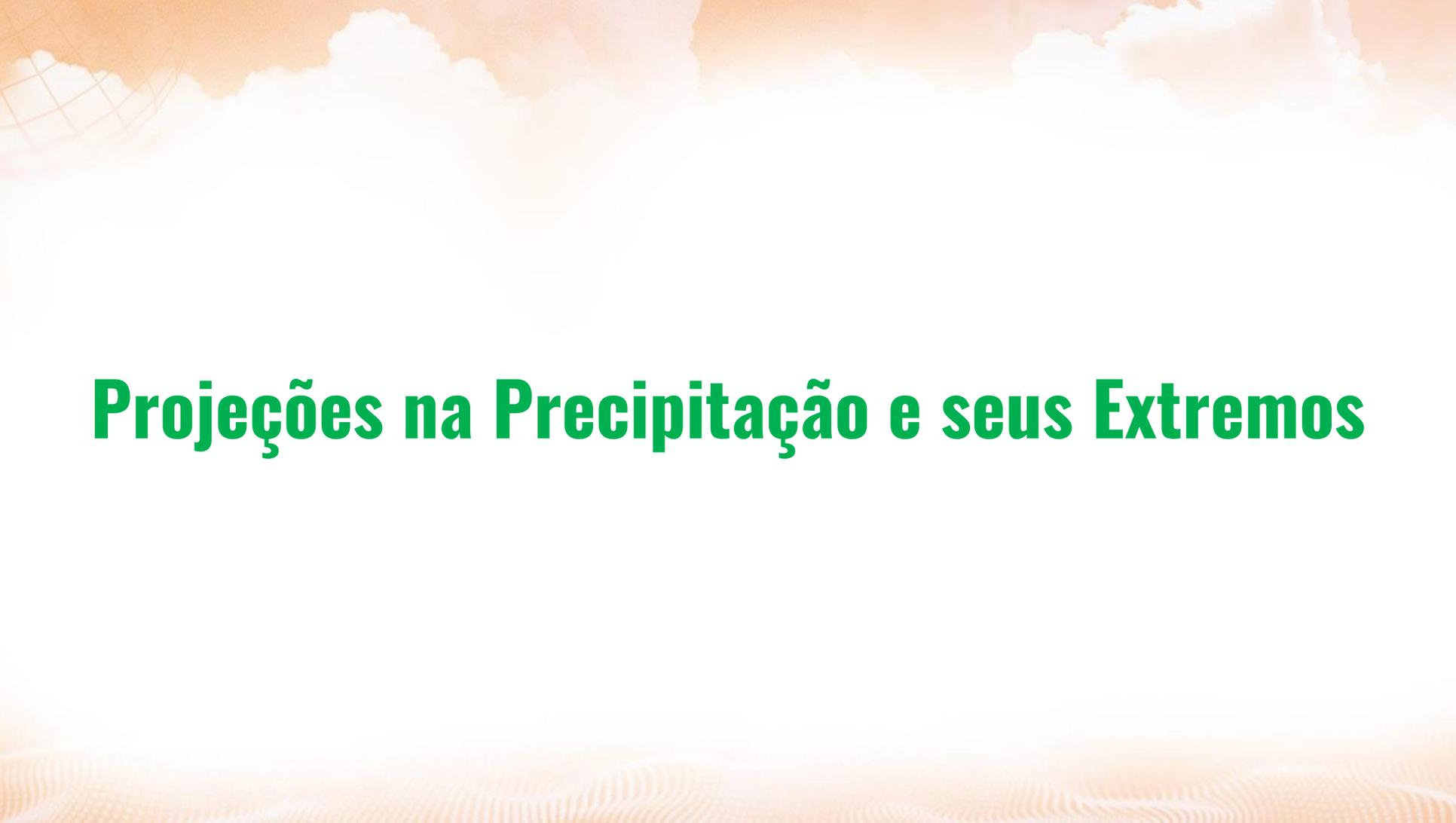
Mudanças no Final do século em relação  
1995-2014 com SSP5-8.5  
Ref: Marengo et al. (2023)

Índice	NSA e SAM	SES
T	+ 3,9 °C	+ 3,0 °C
TN	+ 4,0 °C	+ 3,1 °C
TX	+ 4,5 °C	+ 3,1 °C
TX40	+ 39 dias	+11 dias



Mudança Temp. média anual  
(2080-2099) – (1995-2014)  
38 modelos CMIP6 - SSP5-8.5  
Almazroui et al. (2021)

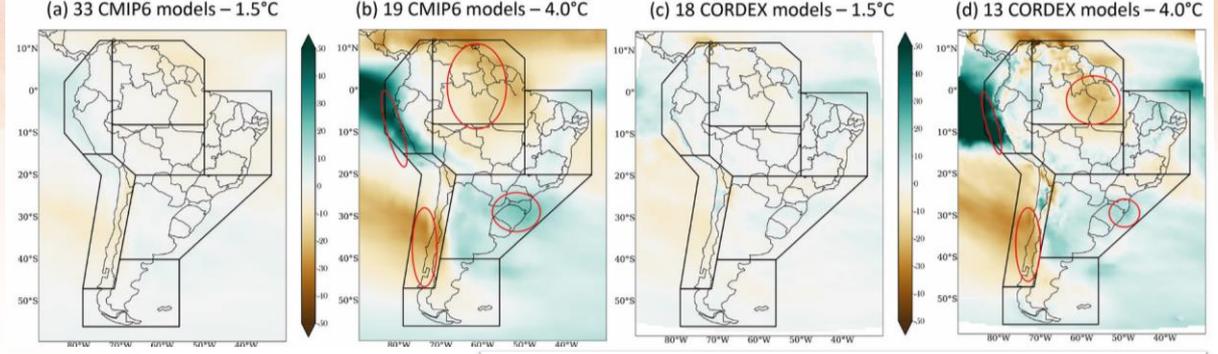


The background features a warm, orange-toned sky with soft, white clouds. In the top-left corner, a portion of a globe is visible, showing latitude and longitude lines. The bottom of the image has a subtle, wavy pattern in shades of orange and white.

# **Projeções na Precipitação e seus Extremos**

Os únicos sinais robustos de mudanças projetadas na precipitação são no final do século

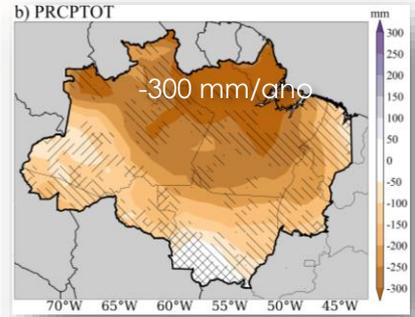
- No leste do NSA, com redução de 12% e também no Centro/sul do Chile
- No Sudeste da América do Sul e no extremo oeste do Noroeste da América do Sul (aumento prec) associado com a intensificação e estreitamento da ZCIT



**Fig. 2.5** Changes (relative to 1995–2014) in mean annual precipitation (PK, in %) projected by CMIP6 models (under scenario SSP5-8.5) considering 1.5 (a) and 4.0 °C (b) GWLs and for CORDEX models (under RCP8.5 scenario) considering 1.5 (c) and 4.0 °C (d) GWLs. Red circles and ellipses indicate areas with robust signs of projected changes in annual precipitation and where there is an agreement between the models. See Fig. 2.4 for names of region: delimited in figure

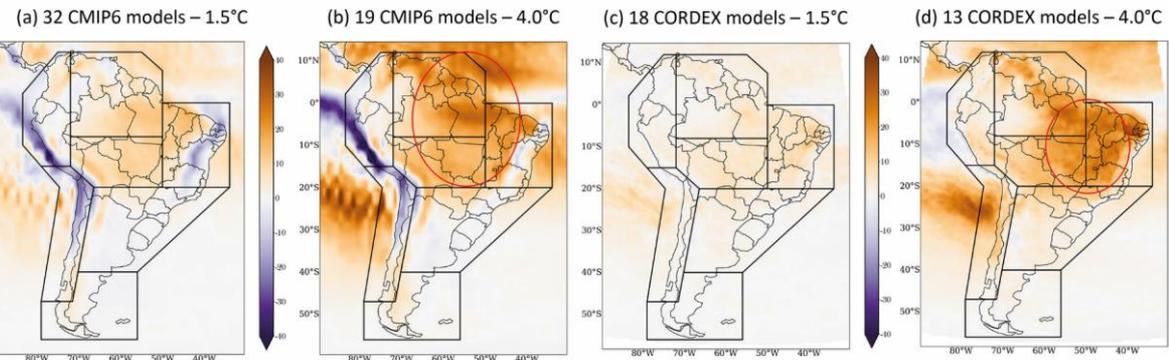
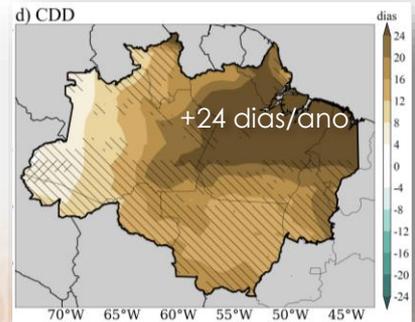
Marengo et al. (2023)

- Brasil: mudanças na prec. entre **-10 e 6%** (Moraes et al. 2023)



12 modelos CMIP6  
Futuro: 2081-2100  
Presente: 1995-2014  
Cenário: SSP5-8.5

Bazzanella (2025)

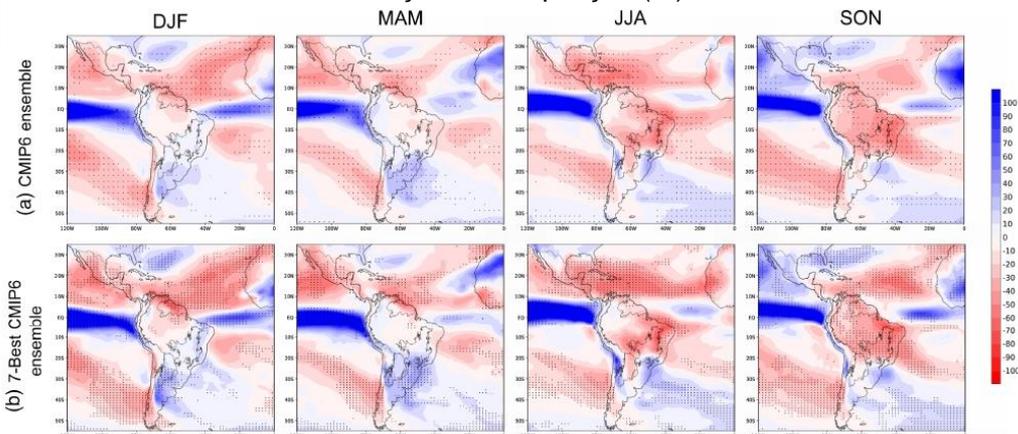


**Fig. 2.6** Changes (relative to 1995–2014) in consecutive dry days (CDD, in number of days) projected by CMIP6 models (under scenario SSP5-8.5) considering 1.5 (a) and 4.0 °C (b) GWLs and for CORDEX models (under RCP8.5 scenario) considering 1.5 (c) and 4.0 °C (d) GWLs. See Fig. 2.4 for the names of the regions delimited in the figure

- O aumento no CDD sobre a Bacia Amazônica e NES é notável, indicando um clima mais seco no futuro.

- 38 modelos CMIP6 sob cenários SSP1–2.6, SSP2–4.5, SSP3–7.0 e SSP5–8.5;
- Período de referência: 1995-2014;
- Futuro: 2040-2059 e 2080-2099;
- A **mudança da prec.** no futuro só começa a ficar **maior** do que a **variabilidade** do período de **referência**, no **SSP3-7.0** e **SSP5-8.5**.
- A **contribuição** relativa para a mudança na media anual é **maior** nos **períodos úmidos** do que nos **períodos secos**.

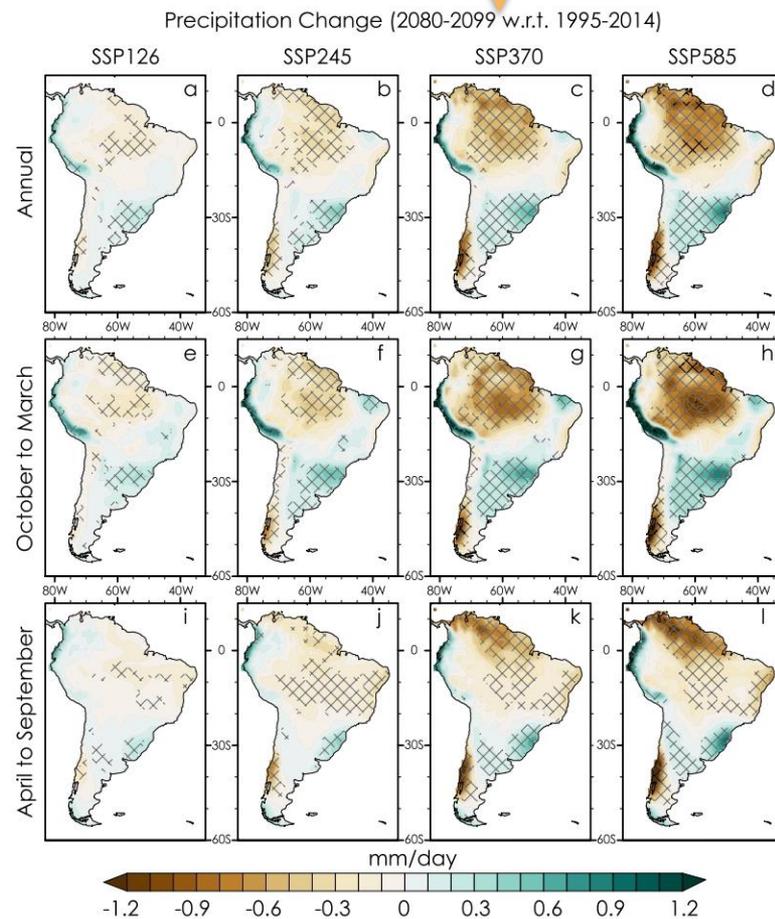
### Mudança na Precipitação (%)



- 49 Modelos CMIP5 e 33 modelos CMIP6.
- Projeções: 2071-2100 (em relação 1971-2000) com SSP5-8.5
- **Redução da precipitação: centro/sul do Chile (todo ano), norte da AS e Bacia Amazônica, principalmente na primavera.**
- **Aumento da precipitação: Sudeste da América do Sul, principalmente no verão e outono.**

Ortega et al. (2021)

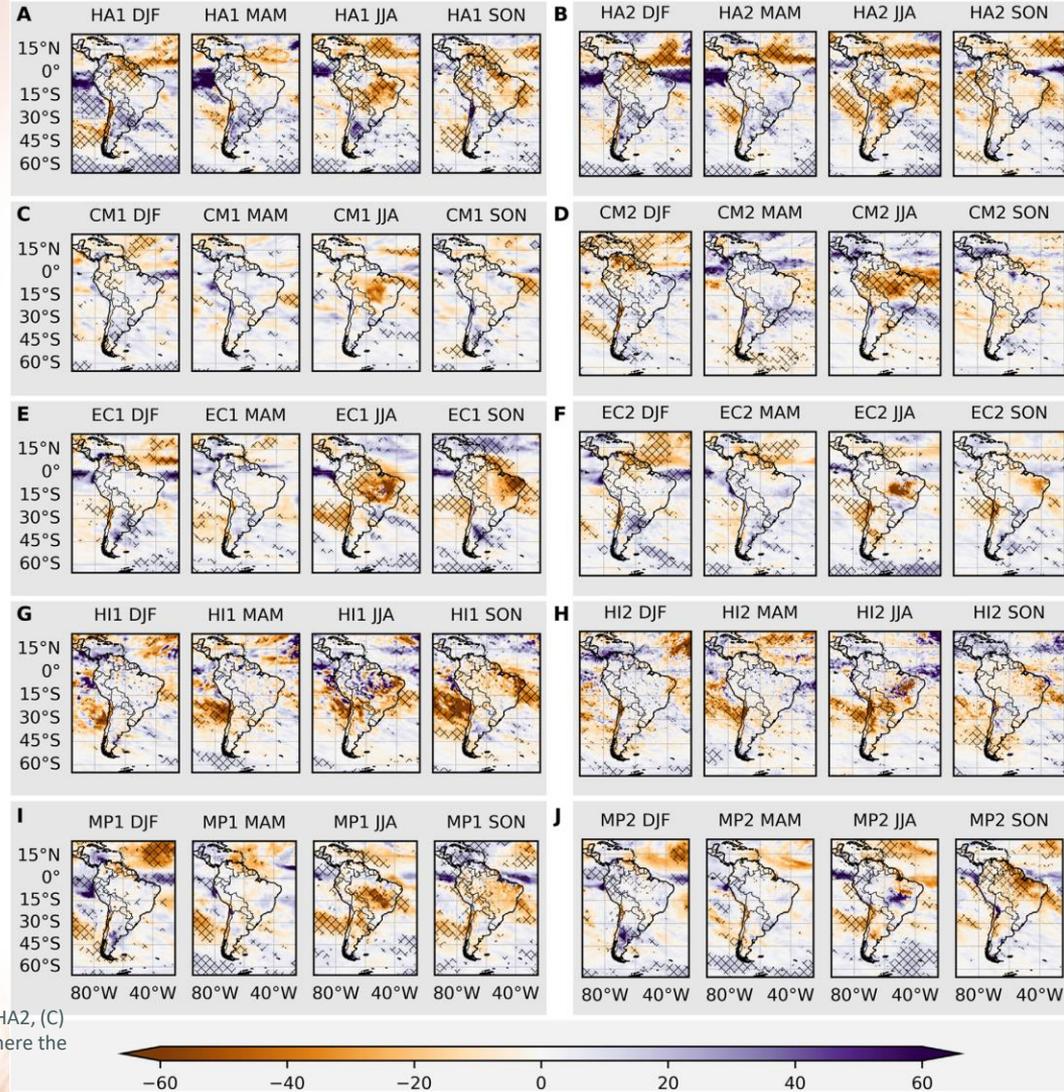
Almazroui et al. (2021)



# = 66% dos modelos concordam com o sinal da mudança.

- 5 modelos CMIP6 (HighResMIP): HadGEM3, CMCC, EC-Earth3P e HiRAM e MPI
- Período referência: 1979-2014
- Futuro: 2015-2050
- Cenário: SSP5-8.5

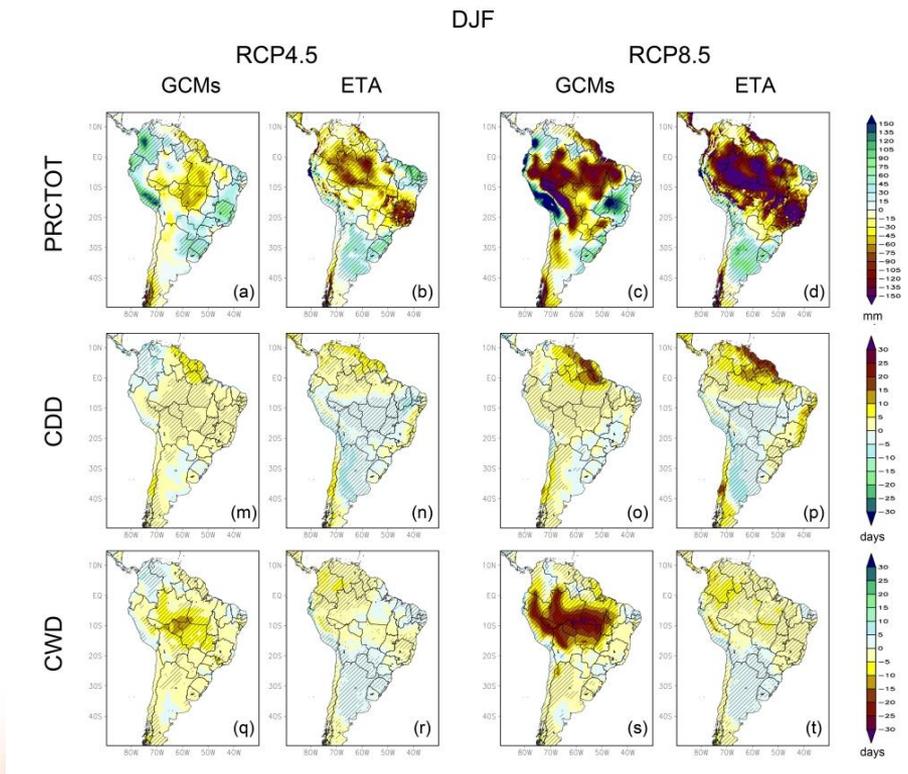
- Mudanças + proeminentes no **inverno** e **primavera** no continente e no verão e outono sobre oceano (ZCIT)



Silva et al. (2025)

Relative (%) rainfall future projections (2015–2050) for seasonal climatology from: (A) HA1, (B) HA2, (C) CM1, (D) CM2, (E) EC1, (F) EC2, (G) HI1, (H) HI2, (I) MP1, (J) MP2. Hatching represents regions where the differences in means are statistically significant at the 95% confidence level.

- Projeções: 2050-2080 (em relação 1980-2005) com RCP4.5 e RCP8.5 para DJF e JJA
- Modelos: CanESM2, HadGEM2-ES, MIROC5 e Eta (20 km) aninhado a esses 3 modelos e tb ao BESM
- Dados observados: CPC (1980-2005)
- **Aumento de PRCPTOT no sudeste da AS**
- **Redução de PRCPTOT sobre uma grande área, incluindo Amazônia e norte da AS.**
- GCMs projetam **aumento no CDD** e **redução em CWD** em quase toda AS



Reboita et al. (2022)

- 31 Modelos CMIP5 e 4 RCPs: RCP 2.6, 4.5, 6.0 e 8.5
  - 8 indicadores de extremos (escala anual)
  - Período de referência: 1961-1990
  - Projeções: 2071-2100
- **CDD** atinge máximo aumento de 35 dias no sul da AM e Centro-Oeste.
  - **R10mm**: redução na maior parte da AS
  - **R95p** e **RX5Day** aumentam em toda a AS

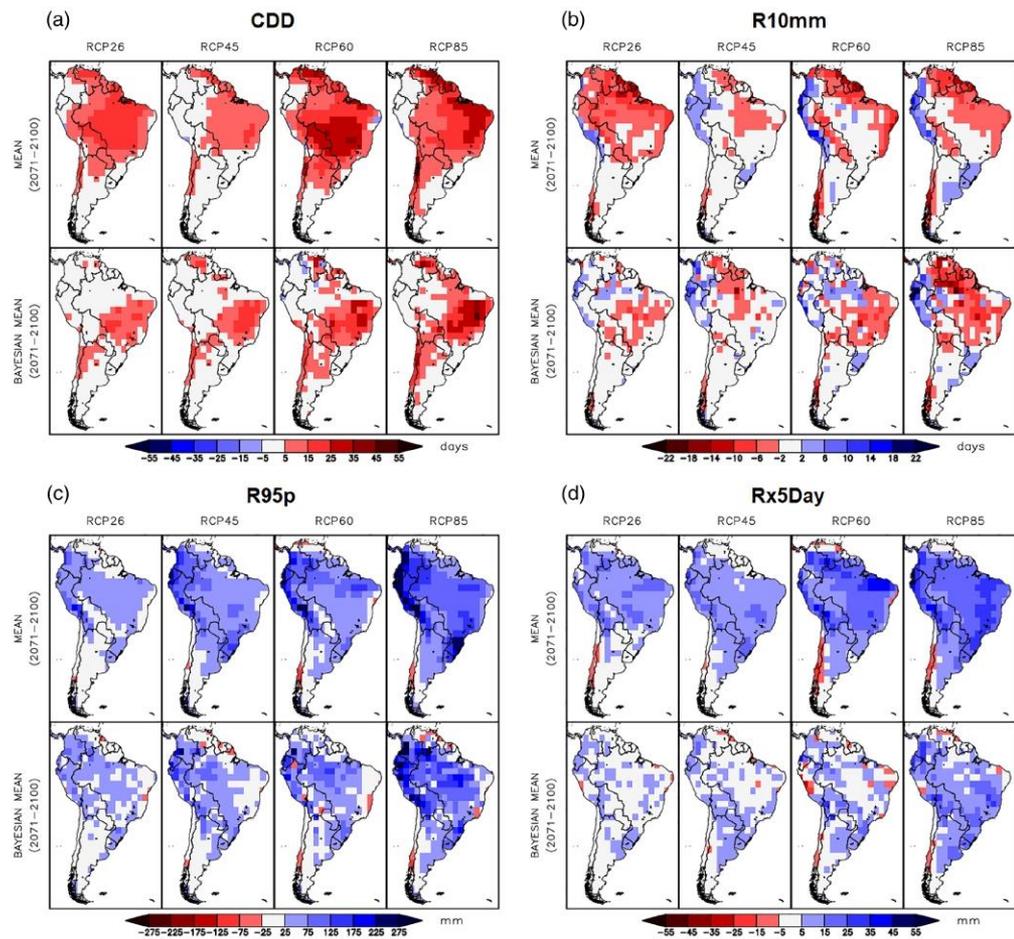
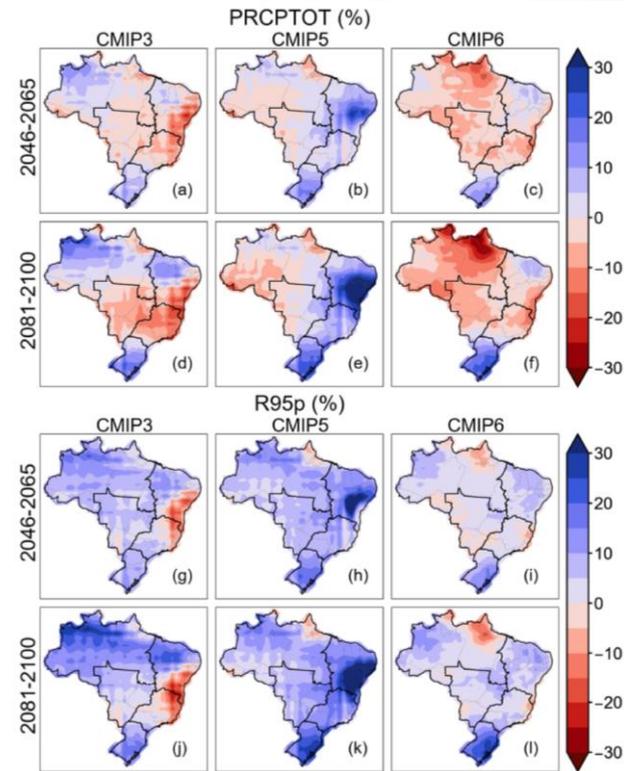
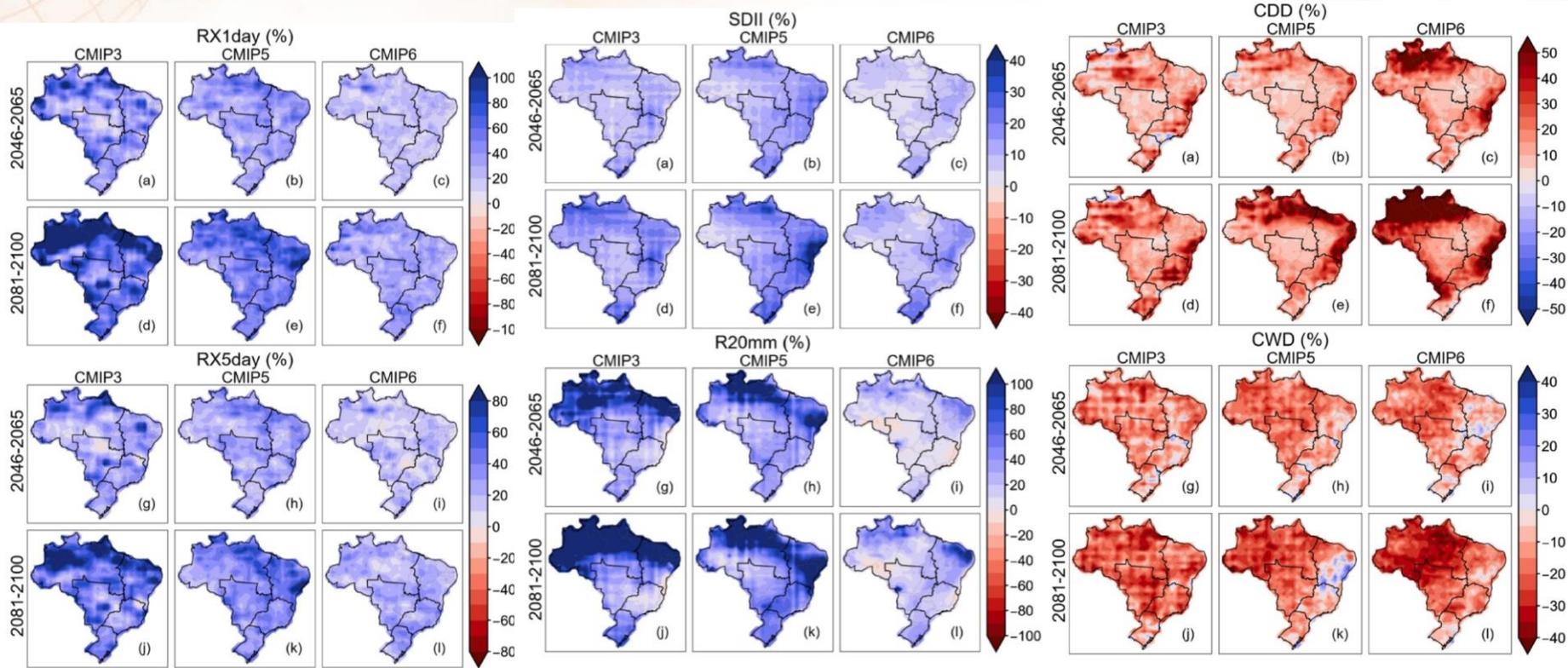


FIGURE 4 Projected annual mean changes in precipitation extremes indices for the end of the 21st century (2071–2100): CDD (a), R10mm (b), R95p (c) and Rx5Day (d). The GCMs' ensemble mean (top panels) and the mean applying Bayesian inference (bottom panels) comes from the CMIP5 dataset in scenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 and RCP8.5. Changes are defined as the difference between the periods 2071–2100 and 1961–1990 [Colour figure can be viewed at [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com)]

## Tendências dos extremos de prec.

- 9 modelos CMIP3, 16 CMIP5 e 15 CMIP6.
  - 7 famílias: CNRM, FGOALS, GFDL, IPSL, MIROC, MPI e MRI.
  - Cenários mais pessimistas: RCP8.5 e SSP5-8.5
  - Período de referência: 1981-2000
  - Futuro: 2046-2065 e 2081-2100
- 
- Consenso sobre intensificação dos extremos de precipitação nos 3 CMIPs, exceto para PRCPTOT.
  - **Aumento SDII de 8.3% (Norte), 11.5% (Nordeste) e 18.7% (Sul)**
  - **RX1Day e RX5Day: Aumento > 20%**
  - **R20mm aumenta principalmente no NE: 168% (CMIP3), 107% (CMIP5) e 37% (CMIP6).**
  - **CDD aumento entre 11 e 50%**
  - **CWD diminui -29% na Região Norte**



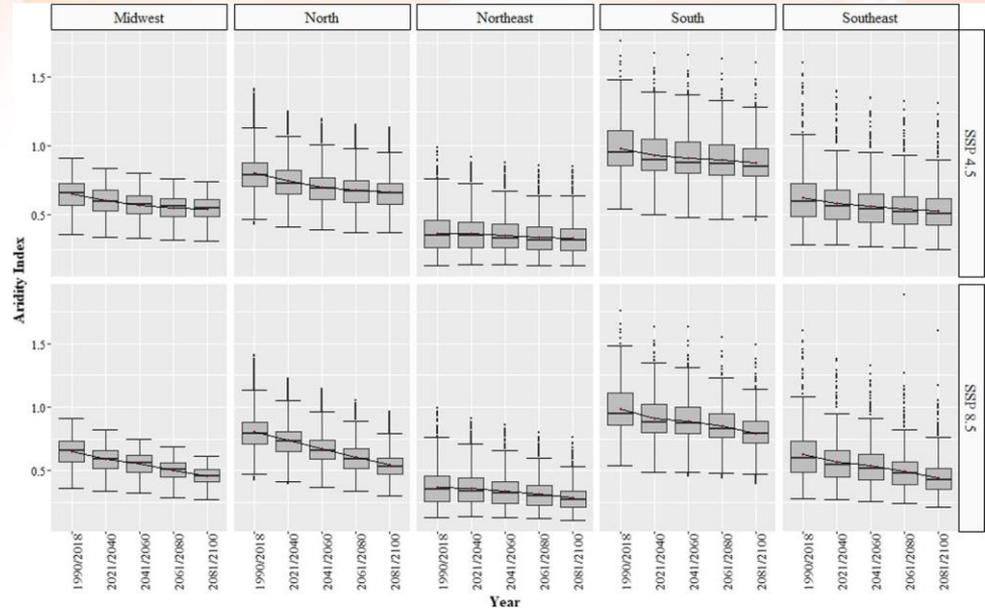


- 8 modelos CMIP6
- Período referência: 1990-2018
- Futuro: 2021-2040; 2041-2060; 2061-2080; 2081-2100
- Cenários: SSP2-4.5 e SSP5-8.5

$$IA = \frac{Prec (mm)}{Evapotrans. Potencial (mm)}$$

**Table 1** Classes of risk susceptible to desertification from the aridity index

Classes	AI	Susceptible desertification
Hiper-arid	< 0.05	Extremely high
Arid	0.051 a 0.20	very high
Semi-arid	0.21 a 0.50	high
Sub-humid	0.51 a 0.65	moderate
humido	> 0.65	Extremely moderate



- Índice de Aridez:
- **Aumento** áreas de **clima sub-úmido seco** e de áreas **semi-áridas** no Brasil, com tendência à **alta suscetibilidade de desertificação** até 2100.

# Síntese das Projeções de Precipitação e Seus Extremos

- **Redução da prec.** no norte da **Bacia Amazônica** no período chuvoso (mm/dia) e em termos percentuais no inverno e primavera.
- **Aumento** do **CDD**, mais acentuado no **NSA, SAM e NES**.
- **Redução de CWD** na maior parte da **AS**.
- **Redução da prec.** no **centro/sul do Chile** o ano todo.
- **Aumento** da **prec.** no **SES** no período chuvoso (mm/dia) e tb em termos percentuais.
- **Aumento** da **prec. extrema** (R95p, RX1day e RX5day) em **toda AS**.
- Mudanças só começam a ficar mais nítidas (maior do que suas variabilidades no período de referência) usando **cenários** mais **pessimistas** e no **final do século**.

# Conclusões e Desafios

- Quantidade reduzida de estações meteorológicas limita qualidade dos trabalhos sobre detecção e avaliação da mudança climática.
- Há poucos estudos que avaliam a performance dos modelos CMIP6 quanto a representação espacial dos extremos de temperatura do ar e precipitação, bem como as tendências observadas;
- Poucos trabalhos sobre eventos extremos compostos e atribuição da mudança climática.
- Dificuldade em trabalhar com modelos globais regionalmente, onde os fenômenos de mesoescala precisam ser bem simulados.
- Necessidade de integrações de modelos regionais aninhados a modelos globais.
- Poucos experimentos com modelos regionais conduzidos na América do Sul, sendo o modelo Eta, o único modelo regional desenvolvido na América do Sul (Bambach et al. 2021).



# Obrigada!

[bazzanelaannacarolina@ufrj.br](mailto:bazzanelaannacarolina@ufrj.br)  
[claudine@acd.ufrj.br](mailto:claudine@acd.ufrj.br)