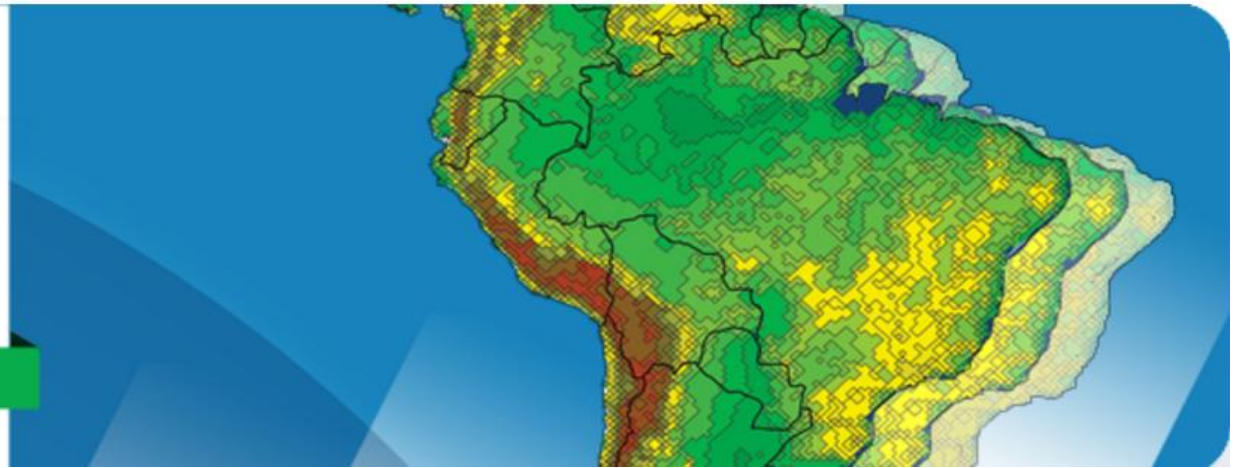


V WorkEta

Modelagem Numérica de
tempo e clima em mesoescala
utilizando o Modelo Eta:
Aspectos físicos e numéricos

3 a 8 de abril de 2016.

São José dos Campos, SP



ESTUDO DE VULNERABILIDADE DO BIOMA AMAZÔNIA AOS CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

André Lyra



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Introdução

Alterações no meio ambiente global em virtude do aumento da concentração atmosférica de CO₂.

- No clima;
- Na composição, estrutura e distribuição dos ecossistemas pelo planeta.

Amazônia:

Desempenha um papel significativo na circulação geral da atmosfera; rica em biodiversidade; considerada como sumidouro de carbono.

Mesmo a floresta mais remota pode responder a mudanças globais.

Objetivos

Investigar os possíveis impactos no bioma Amazônia resultantes das mudanças climáticas projetadas com diferentes cenários de emissão de GEE.

- Baseado em modelos climáticos atmosféricos e modelos de vegetação dinâmica que simulam a biosfera terrestre.
- **Compreender a dinâmica de interação entre vegetação e a atmosfera** através de simulações para o período passado.
- **Analisar as projeções climáticas futuras a nível regional** na área do bioma Amazônia.

Modelos de vegetação dinâmica

Simulam os fluxos de calor entre a atmosfera, a superfície e o solo.

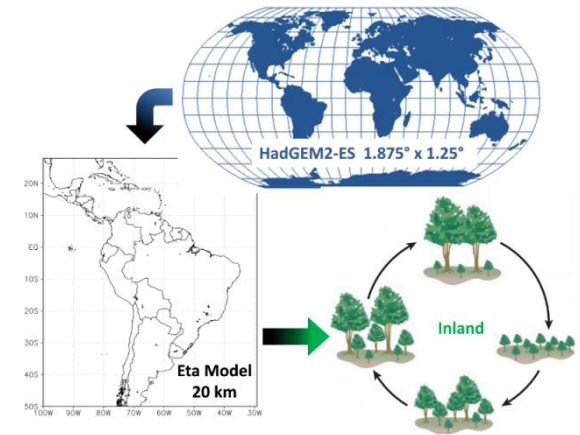
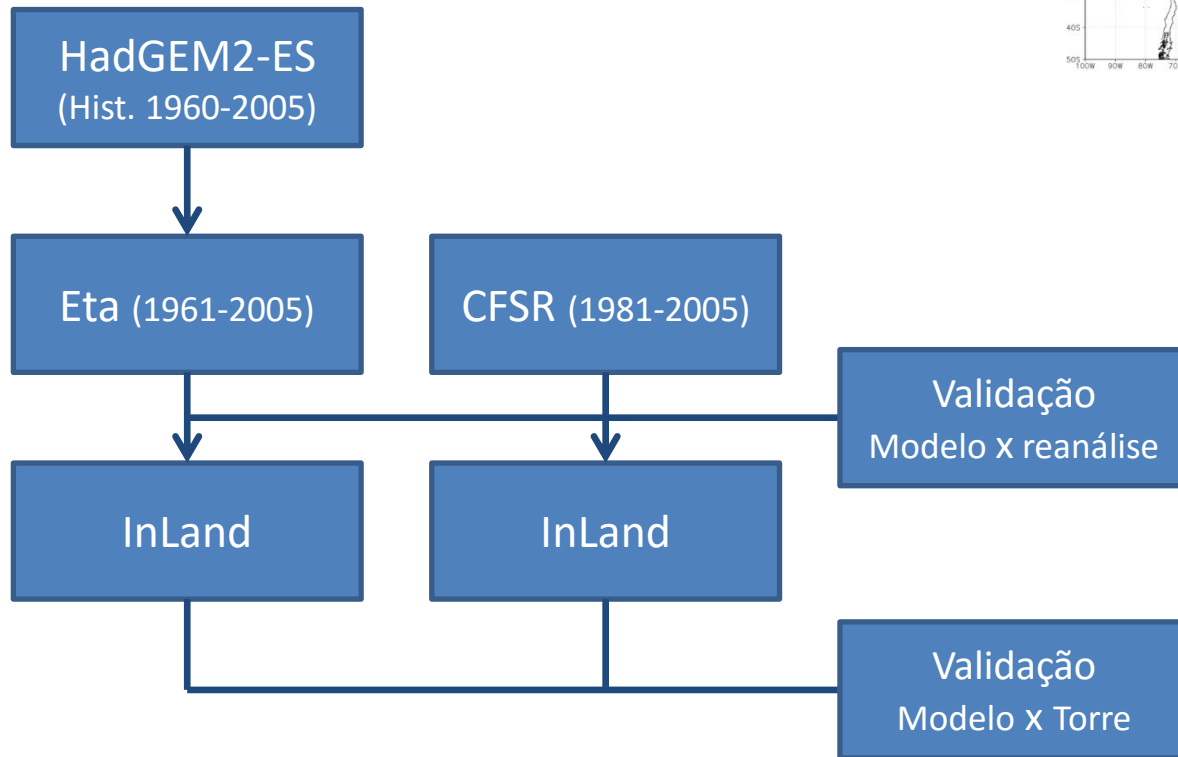
Incluem processos como: fotossíntese, respiração, fluxos de energia, alocação de carbono e nutrientes nas plantas.

Simulam as variações na cobertura de vegetação e no fluxo de carbono, que estão associados aos ciclos biogeoquímicos.

Devem ser capazes de simular os impactos do clima e das mudanças da concentração de CO₂ na vegetação e no solo.

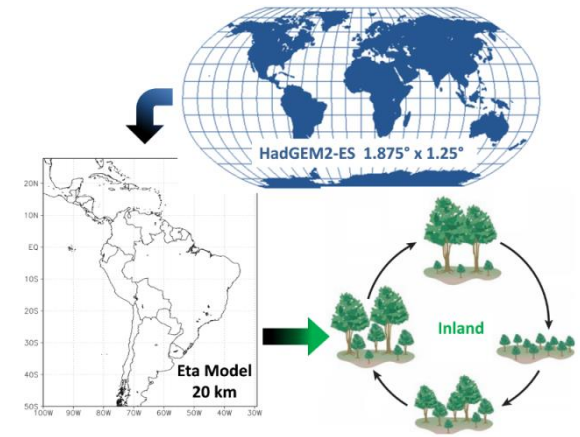
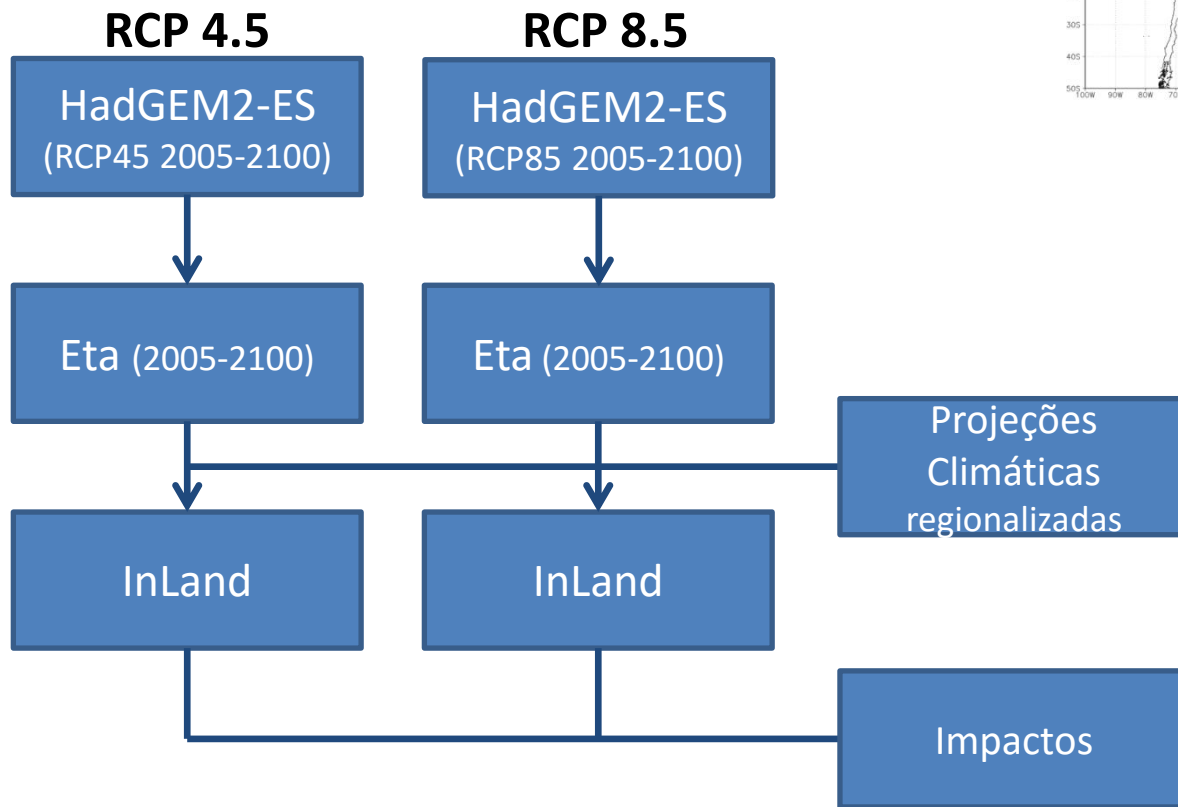
Metodologia

Validação



Metodologia

Impactos



InLand

Modelo integrado da biosfera que inclui processos da superfície terrestre, balanço do carbono terrestre e vegetação dinâmica (Foley et al., 1996).

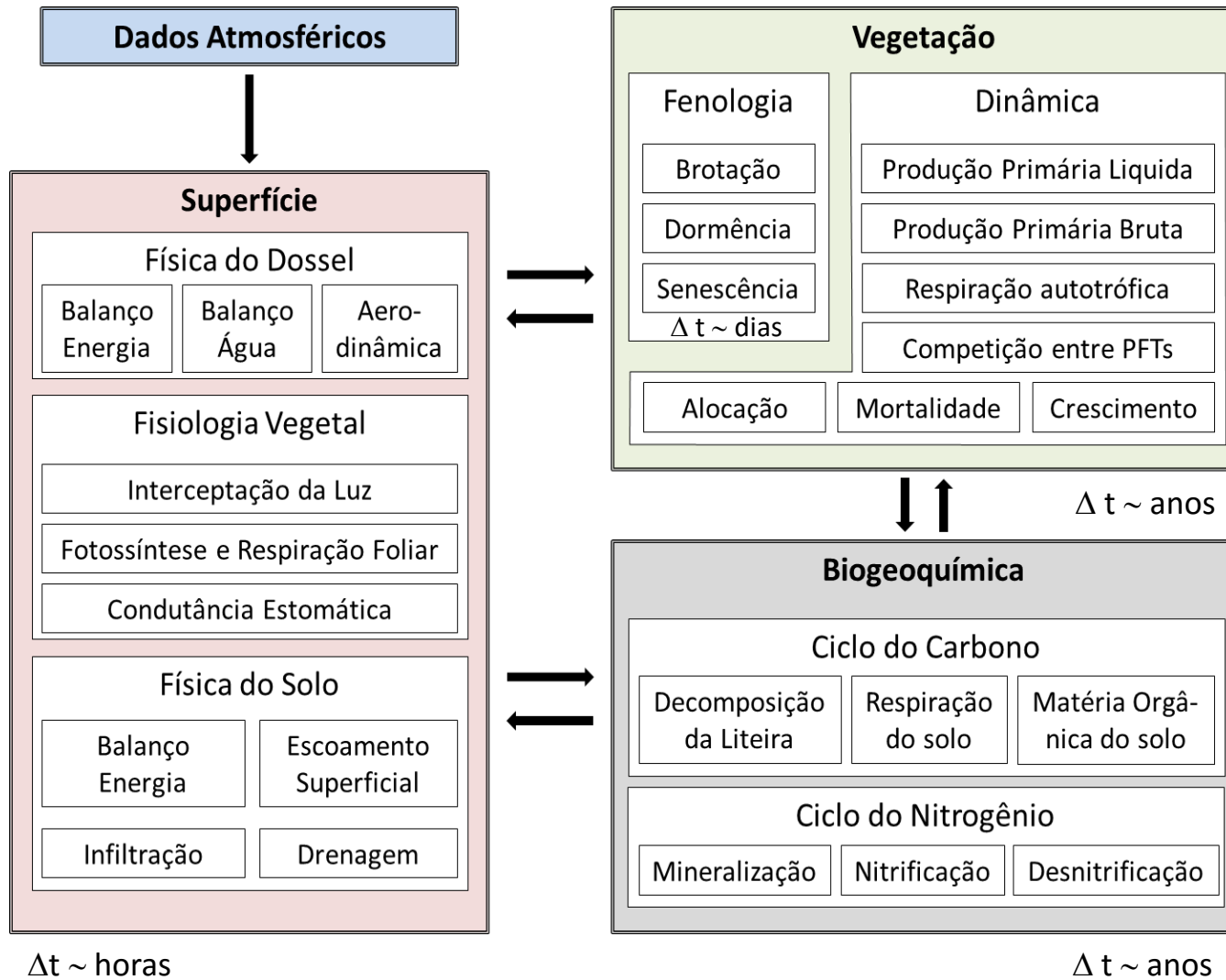
Biofísica da superfície terrestre, fluxo de carbono terrestre, vegetação dinâmica representados em uma estrutura simples e fisicamente consistente.

Projetado em torno de uma estrutura hierárquica e modular.

Módulos possuem diferentes passos de tempo.

Melhor representação dos processos relevantes nos trópicos e particularmente na América do Sul e no Brasil

InLand



InLand

Índice	Bioma
1	Floresta Tropical Perene
2	Floresta Tropical Decídua
3	Floresta Temperada Folhosa Perene
4	Floresta Temperada Conífera Perene
5	Floresta Temperada Decídua
6	Floresta Boreal Perene
7	Floresta Boreal Decídua
8	Floresta Mista/Bosque
9	Savana
10	Pastagem Natural/Estepe
11	Arbustos Densos
12	Arbustos
13	Tundra
14	Deserto
15	Deserto Polar/Rocha/Gelo

Índice	Tipo Funcional de Planta	
1	Árvores Tropicais Folhosas Perenes	dossel superior
2	Árvores Tropicais Folhosas Decíduas	
3	Árvores Temperadas Folhosas Perenes	
4	Árvores Temperadas Coníferas Perenes	
5	Árvores Temperadas Folhosas Decíduas	
6	Árvores Boreais Coníferas Perene	
7	Árvores Boreais Folhosas Decíduas	
8	Árvores Boreais Coníferas Decíduas	
9	Arbustos perenes	dossel inferior
10	Arbustos Decíduos	
11	Gramíneas Quentes (C ₄)	
12	Gramíneas Frias (C ₃)	

Diferentes TFPs

Bioma ← Distribuição TFP

Modelo Eta

Modelo em ponto de grade (**Grade E**)

Coordenada vertical: **Eta Refinada**

Resolução: **20km / 38 níveis**

Variáveis prognósticas: **T, q, u, v, Ps, TKE, água de nuvem**

Esquema de Integração: **2 níveis, explícito** (split-explicit)

Convecção: **Betts-Miller-Janjic**

Microfísica de nuvens: **Zhao (1997)**

Turbulência: **Mellor-Yamada 2.5, MO camada superficial e Paulson**

Radiação: **GFDL. Tendências de temp. atualizadas a cada hora**

Esquema de superfície: **Noah – 4 camadas de solo**

Condição de contorno: **OAGCM, ESM**

Umidade do solo inicial: **Climatologia mensal**

Albedo inicial: **Climatologia sazonal**

Modelo HadGEM2-ES

Hadley Centre, Grã Bretanha, Met Office, versão 2
(COLLINS et al., 2011; MARTIN et al, 2011)

Resolução: **N96L38** (~1.875° longitude X 1.250° latitude, 38 níveis)

Oceano:

1/3 graus nos trópicos e 1 grau em latitudes maiores que 30°, 40 níveis;

Componentes do Sistema Terrestre:

- Vegetação dinâmica: **TRIFFID** (COX, 2001)
- Biogeoquímica oceânica: **Diat-HadOCC**
- Química da Troposfera: **UKCA** (ozônio, metano, ...)
- Aerossóis: Sulfato, BC, OC, poeira, sal marinho

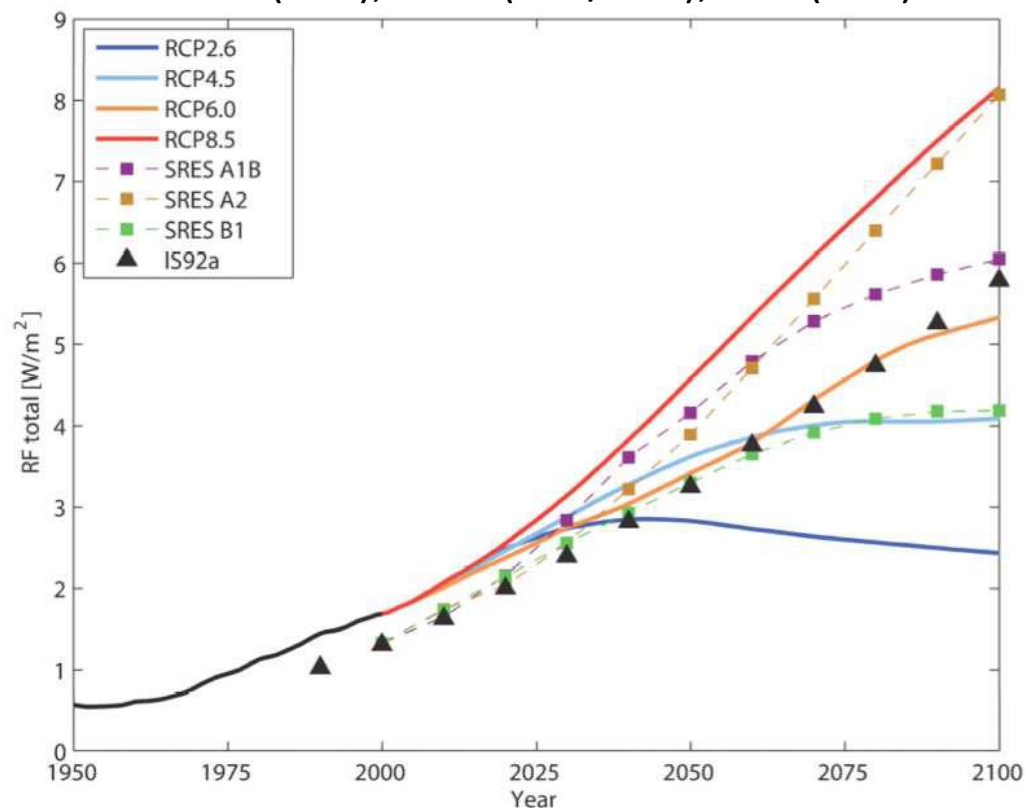
Cenários de emissão de GEE

RCP – “Representative Concentration Pathway”

Nome	Forçamento Radiativo	Concentração (ppm)	Caminho	Modelo
RCP8.5	> 8.5 W m ⁻² em 2100	> 1370 CO ₂ equiv. em 2100	Crescimento após 2100	MESSAGE
RCP6.0	~ 6 W m ⁻²	~ 850 CO ₂ equiv.	Estabilização após 2100	AIM
RCP4.5	~ 4.5 W m ⁻²	~ 650 CO ₂ equiv.	Estabilização após 2100	GCAM
RCP2.6	Pico de ~3 W m ⁻²	Pico de 490 CO ₂ equiv.	Pico antes de 2100 e declínio	IMAGE

Fonte: Adaptado de Moss et al. (2010).

Forçante radiativa antropica total
IS92a (SAR), SRES (TAR/AR4), RCP (AR5)



Dados

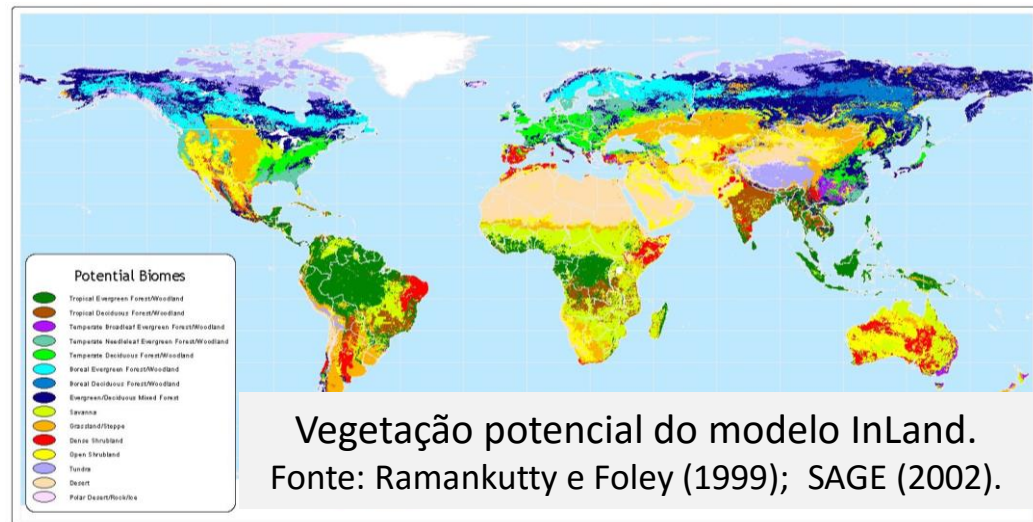
Torre K83 (Santarém)



2002 a 2004

Atmosféricos – CFSR e EtaHadGEM2-ES (histórico)

Descrição dos Dados	Unidades
Nebulosidade média diária	%
Temperatura media diária	°C
Precipitação diária	mm/dia
Umidade especifica média diária do ar	g/kg
Temperatura máxima diária	°C
Temperatura mínima diária	°C
Velocidade média diária do vento	m/s



Vegetação potencial do modelo InLand.
Fonte: Ramankutty e Foley (1999); SAGE (2002).

Propriedades do Solo
(Carter e Scholes, 2000)

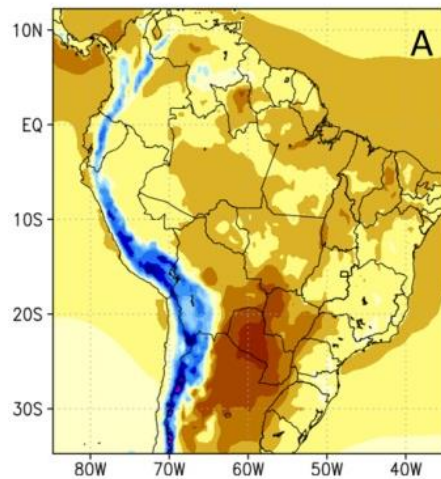
Dados

Temperatura

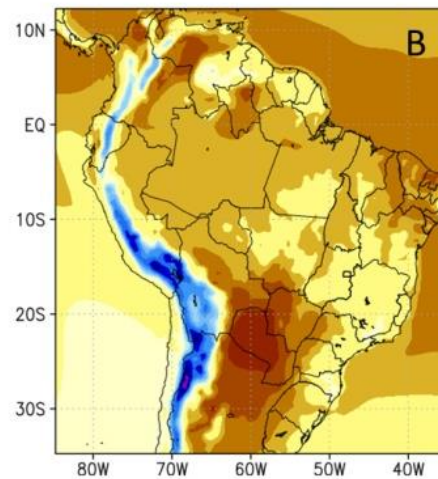
média
1981-2005

Janeiro

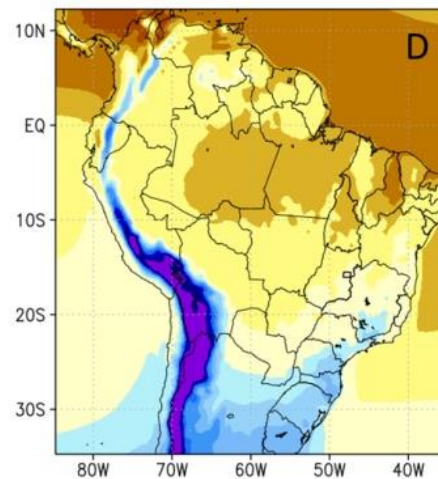
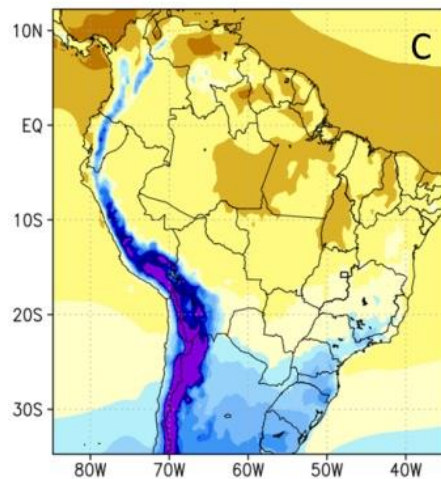
Eta



CFSR



Junho



Dados

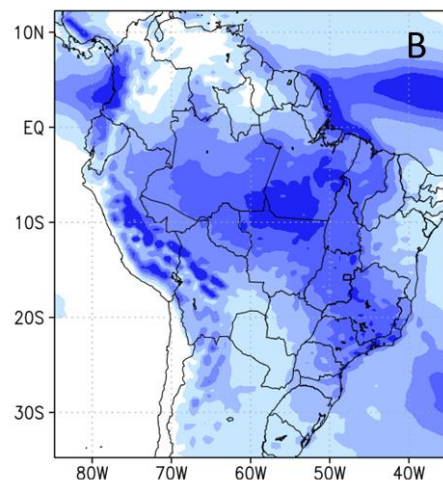
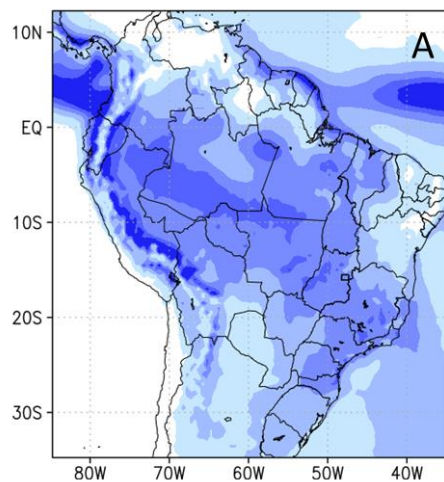
Precipitação

média
1981-2005

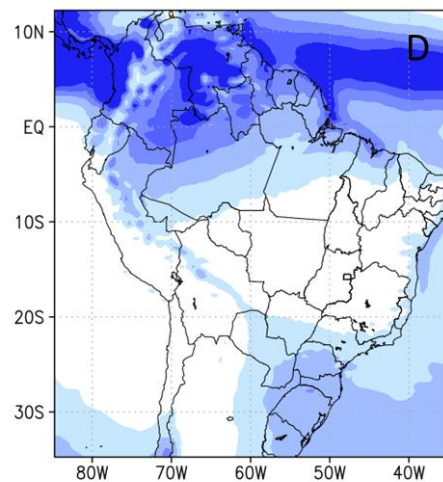
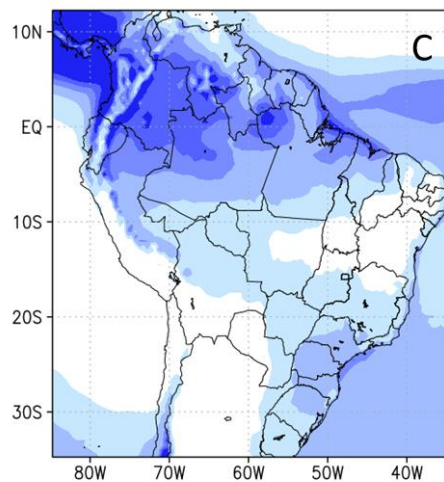
Janeiro

Eta

CFSR



Junho



Dados

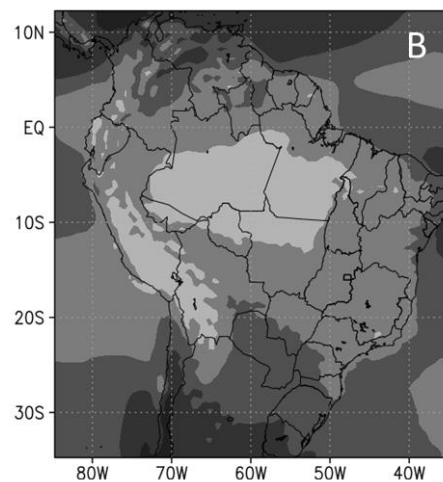
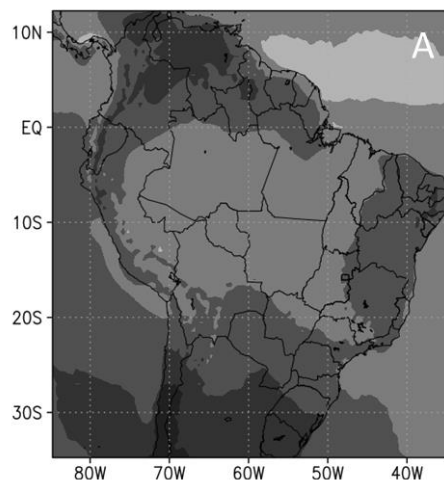
Cobertura de Nuvens

média
1981-2005

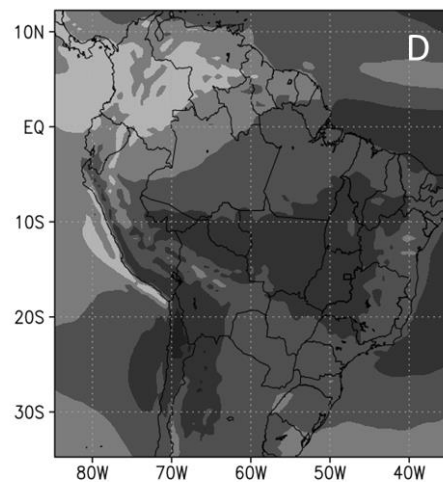
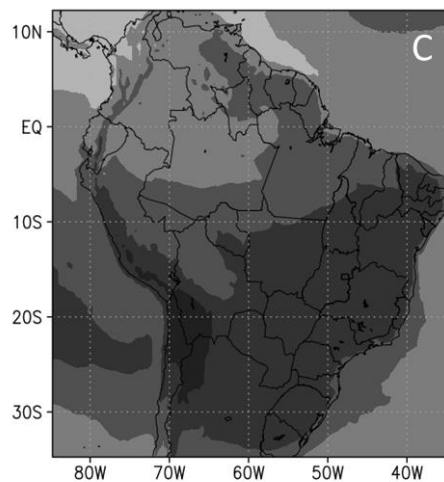
Janeiro

Eta

CFSR



Junho



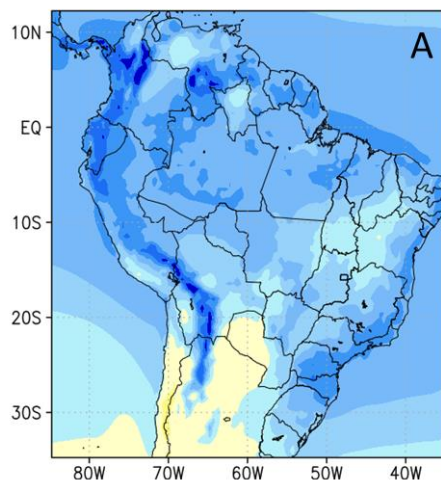
Dados

Umidade

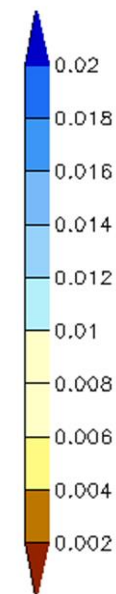
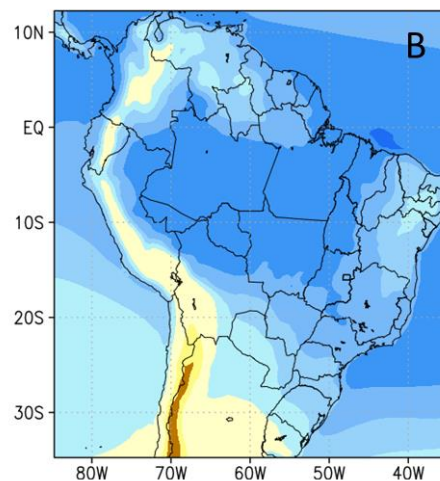
média
1981-2005

Janeiro

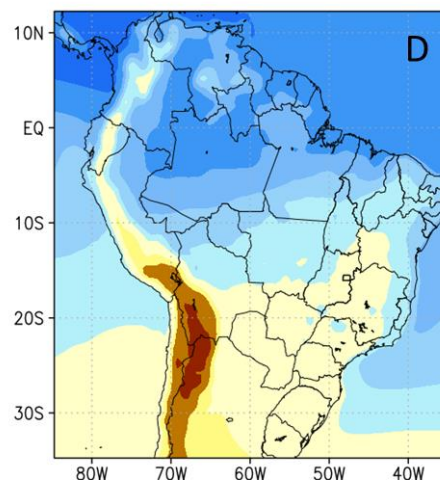
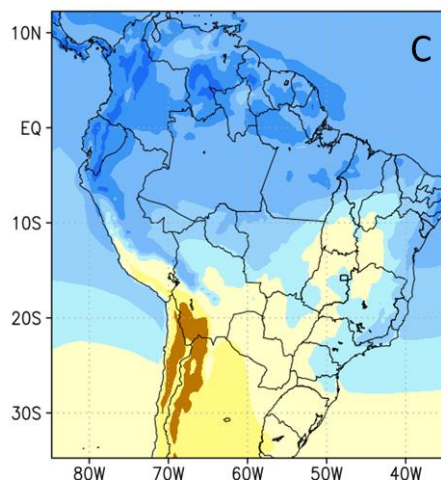
Eta



CFSR



Junho

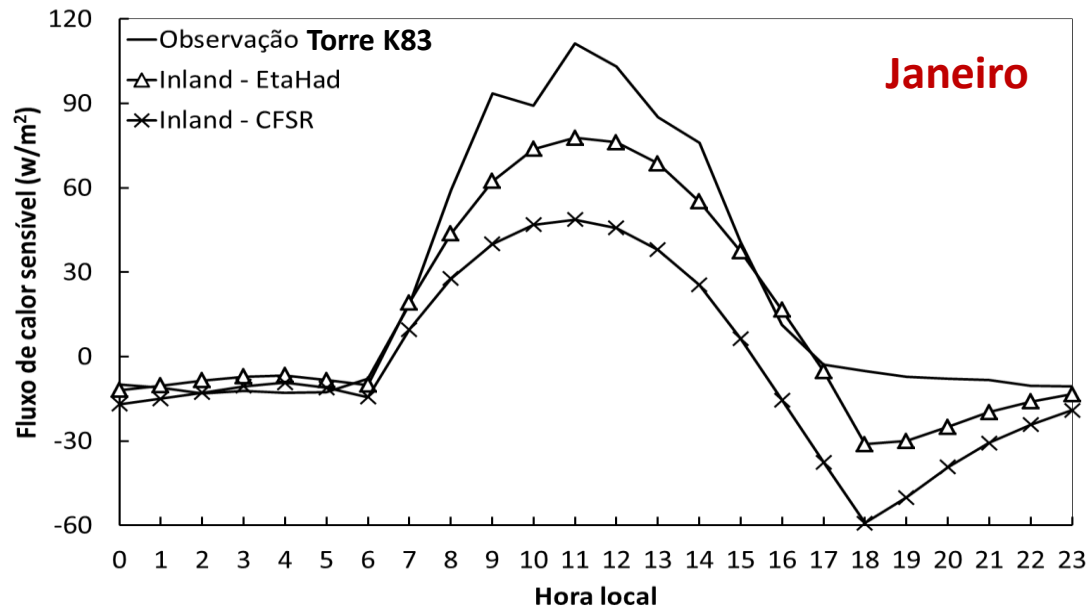


Resultados

Validação

InLand

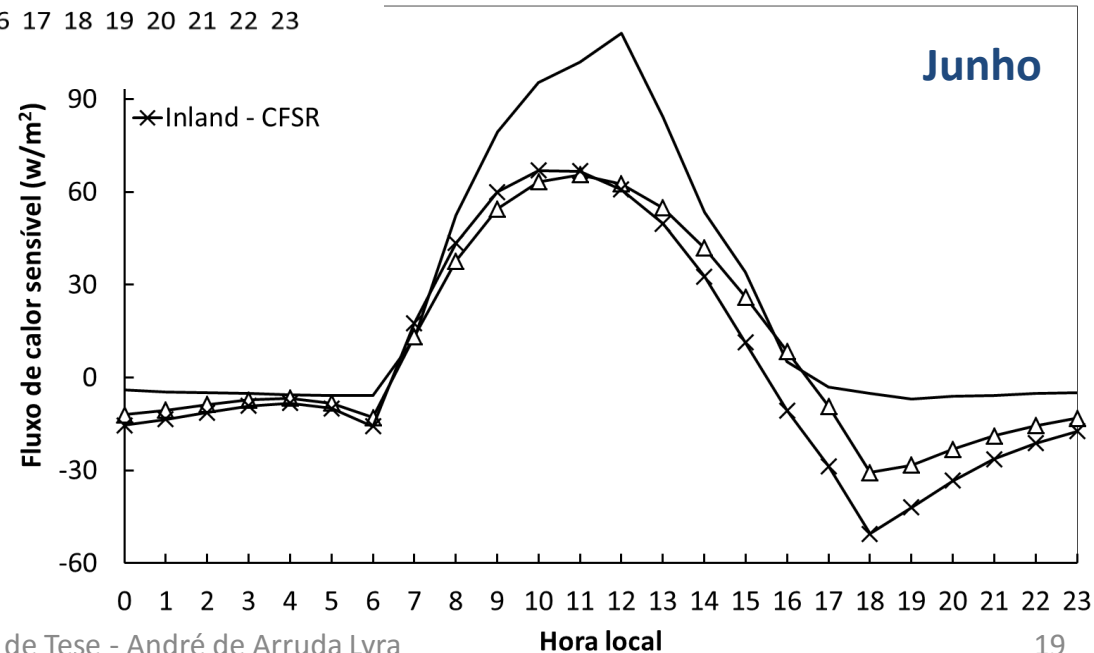
Resultados



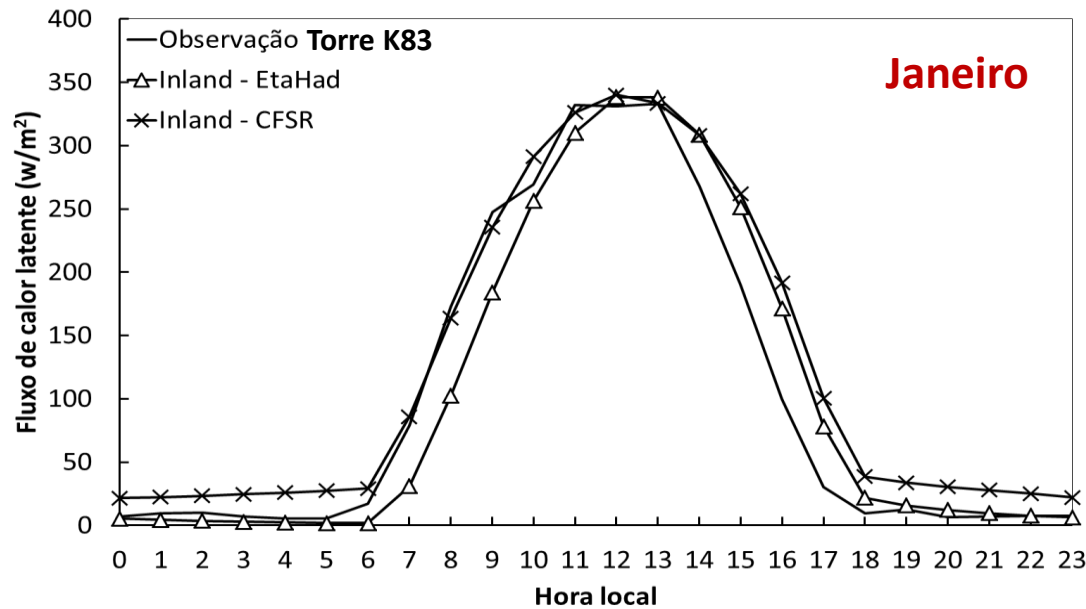
Ciclo Diurno Médio

Fluxo de calor sensível
 (w/m^2)

Janeiro			
	Fluxo de calor sensível		
	RMSE (W/m^2)	Correlação	Desvio Padrão (W/m^2)
InLand-EtaHad	15.59	0.97	37.50
InLand-CFSR	33.80	0.90	31.84
Junho			
	Fluxo de calor sensível		
	RMSE (W/m^2)	Correlação	Desvio Padrão (W/m^2)
InLand-EtaHad	18.93	0.97	32.33
InLand-CFSR	23.63	0.94	36.44



Resultados



Janeiro

Fluxo de calor latente

	RMSE (W/m^2)	Correlação	Desvio Padrão (W/m^2)
InLand-EtaHad	32.56	0.96	128.15
InLand-CFSR	32.83	0.98	124.27

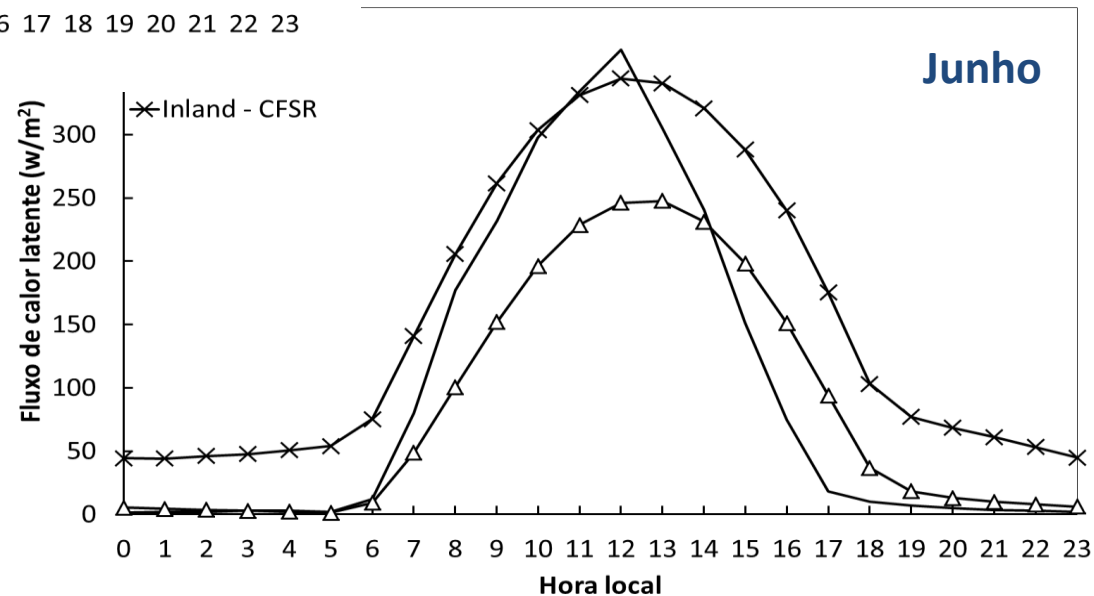
Junho

Fluxo de calor latente

	RMSE (W/m^2)	Correlação	Desvio Padrão (W/m^2)
InLand-EtaHad	52.99	0.93	72.49
InLand-CFSR	72.49	0.94	116.71

Ciclo Diurno Médio

**Fluxo de calor latente
(w/m^2)**



Resultados

Projeções Climáticas

Modelo Eta

Resultados

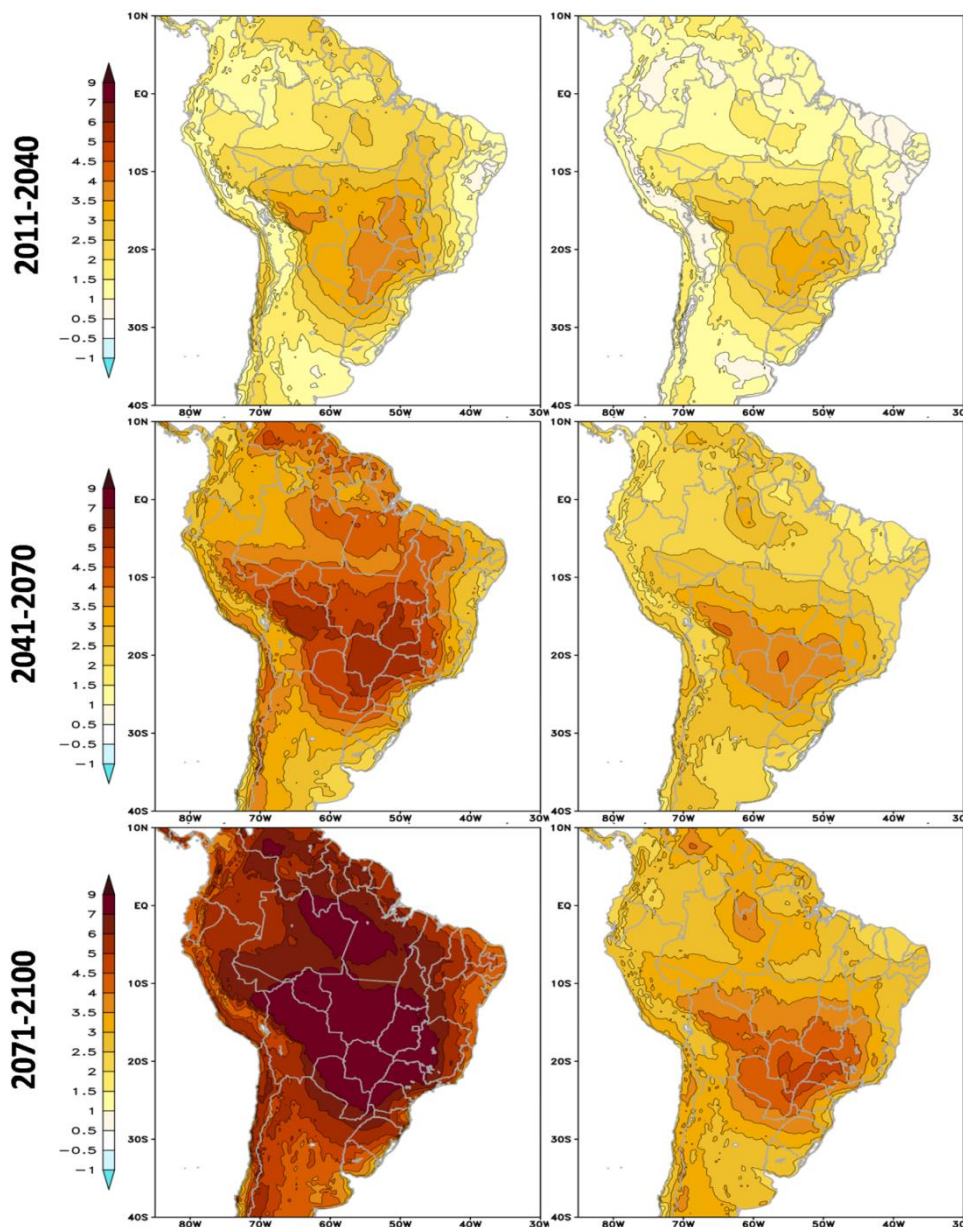
Mudanças na
Temperatura

DJF

RCP4.5 e RCP8.5

Limiar
máximo

Limiar
mínimo



Resultados

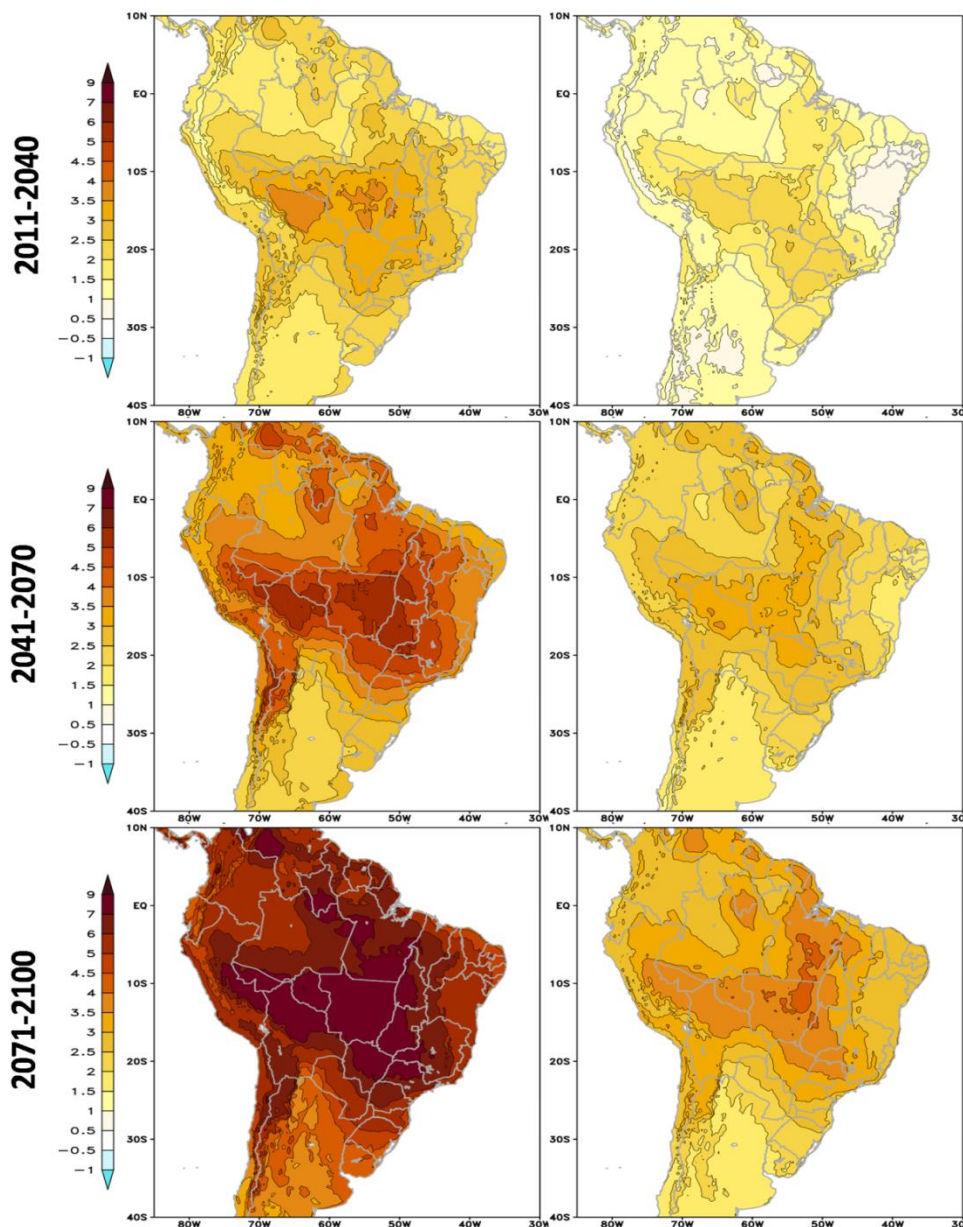
Limiar
máximo

Limiar
mínimo

Mudanças na
Temperatura

JJA

RCP4.5 e RCP8.5



Resultados

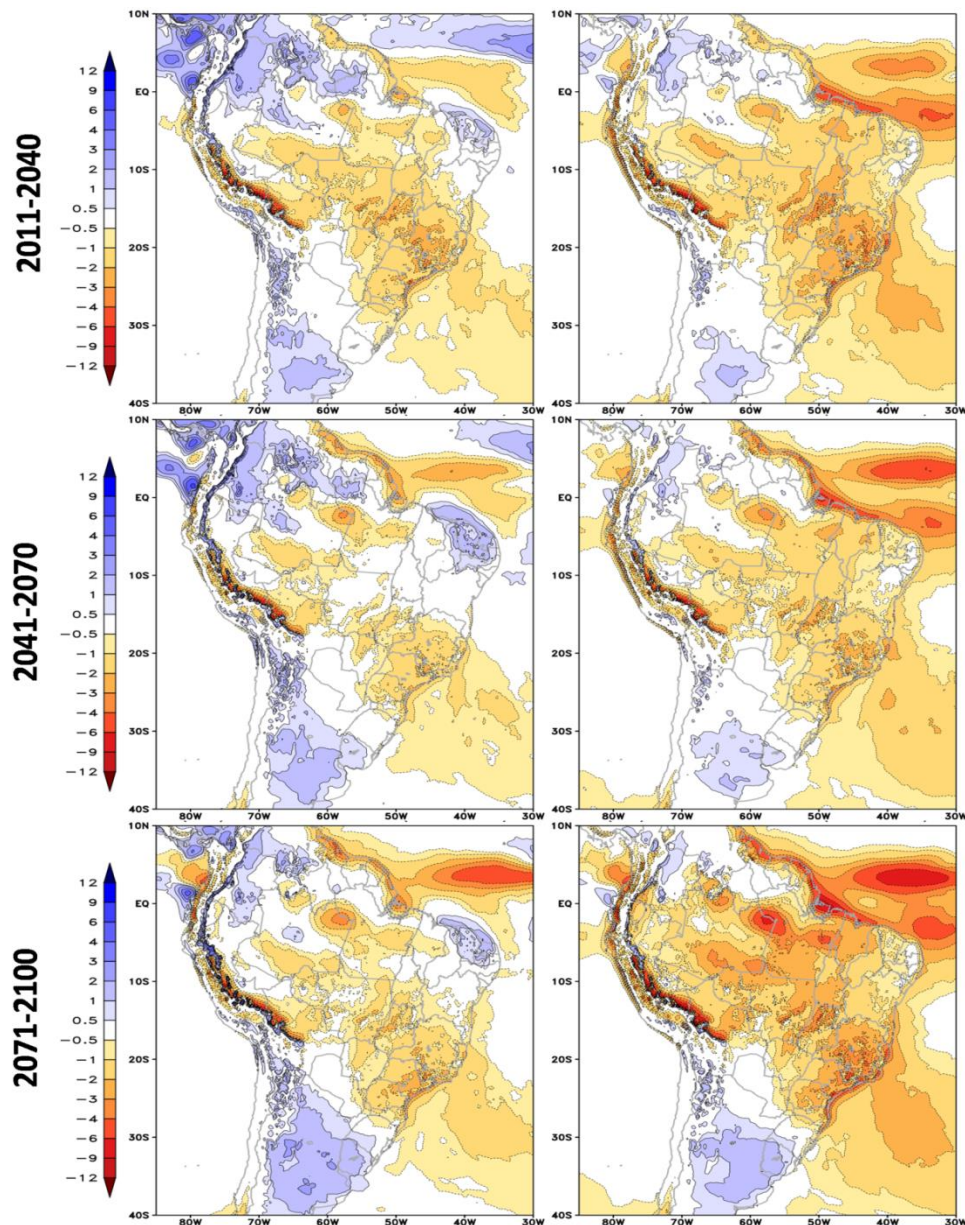
Limiar
máximo

Limiar
mínimo

Mudanças na
Precipitação

DJF

RCP4.5 e RCP8.5



Resultados

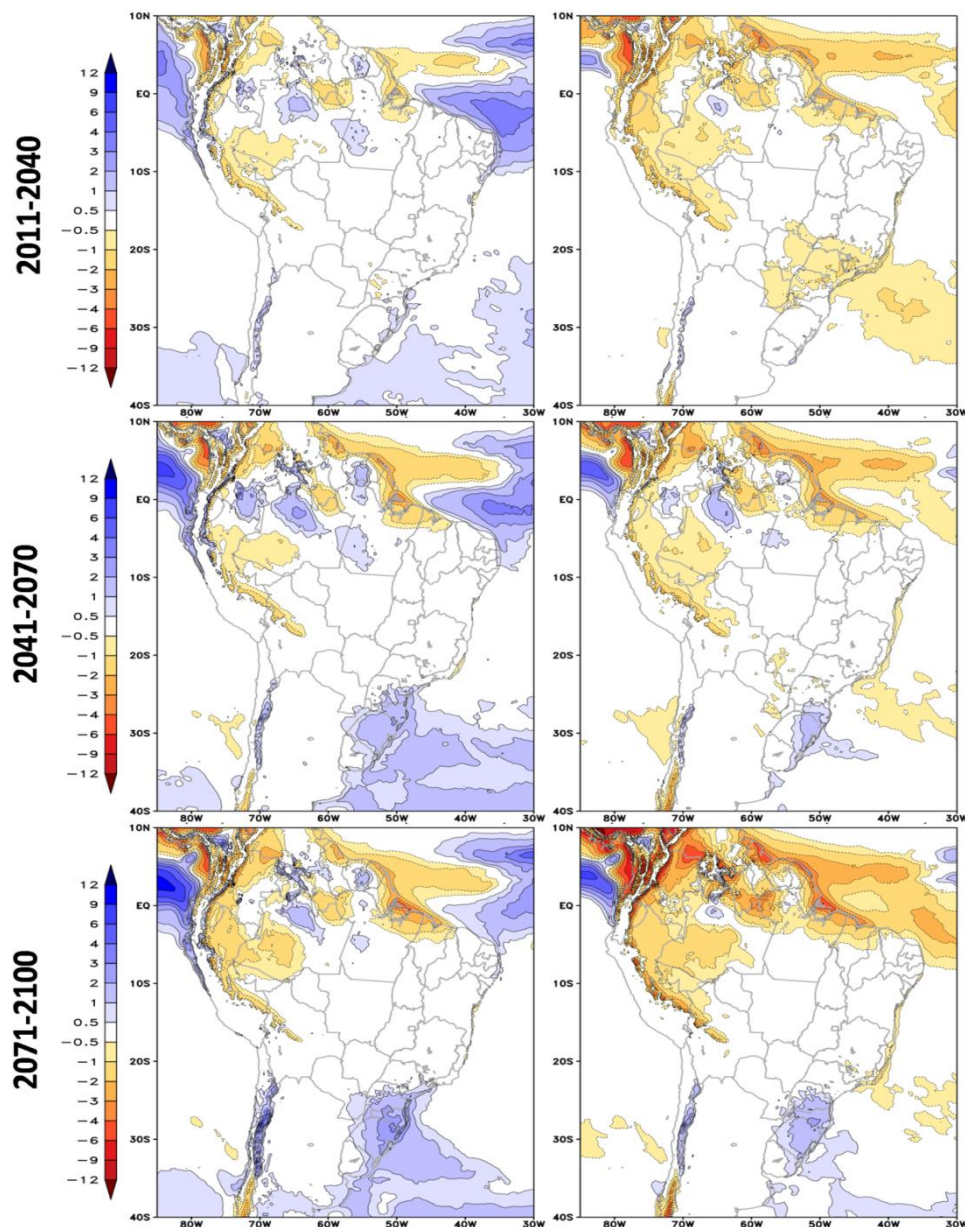
Limiar
máximo

Limiar
mínimo

Mudanças na
Precipitação

JJA

RCP4.5 e RCP8.5

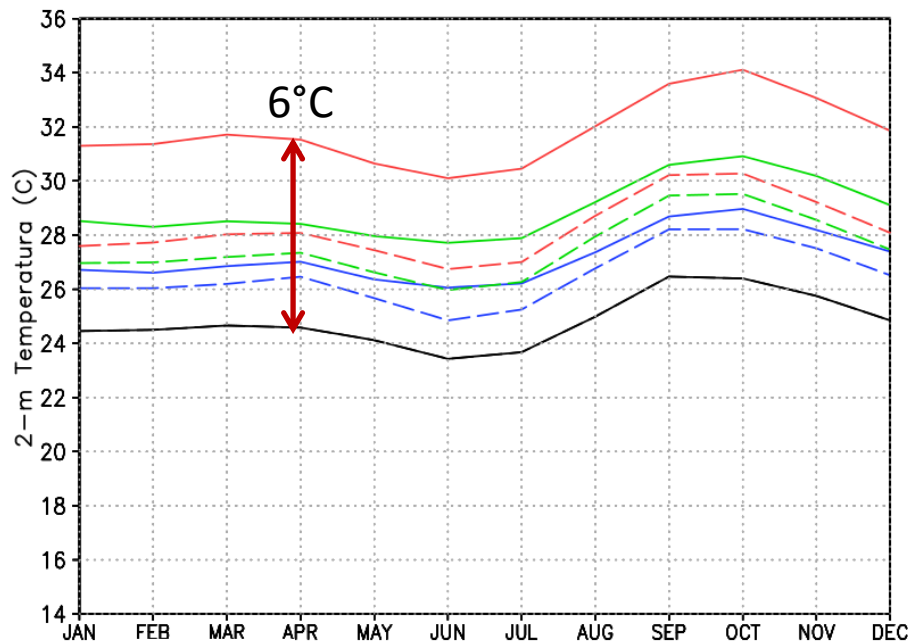


Resultados

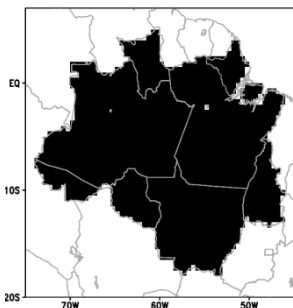
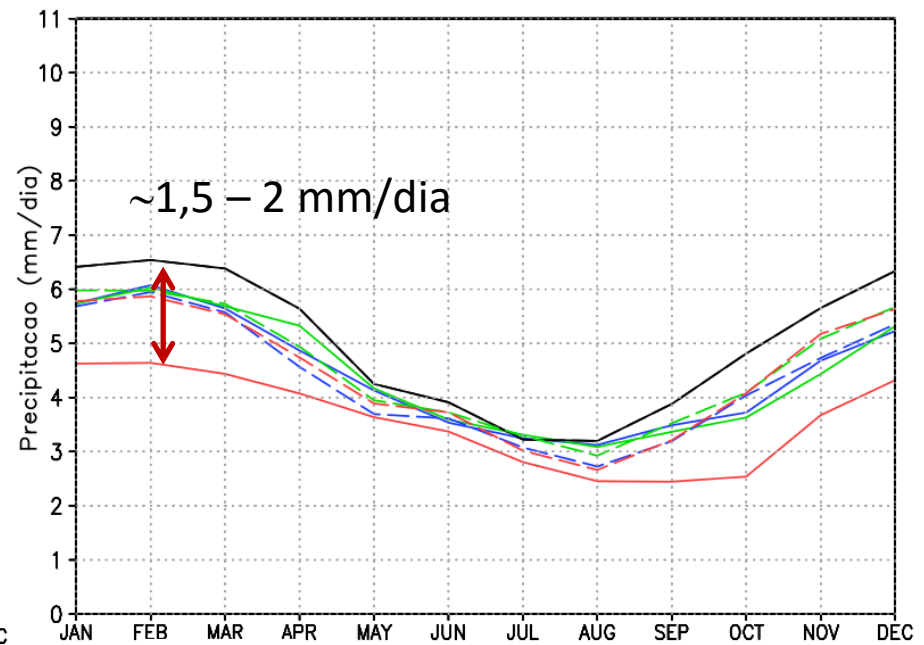
Ciclo Anual Médio

Clima presente	Clima futuro	
	RCP4.5	RCP8.5
2011-2040	--- (blue dashed)	— (blue solid)
2041-2070	--- (green dashed)	— (green solid)
2071-2100	--- (red dashed)	— (red solid)

Temperatura



Precipitação

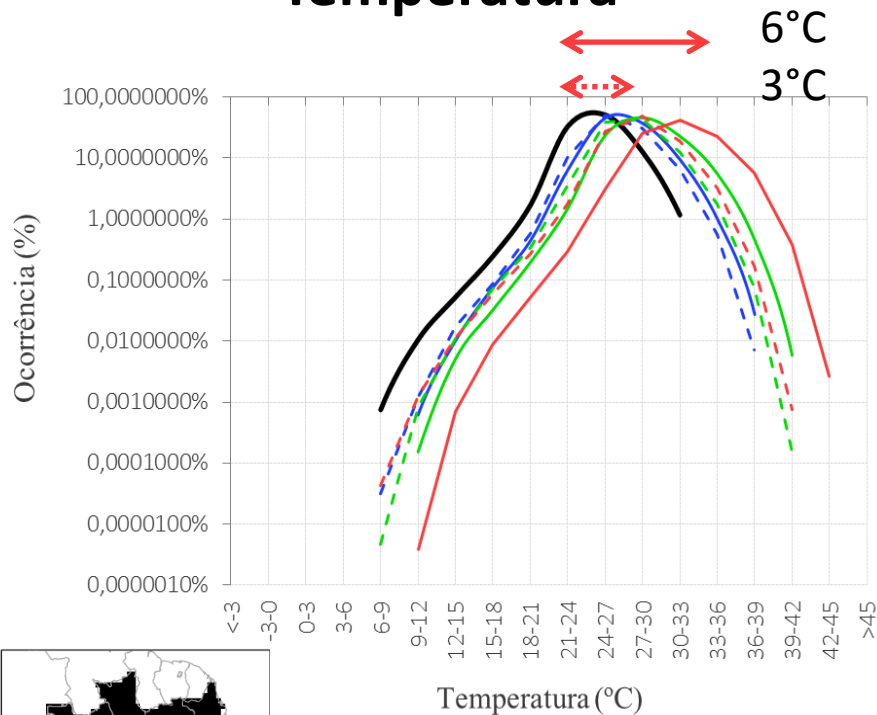


Resultados

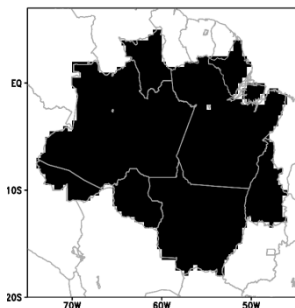
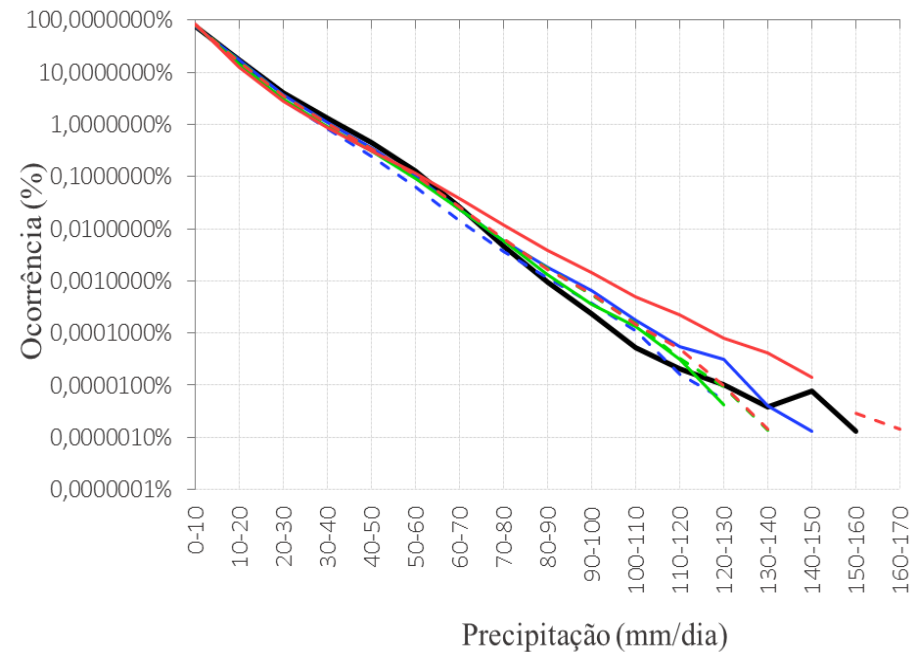
Distribuição de Frequência

Clima presente		
	RCP4.5	RCP8.5
2011-2040	— — — — —	—————
2041-2070	- - - - -	—————
2071-2100	- - - - -	—————

Temperatura



Precipitação

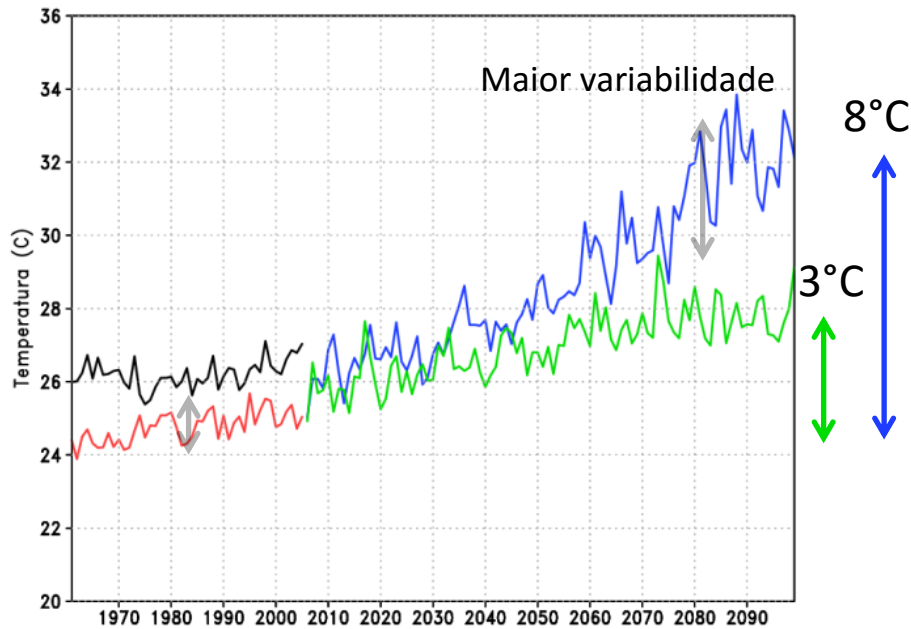


Resultados

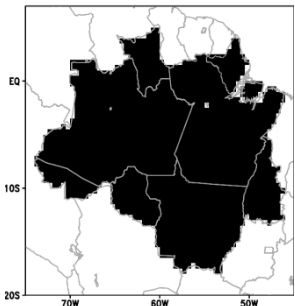
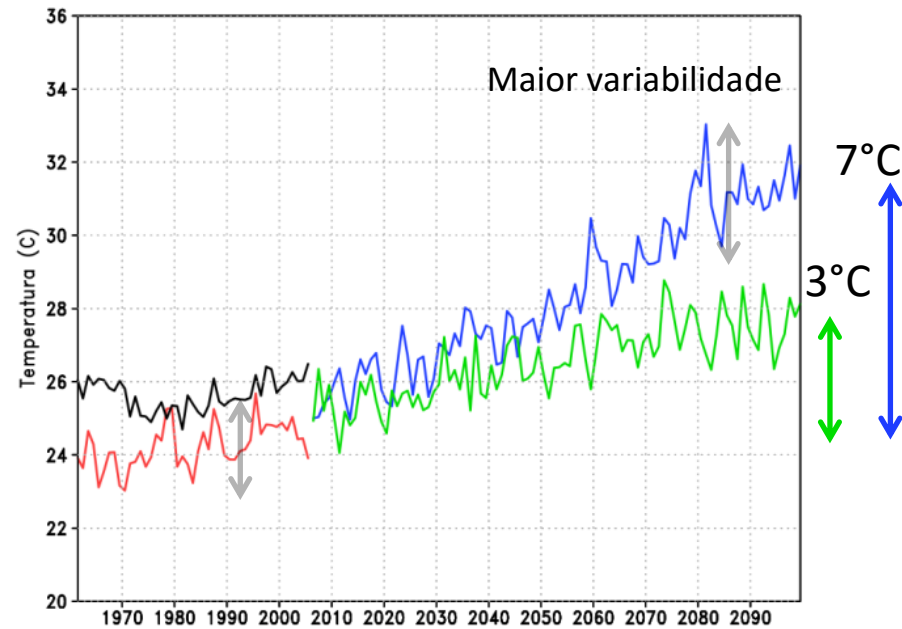
Evolução Temporal da Temperatura

Observação (CRU) —
Clima presente —
RCP4.5 —
RCP8.5 —

DJF



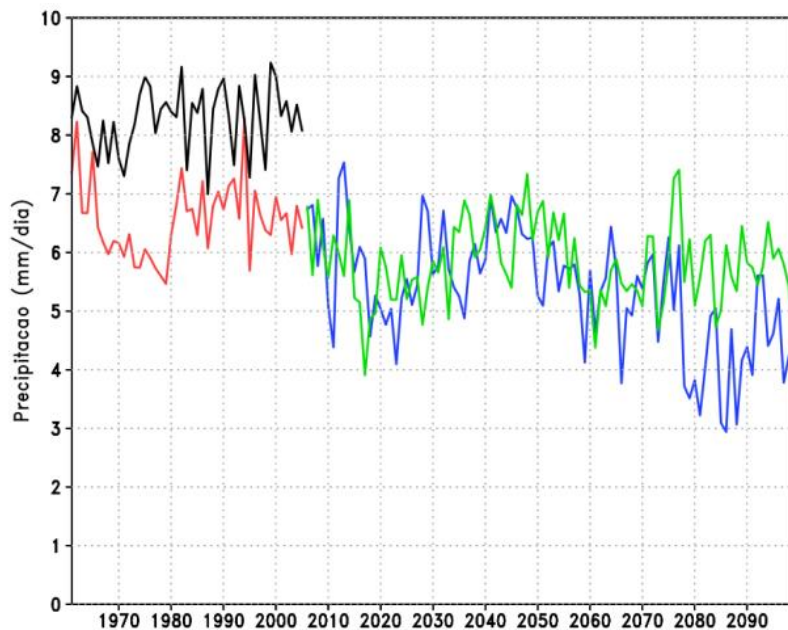
JJA



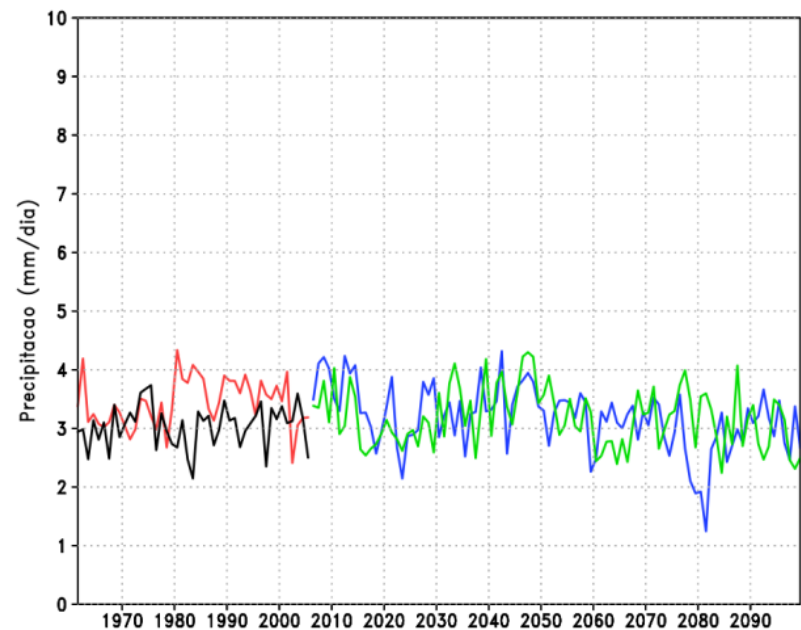
Resultados

Evolução Temporal da Precipitação

DJF

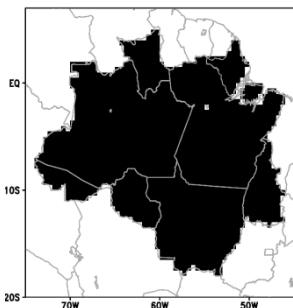


JJA



Tendência para redução da precipitação
Aumento da variabilidade interanual

Não apresenta tendência significativa
Aumento da variabilidade interanual



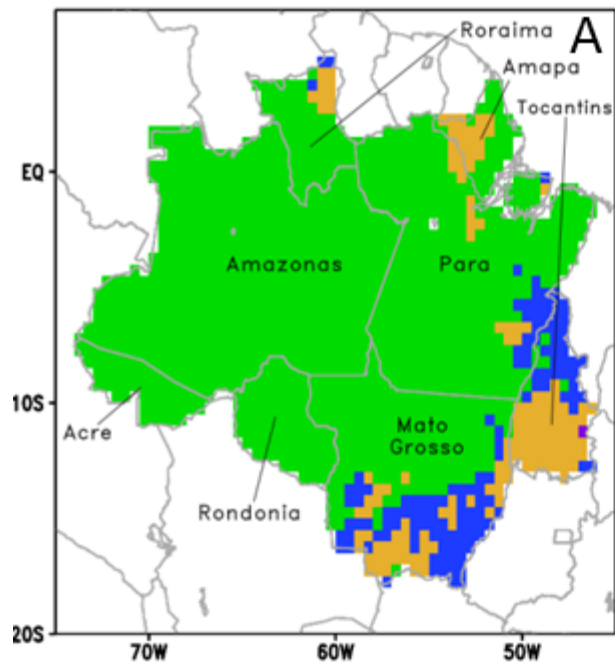
Resultados

Impactos no Bioma Amazônia

Projeções do Modelo Eta + InLand

Resultados

Cobertura de vegetação: Inicial

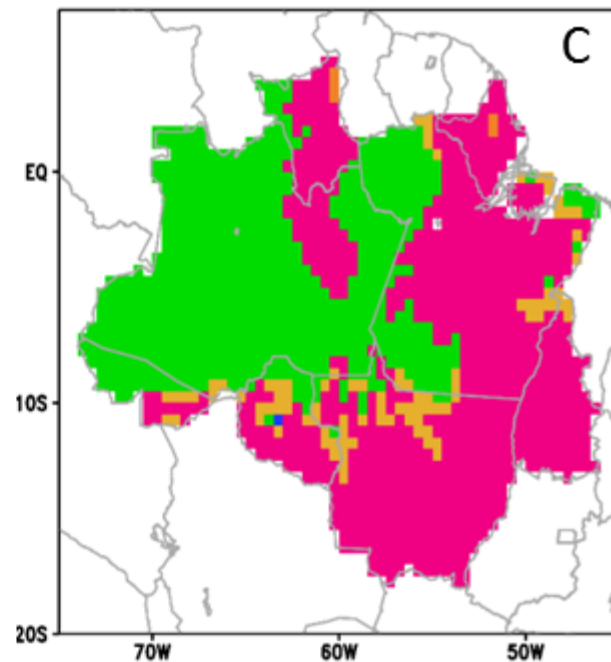
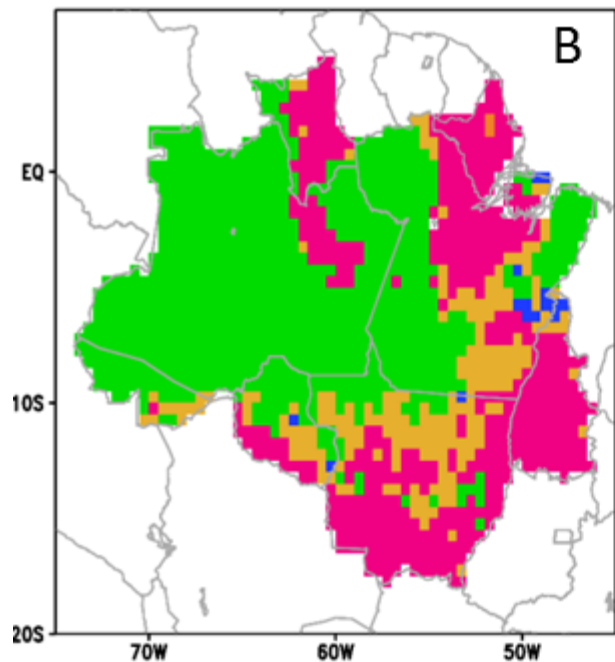


- Tropical evergreen forest
- Tropical deciduous forest
- Savanna
- Grassland
- Open Shrubland

RCP4.5

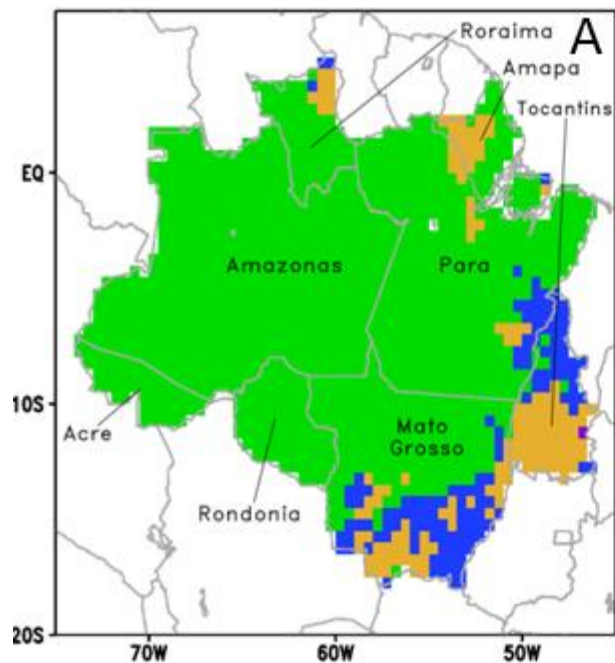
RCP8.5

Metade do século XXI Predominante (2055-2065)



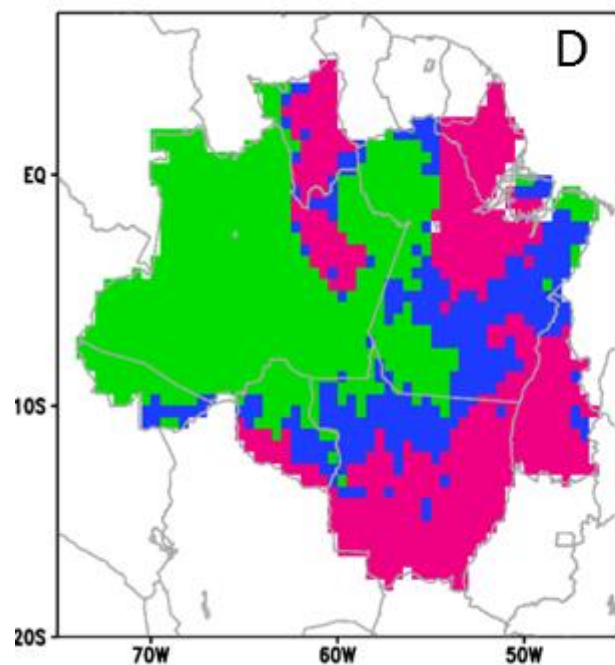
Resultados

Cobertura de vegetação: Inicial

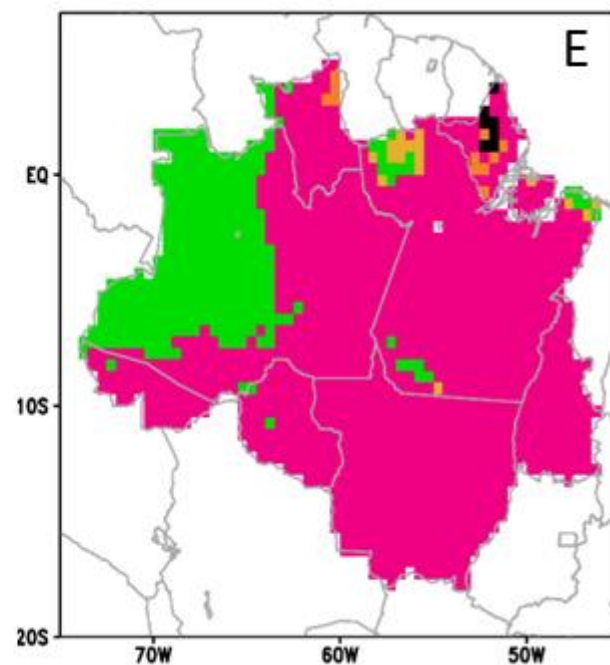


- Tropical evergreen forest
- Tropical deciduous forest
- Savanna
- Grassland
- Open Shrubland

RCP4.5



RCP8.5

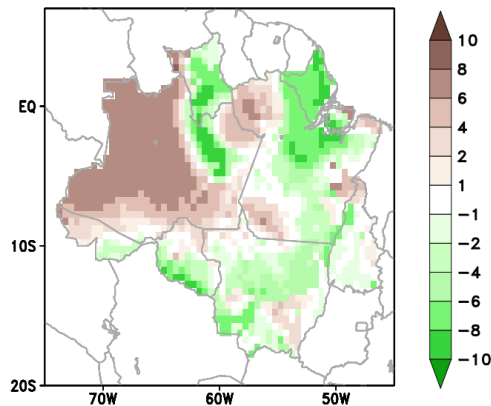


Final do século XXI
Predominante (2085-2095)

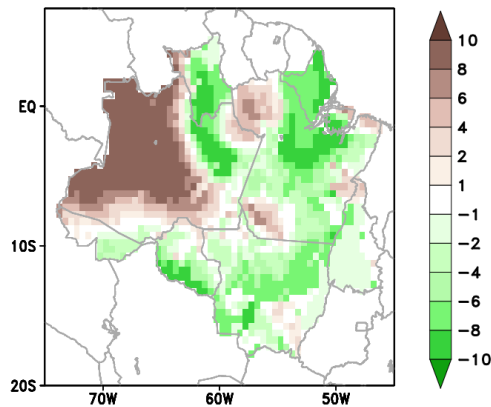
Resultados

RCP4.5

Dif.
Metade
Século
(2055-2065)

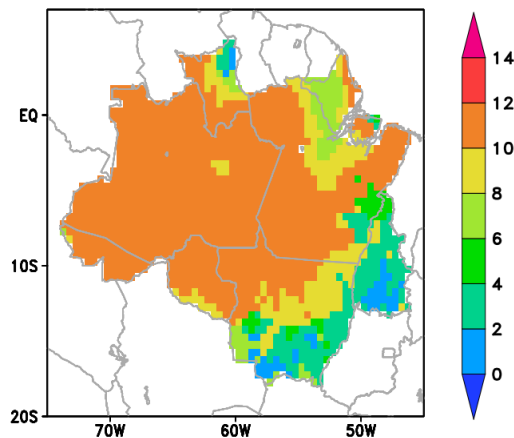


Dif.
Final
Século
(2085-2095)



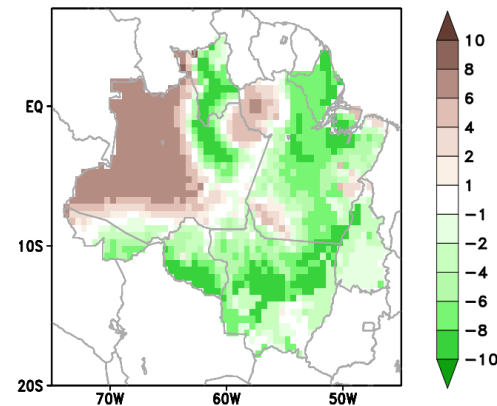
Biomassa

Média
1961-1970

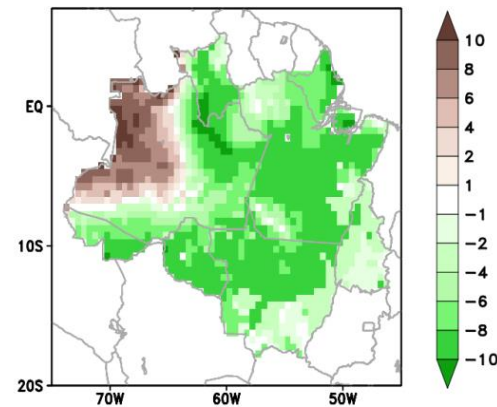


RCP8.5

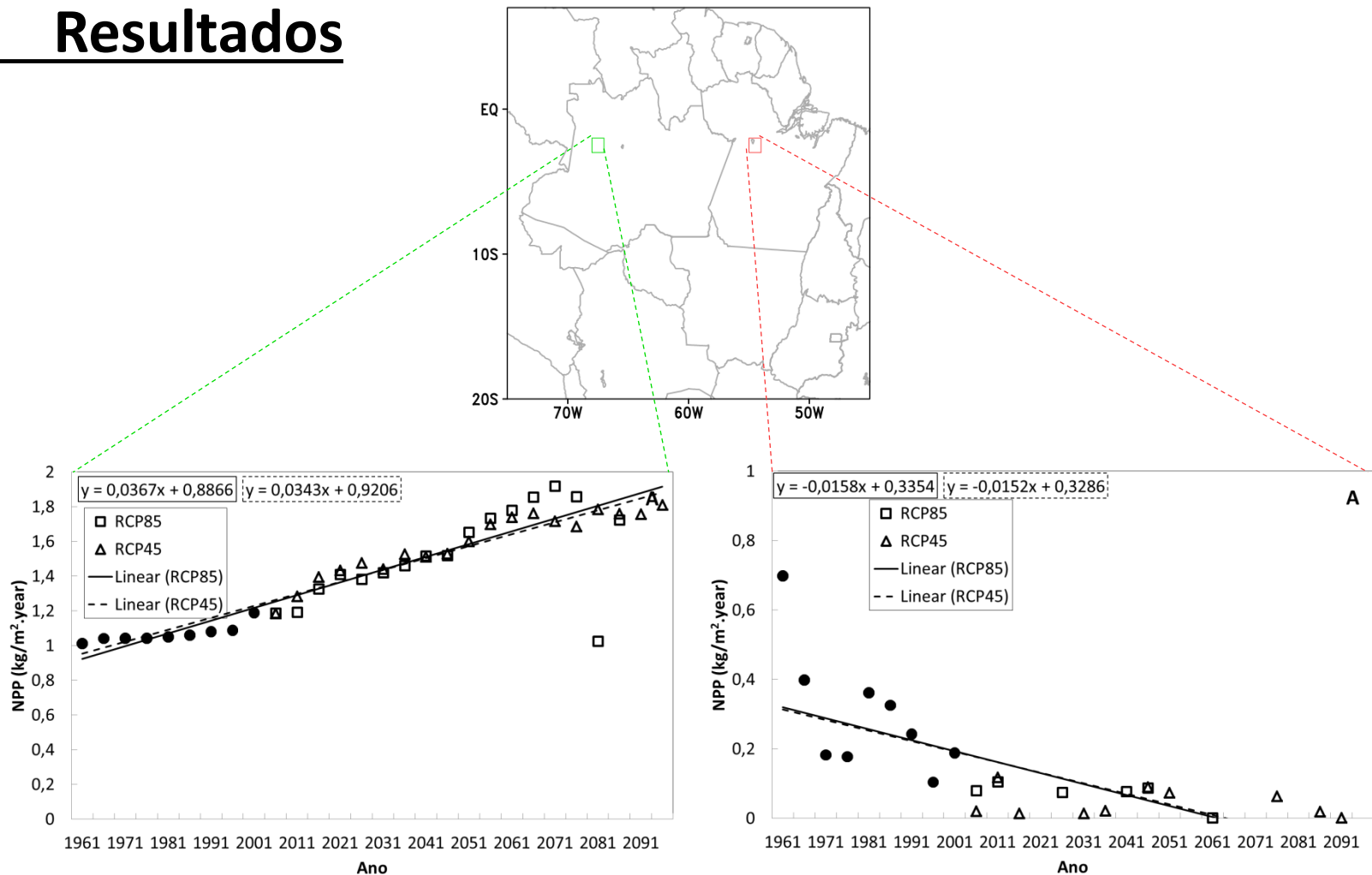
Dif.
Metade
Século



Dif.
Final
Século



Resultados



NPP: PFT (Floresta Tropical)

Média a cada 5 anos

Conclusões

A aplicação do modelo InLand para integração de longo prazo e para o estudo das retroalimentações biosfera-atmosfera foi realizada de forma adequada.

Com a utilização do framework que engloba os modelos Eta-HadGEM2-ES e InLand foi possível identificar prováveis alterações no bioma Amazônia devido às mudanças no clima.

Os resultados apresentados aqui concordam com outros estudos, mas deve ficar claro que as respostas do bioma é dependente do modelo utilizado e que nesse caso se referem ao sistema Inland-Eta-HadGEM2-ES.

Conclusões

As simulações mostram que a mudança climática pode criar condições ambientais nunca antes experimentadas pelo bioma Amazônia.

A redução bioma Amazônia pode levar a um feedback positivo do aumento da temperatura e afetar ainda mais o ciclo hidrológico regional.

Obrigado !