



INSTITUTO NACIONAL  
DE PESQUISAS ESPACIAIS

# Mudanças Climáticas Globais

**Carlos Nobre**

**Centro de Ciência do Sistema Terrestre  
Instituto Nacional Pesquisas Espaciais - INPE**

Lançamento do

**“Programa FAPESP de Pesquisa em  
Mudanças Climáticas Globais – PFPMCG”**

São Paulo, 28 de agosto de 2008

# O PROBLEMA ...

O Aquecimento é

**inequívoco!**

Aumento das  
temperaturas  
atmosféricas

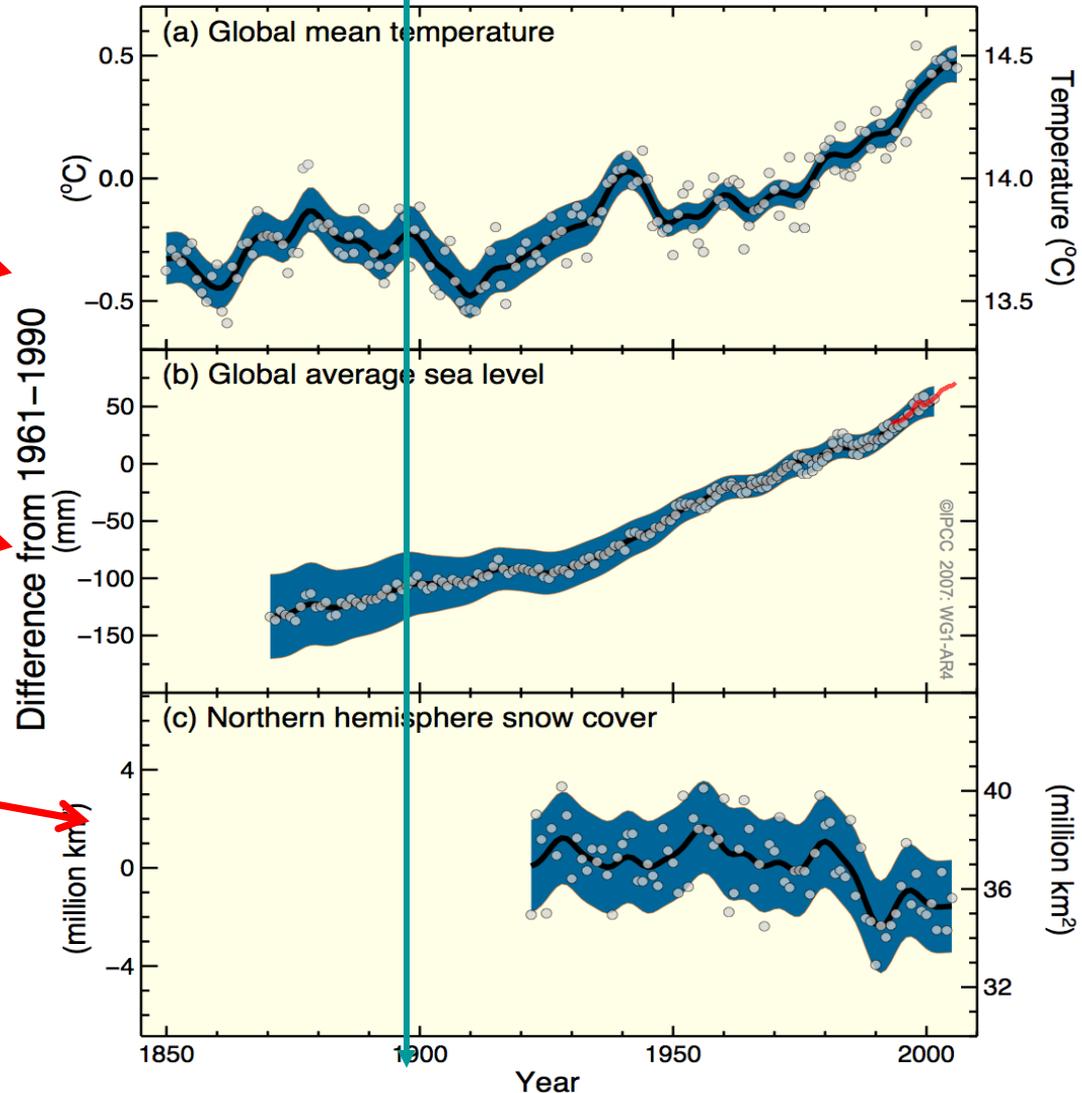
Aumento do  
nível do mar

Reduções da  
neve no HN

e os oceanos...

e a alta  
atmosfera

Changes in Temperature , Sea Level  
and Northern Hemisphere Snow Cover

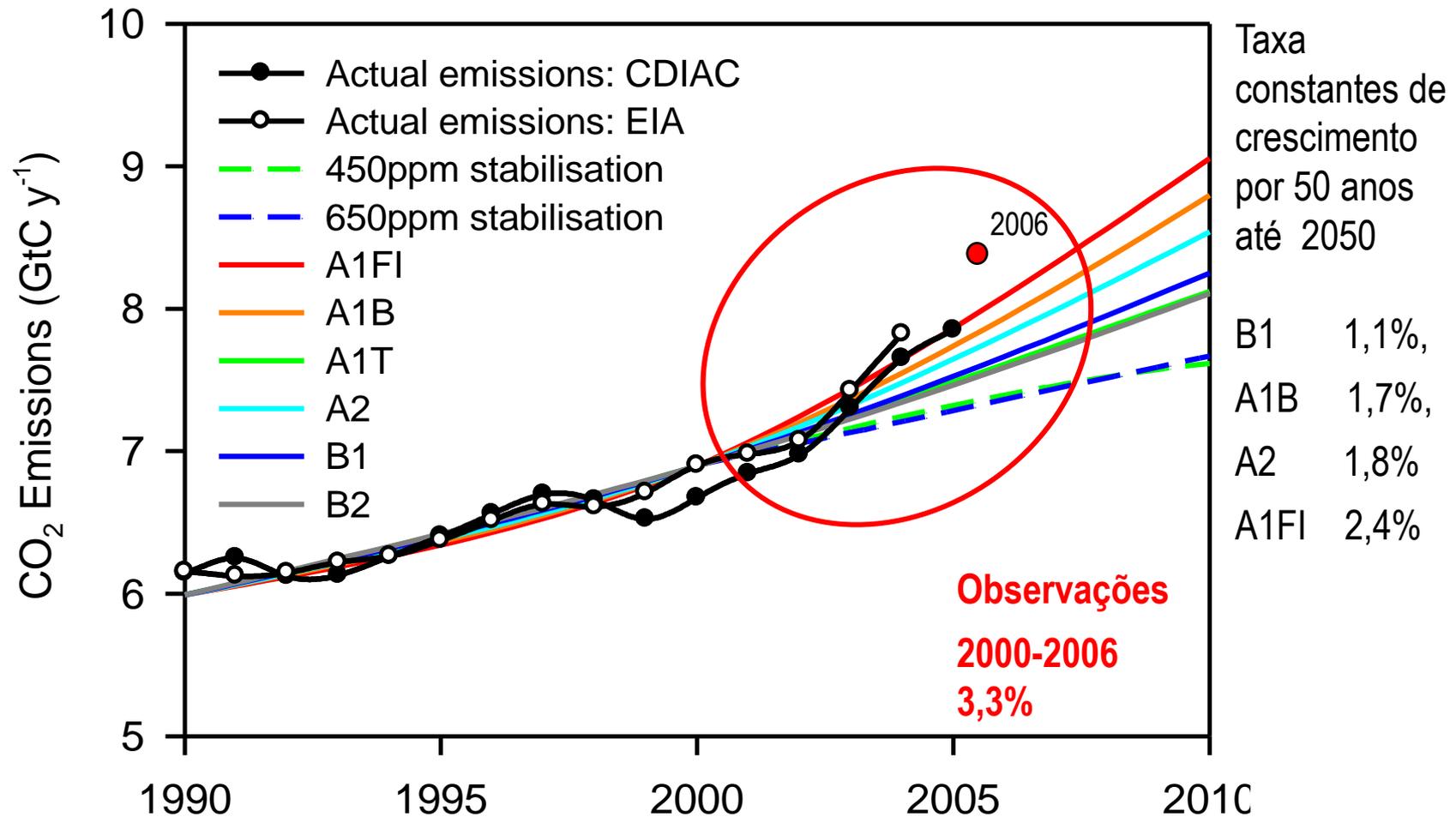


Difference from 1961–1990

1896: Arrhenius liga causa a efeito!

# ... DE DIFÍCIL SOLUÇÃO..

Emissões estão além do cenário de mais altas emissões!



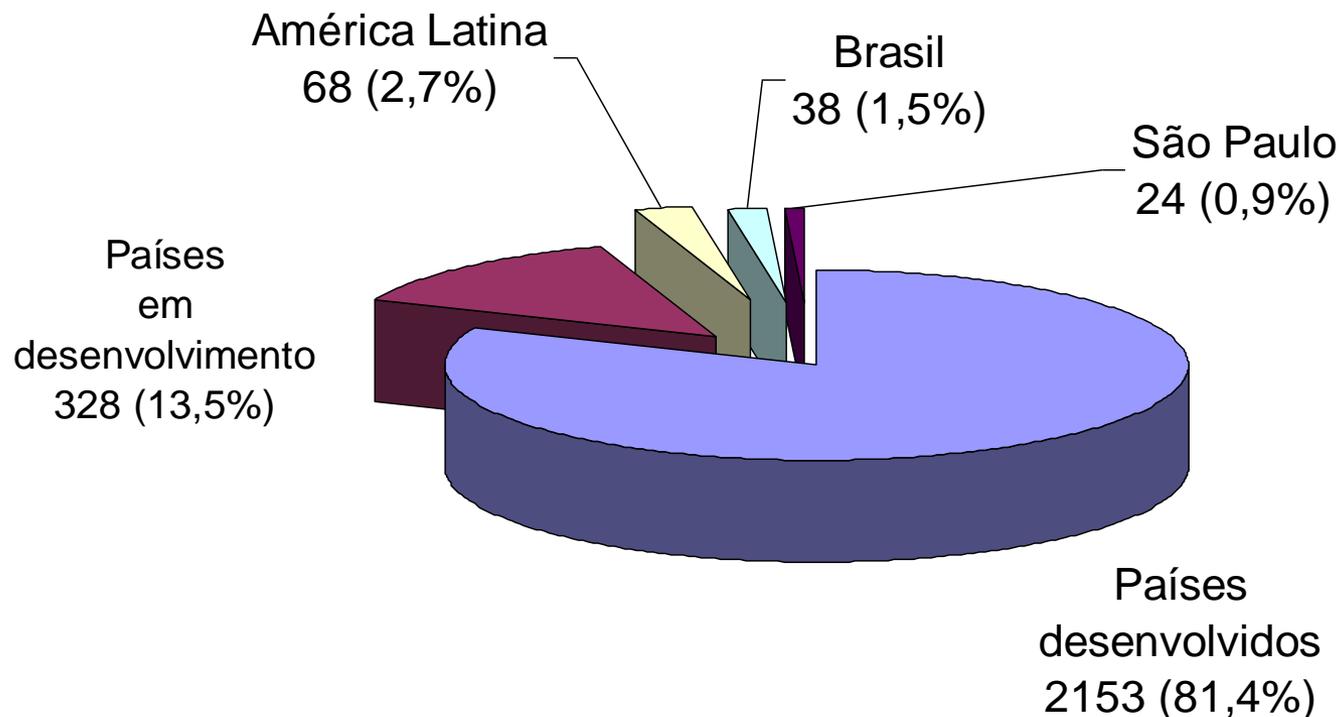
Trajetória das Emissões Globais de Combustíveis Fósseis

# Conteúdo

- Contribuições das instituições paulistas ao conhecimento sobre mudanças climáticas
- Desafios do Programa FAPESP de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais
- Para onde caminha a ciência das mudanças climáticas globais
- O apoio do INPE ao PFPMCG

# Contribuições das instituições paulistas ao conhecimento sobre mudanças climáticas

Número de publicações por Abrangência Geográfica - 2002 - 2007



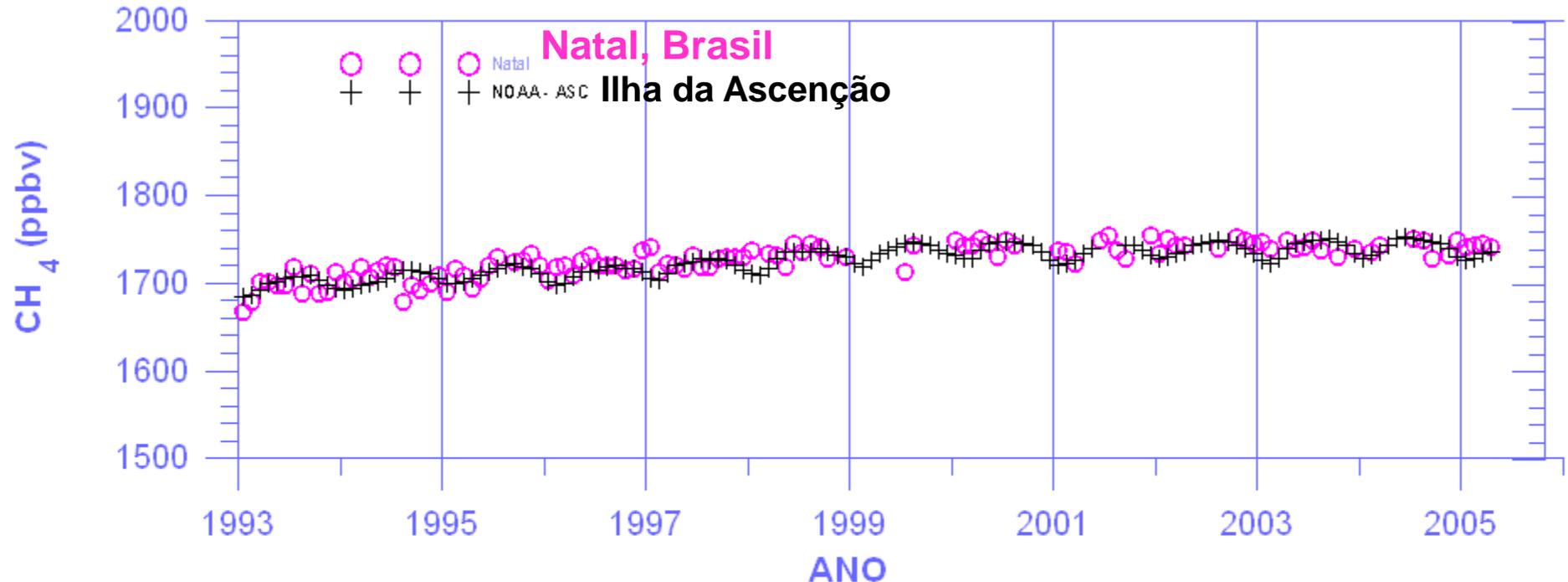
Seleção de artigos contendo as palavras-chave “climate change”, a partir de 20 periódicos de veiculação internacional ampla (e. g., Science, Nature, PNAS, etc.), durante os últimos 5 anos (2002-2007).

**Média da contribuição brasileira é de 2% (todas as áreas)**

# Monitoramento de Gases de Efeito Estufa

Razão de mistura de metano obtidas em Natal/RN e NOAA - I. Ascensão

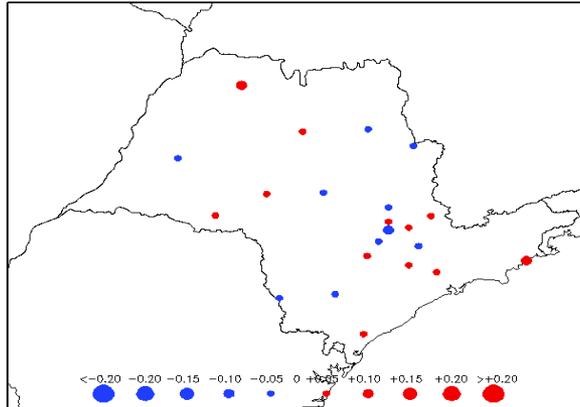
**METANO**



# TENDÊNCIA ANUAL DAS Tmax E Tmin (1950-2000)

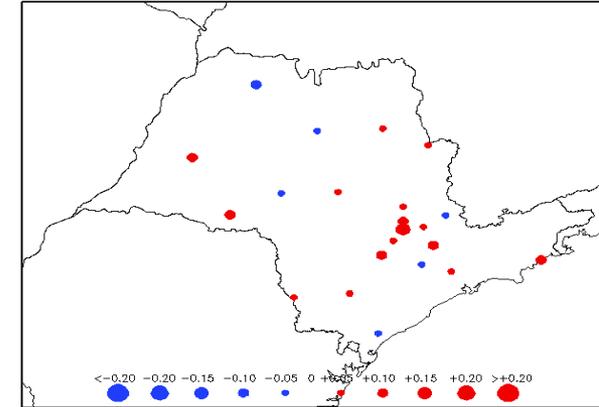
## Temperatura máxima

Tendencia Anual da Temperatura Maxima



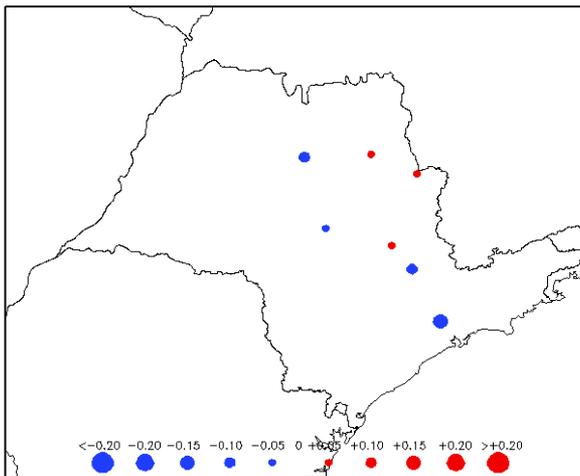
## Temperatura mínima

Tendencia Anual da Temperatura Minima



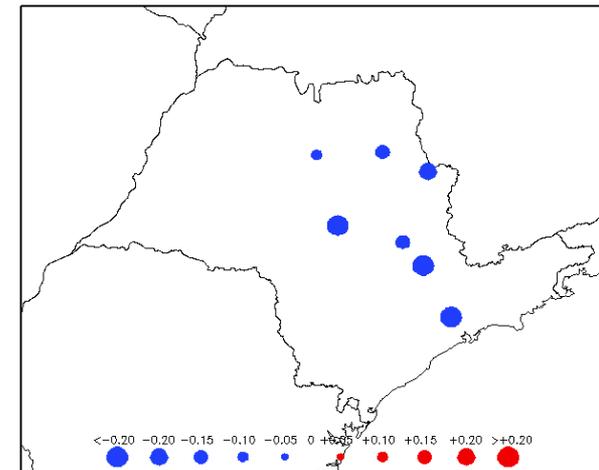
## Dias frios

Tendencia Anual do TX10P



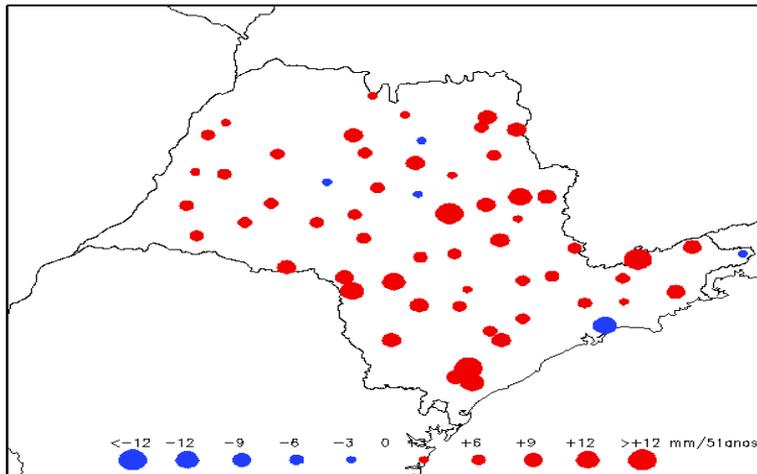
## Noites frias

Tendencia Anual do TN10P



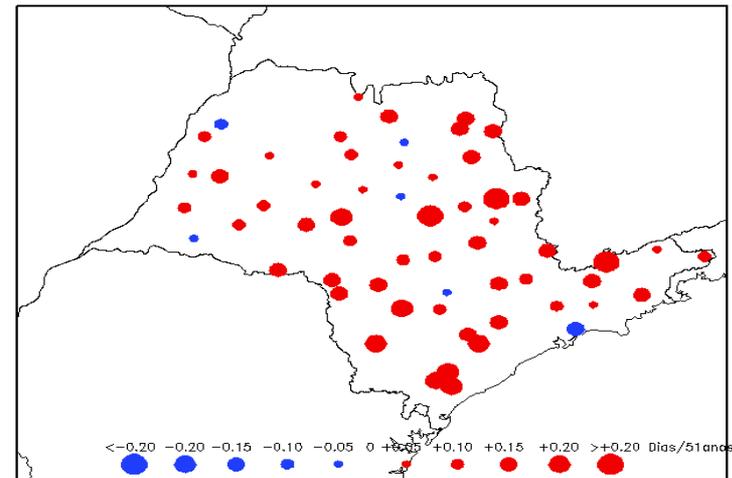
# TENDÊNCIA ANUAL E DE EVENTOS EXTREMOS DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO 1950-2000

Tendência Anual do PRCPTOT: 1950 a 2000



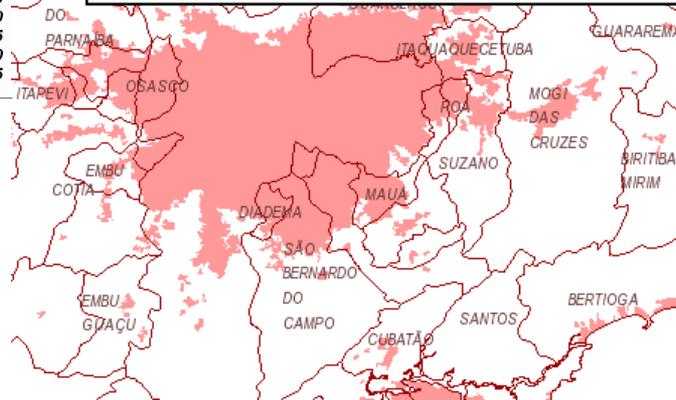
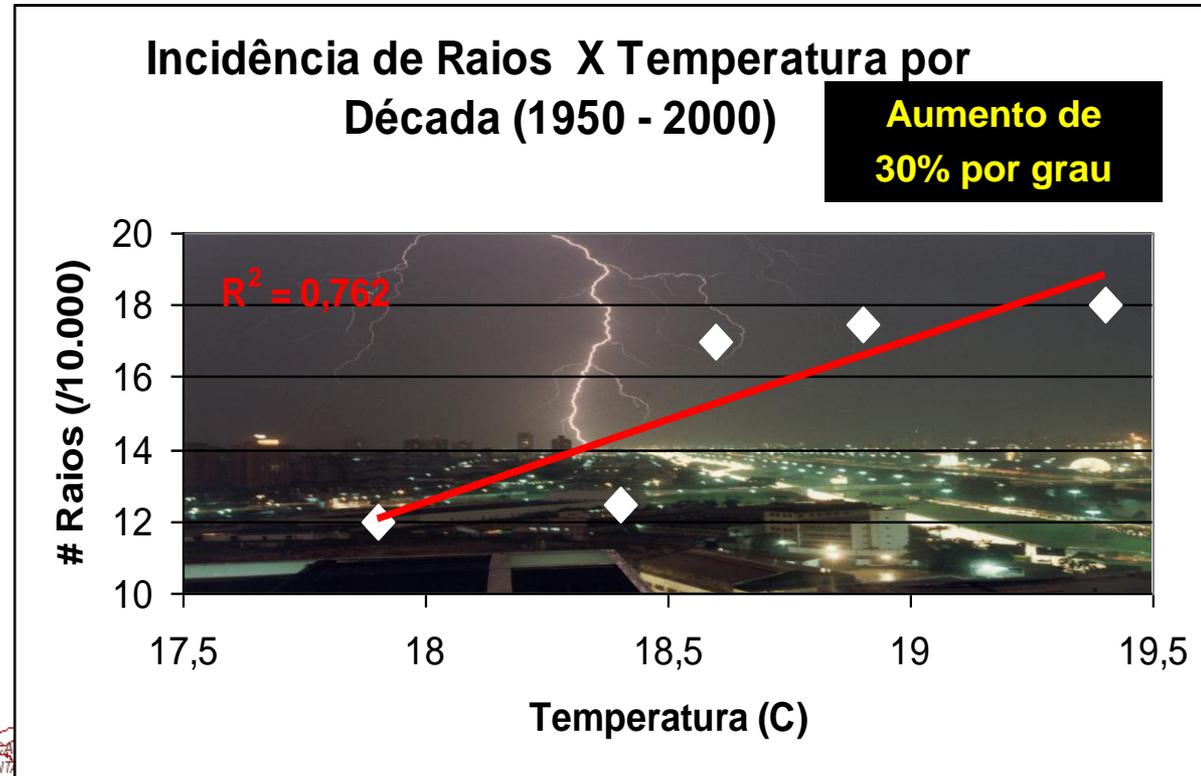
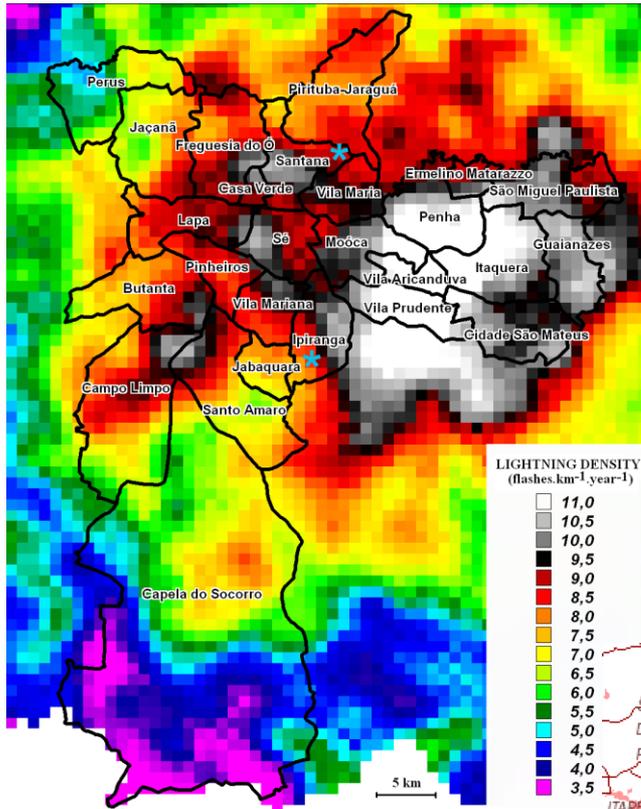
Tendência Annual da  
Precipitação Total

Tendência Anual do R20mm: 1950 a 2000



Tendência de Eventos com  
 $P > 20$  mm/dia

# Resposta dos Raios a Mudanças Climáticas em escala Urbana: cidade de São Paulo



# Interação de queimadas com o ciclo hidrológico na Amazônia



**Pyrocumulus Clouds**



**“Green Ocean Clouds”**



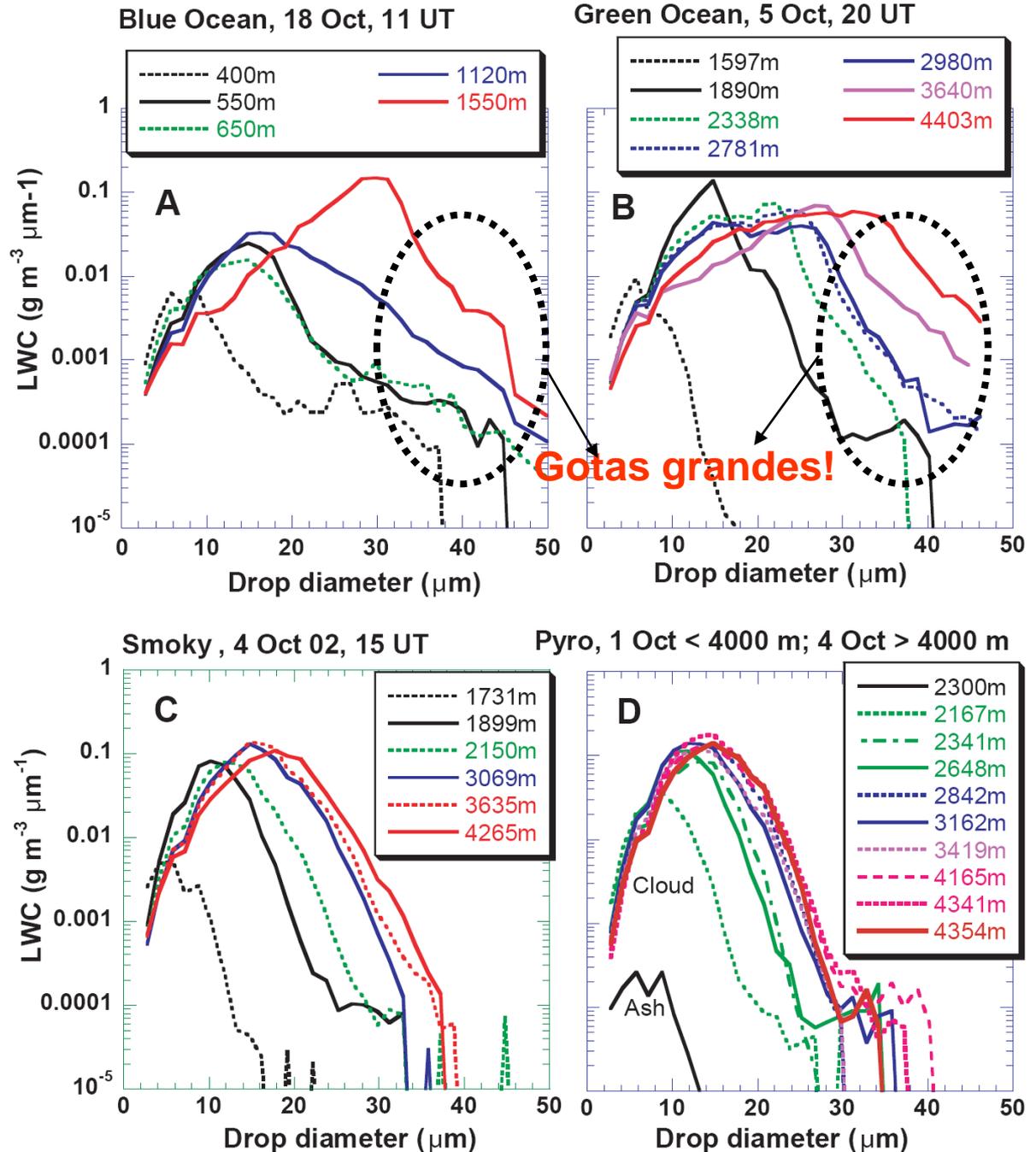


# A adição de núcleos de Condensação de queimadas tem impactos profundos na microfísica de núvens

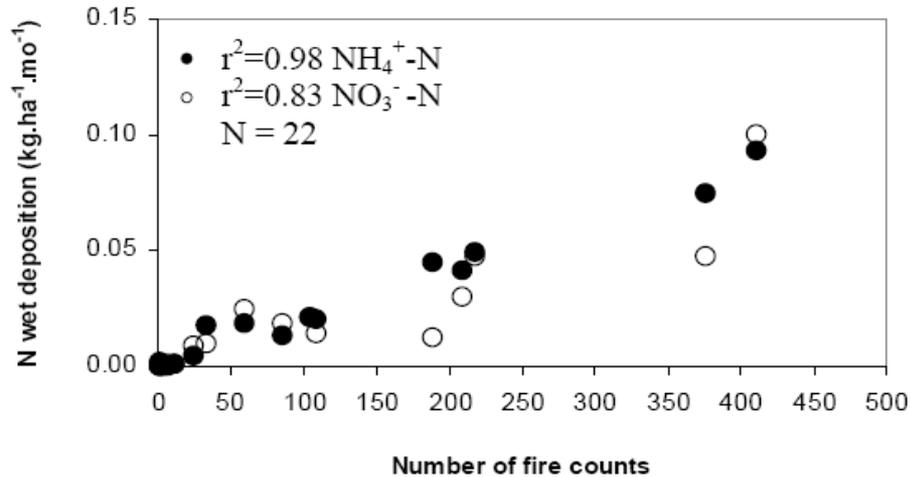
Four aerosol regimes of:  
 (A) *Blue Ocean*, (B) *Green Ocean*,  
 (C) *Smoky clouds*, (D) *Pyro-clouds*

Note that the narrowing of CSD and the slowing of its rate of broadening with height for the progressively more aerosol rich regimes from A to D.

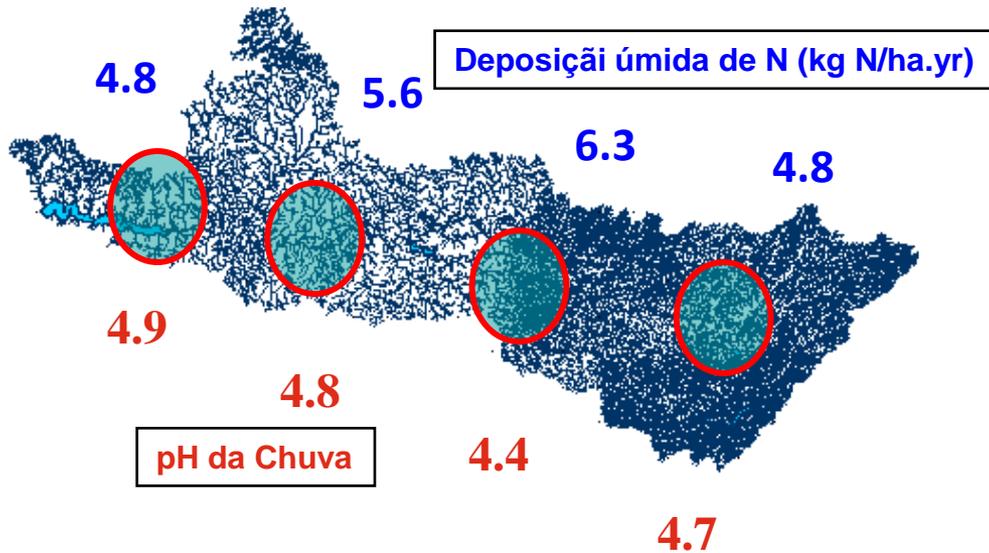
Andreae et al., 2005



# Uso da terra, queimadas e alterações biogeoquímicas



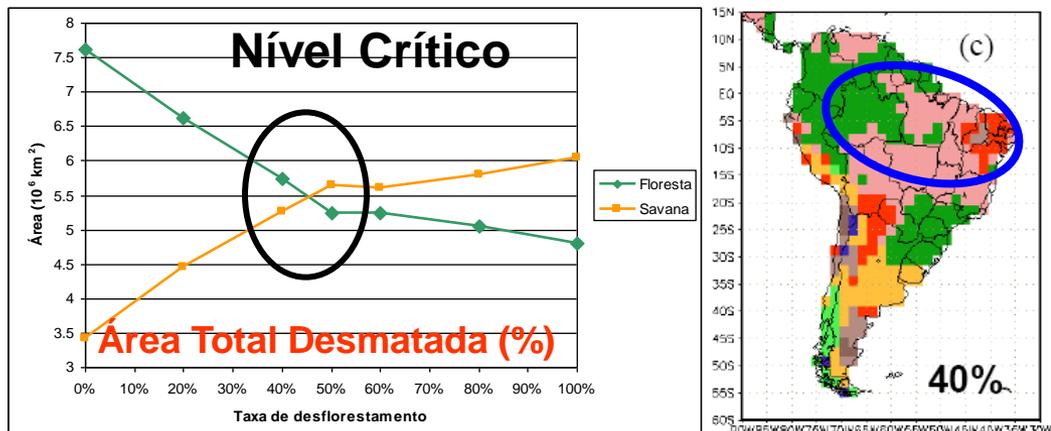
Relação entre número de focos de queimadas e deposição de nitrogênio e alteração no pH da chuva relacionada a cobertura do solo e a presença de cana-de-açúcar



# Resultados de três estudos de modelagem para a Amazônia:

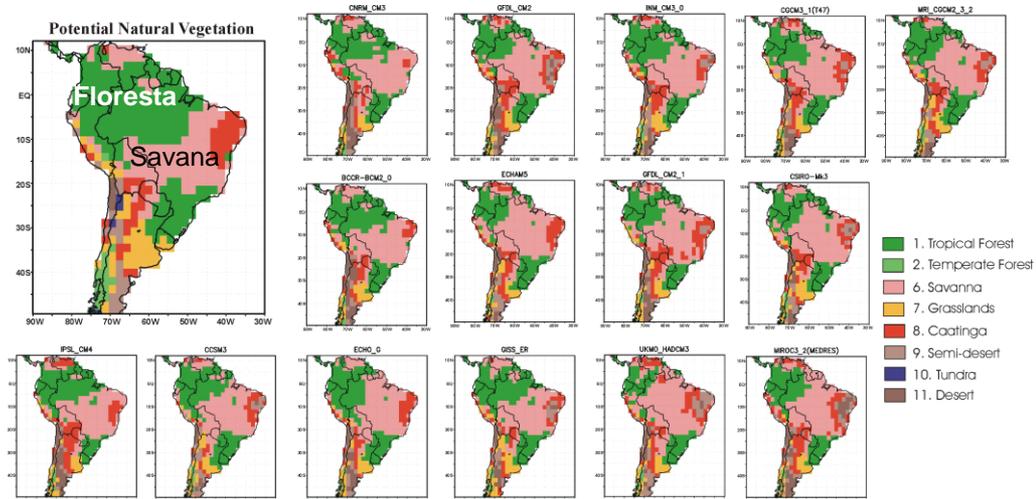
1) Biomas potenciais em equilíbrio após 40% de desflorestamento. Savanização da Amazônia e semi-deserto no Nordeste.

Fonte: Sampaio, 2008.



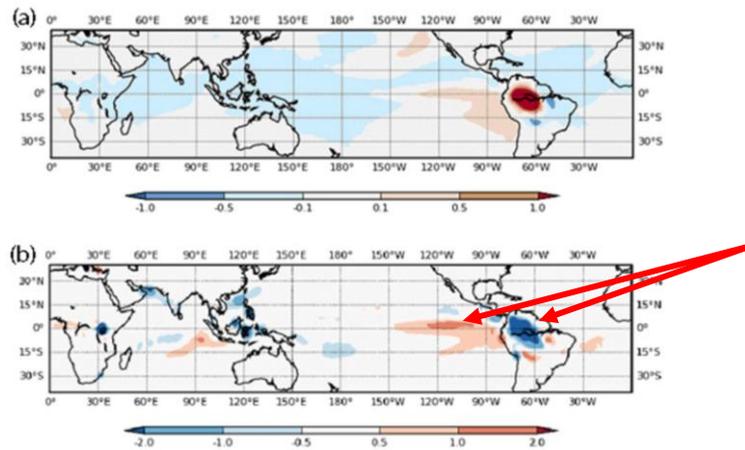
2) Biomas potenciais em equilíbrio para o cenário A2 de GEE – período: 2090-2099. Savanização da Amazônia e semi-deserto no Nordeste para aumento de temperatura > 4 C.

Fonte: Salazar et al., 2007.

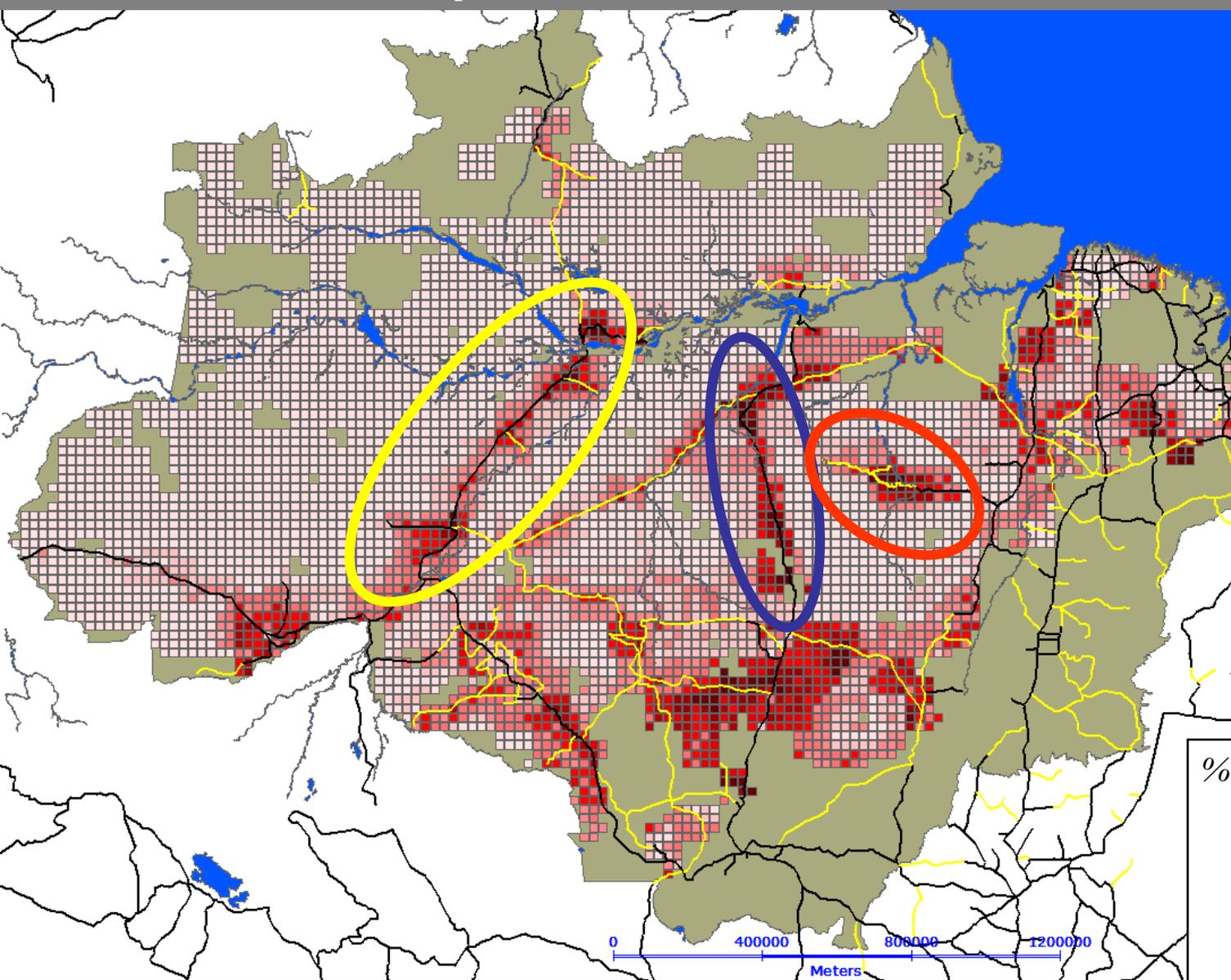


3) O desflorestamento da Amazônia, aumenta a temperatura e diminui a precipitação na região. Há amplificação do fenômeno El Niño-Oscilação Sul.

Fonte: Nobre P. et al., 2008.



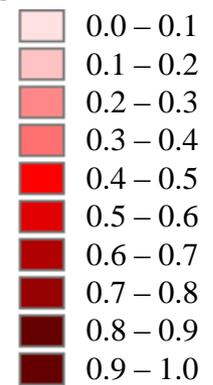
# Baseline Scenario A – Hot spots of deforestation from 1997 a 2020



*New frontiers in Central Amazonia:*

- São Felix/Iriri (Terra do Meio)
- BR 163 (Cuiabá-Santarém)
- South of Amazonas BR 319 (Porto Velho-Manaus)

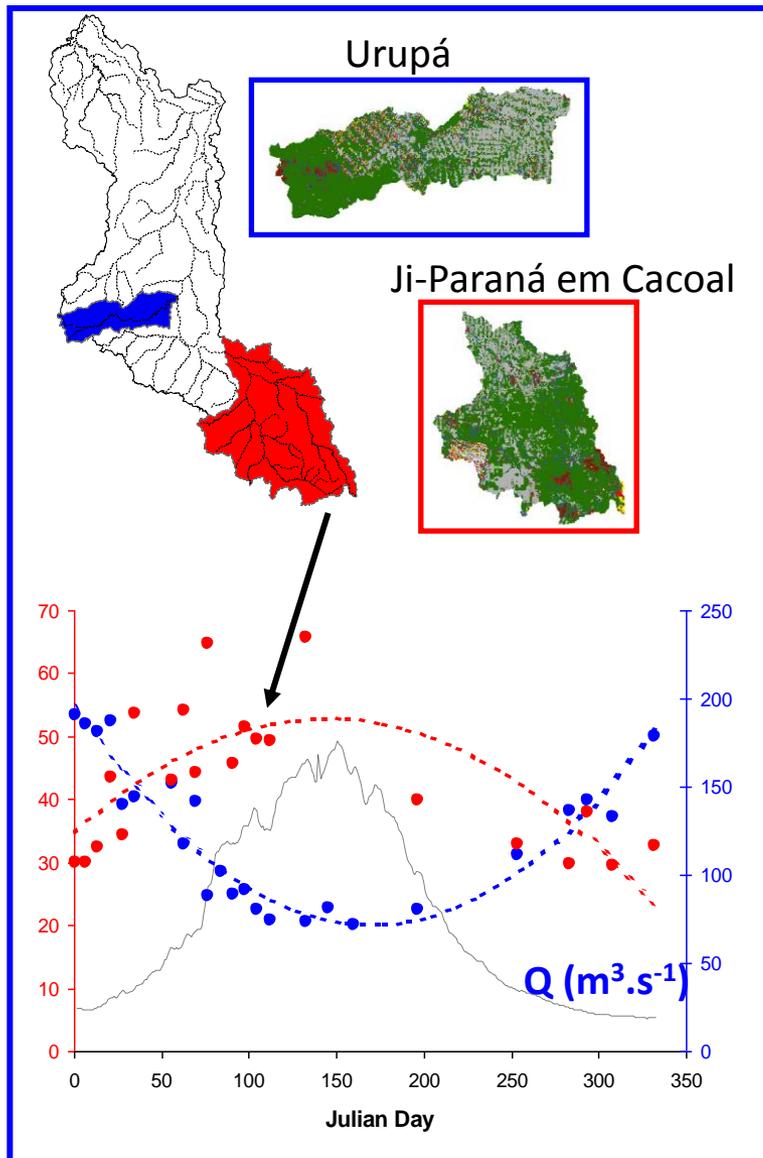
*% change 1997 a 2020:*



- Paved roads in 2010
- Unpaved roads
- Main rivers

**Modelagem da Dinâmica de Usos da Terra**

# Química da água e a bacia de drenagem: solo ou uso da terra. Qual o fator mais determinante?

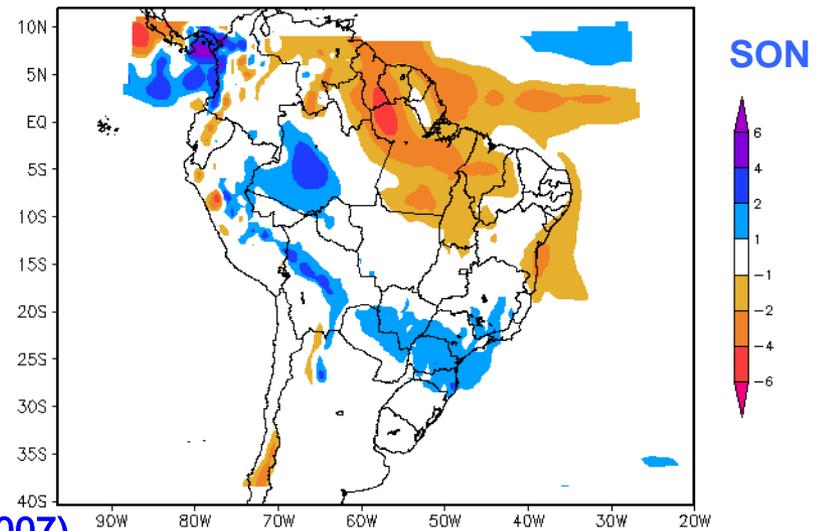
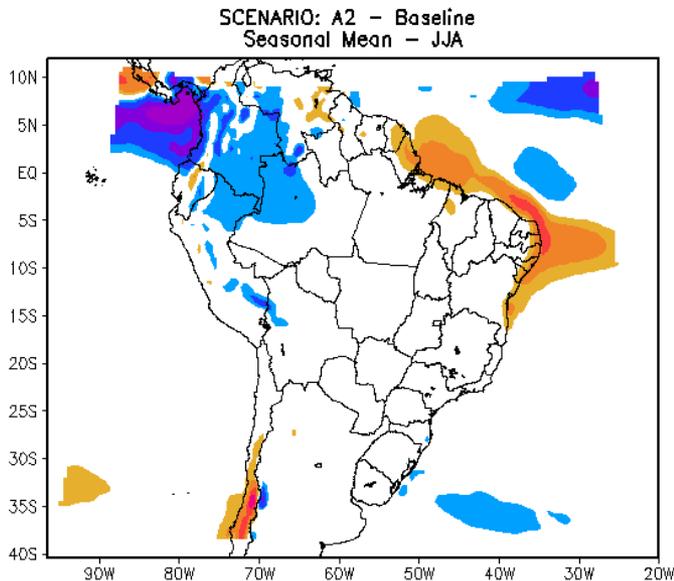
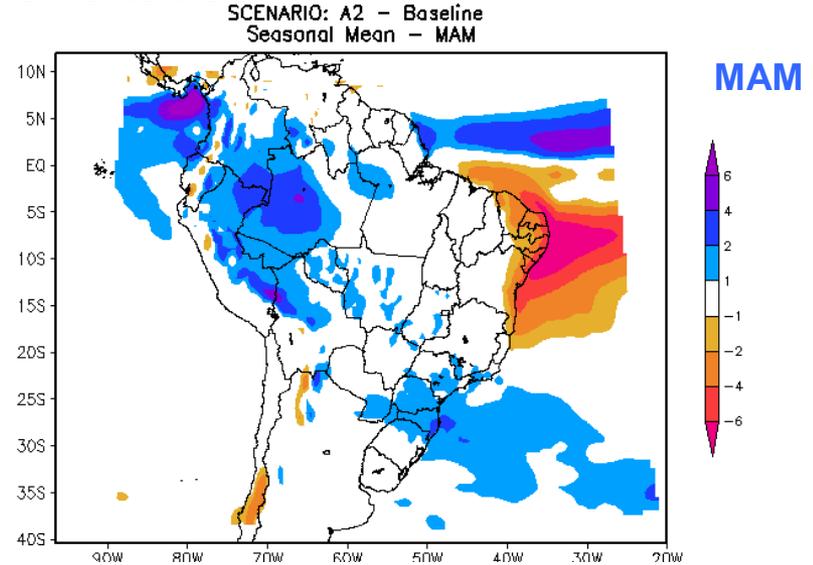
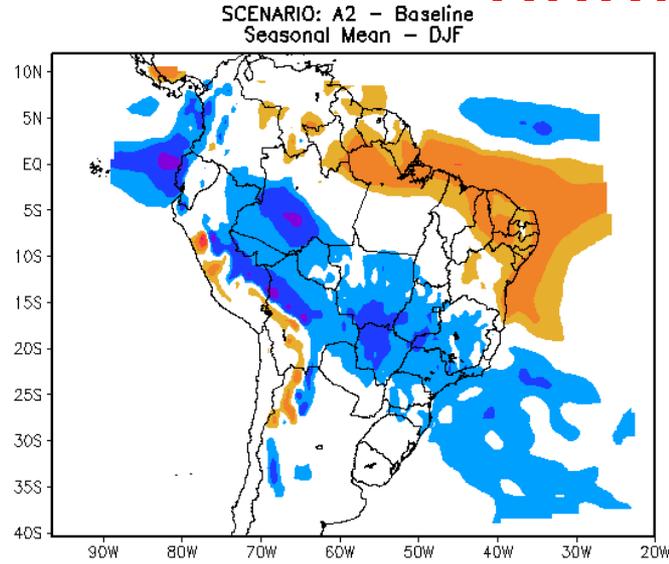


Na bacia do Rio Ji-Paraná a presença de pastagens correlacionou diretamente com o conteúdo de nutriente nos rios. A correlação entre concentração de nutriente na água e vazão depende da cobertura da terra

Ballester, M.V.; Victoria, RL e colaboradores (CENA/USP)

# Média sazonal A2 DJF – anomalias de precipitação (mm/dia) – [(2071-2099) - (1961-2000)]

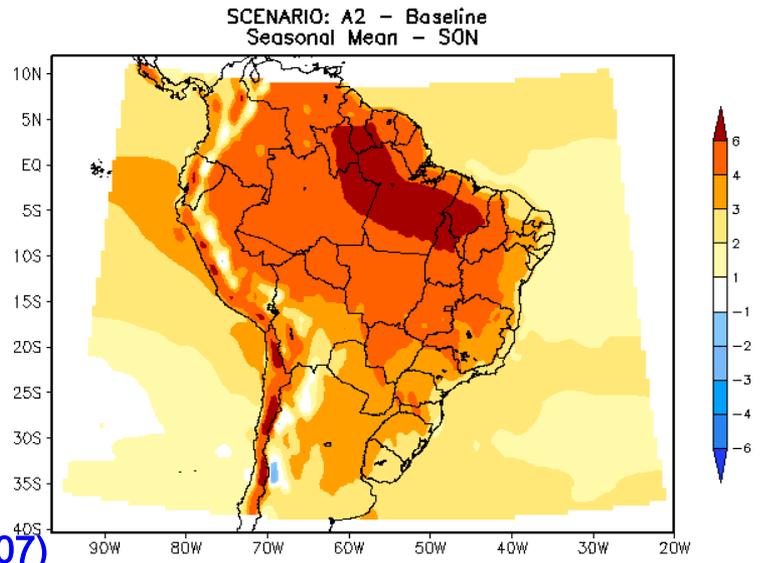
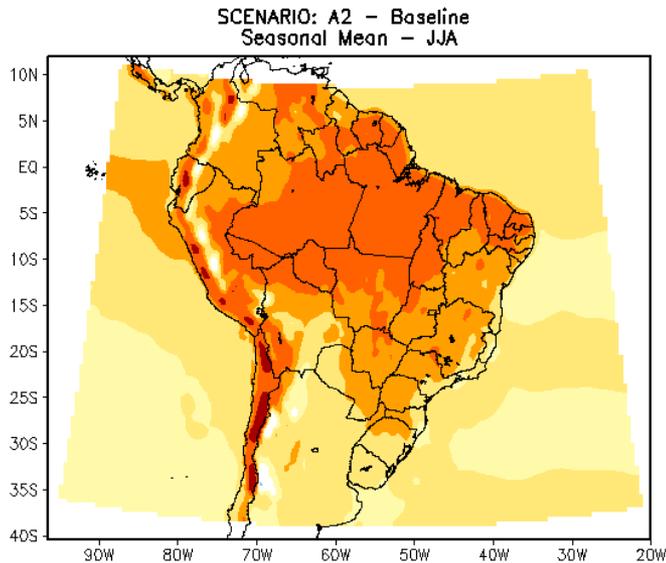
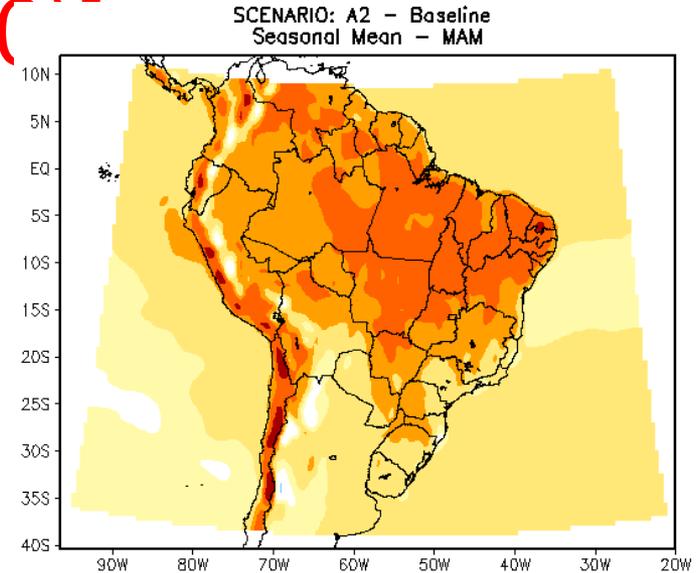
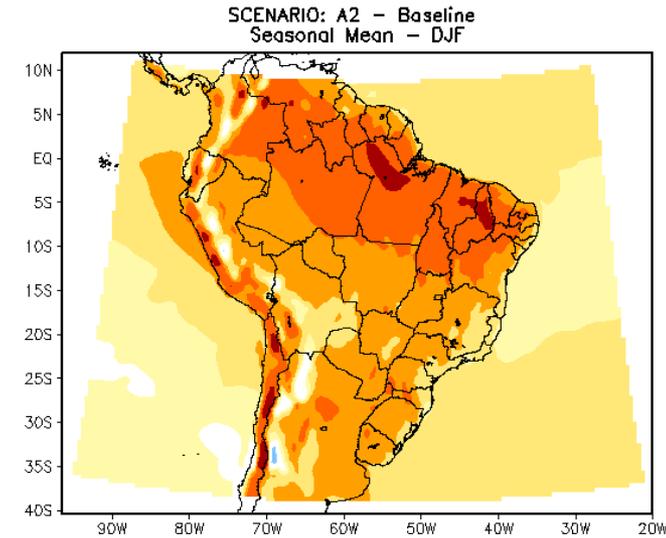
HadRM3P



(Ambrizzi et al 2007)

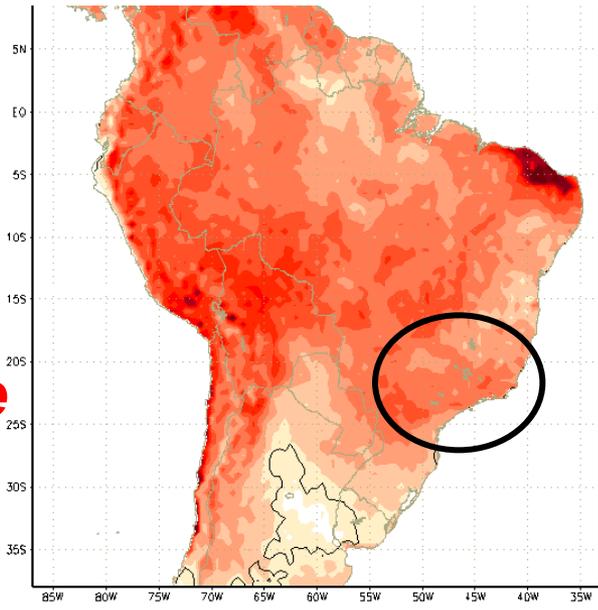
# Média sazonal DJF A2 – anomalias de temperatura (oC) – [(2071-2085)-1961-90]

HadRM3P

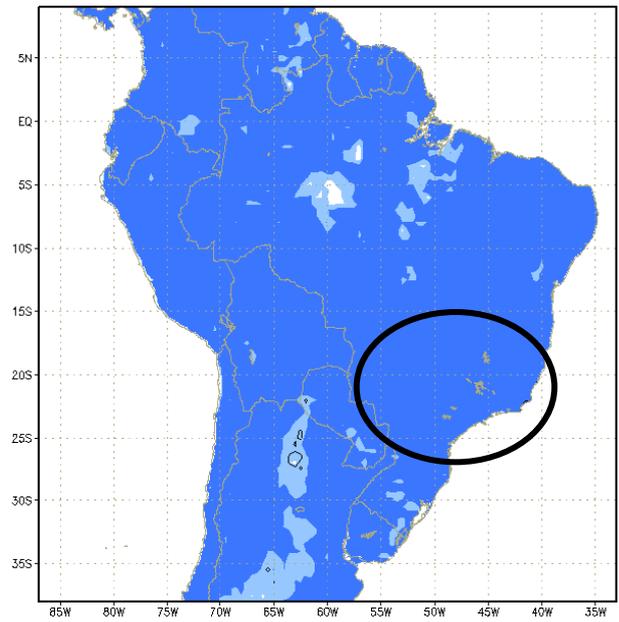


(Ambrizzi et al 2007)

*noites  
quentes*



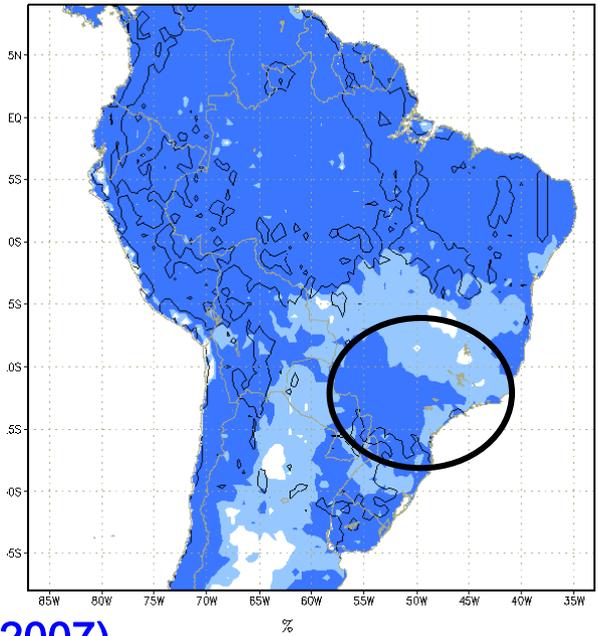
*noites  
frias*



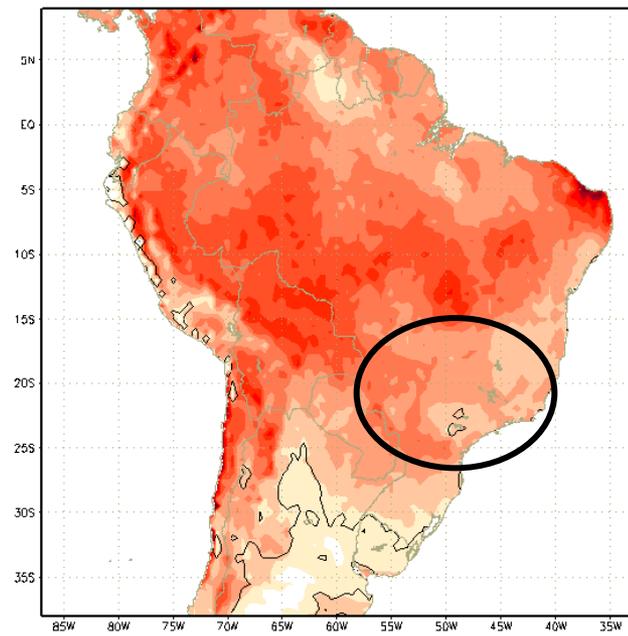
**Tendências de  
temperatura  
simulada pelo  
modelo  
regional  
Precis  
(2071-2100)**



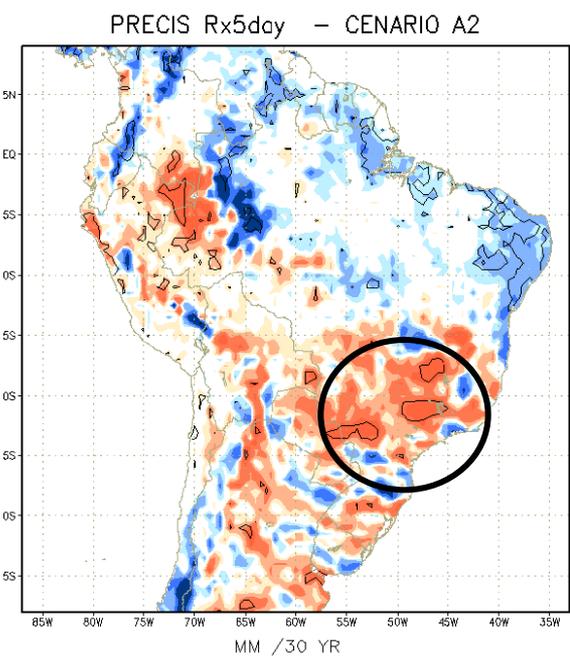
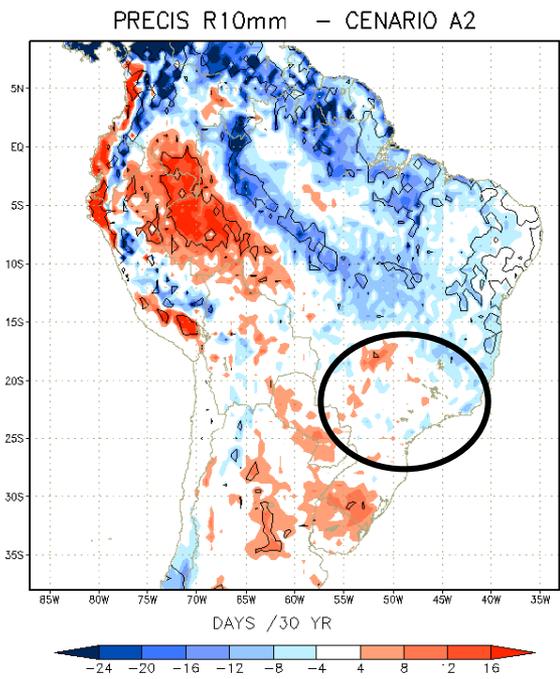
*dias frios*



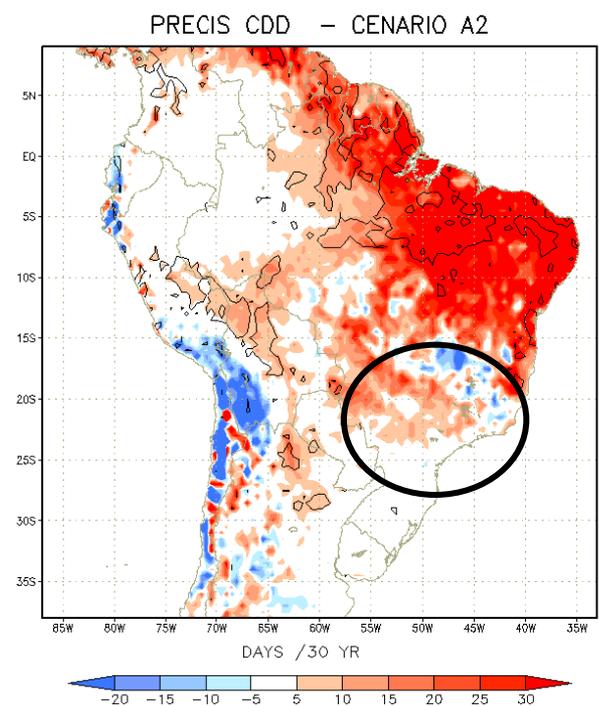
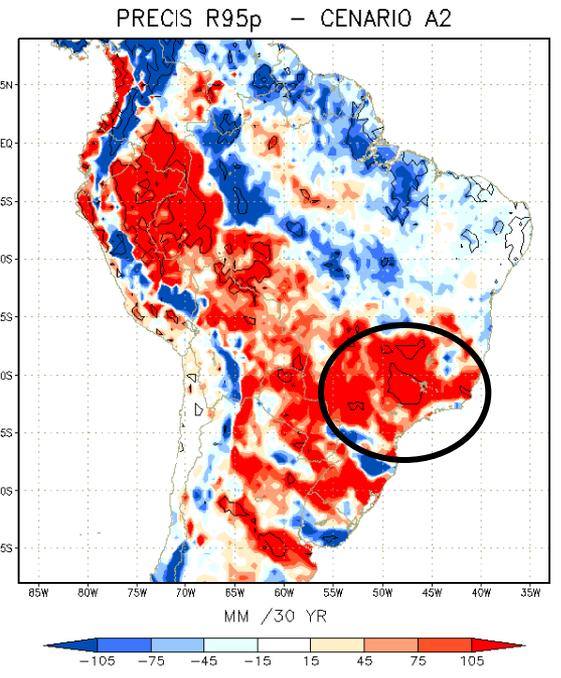
*dias  
quentes*



(Marengo et al 2007)



***Tendências de precipitação simulada pelo modelo regional Precis (2071-2100)***

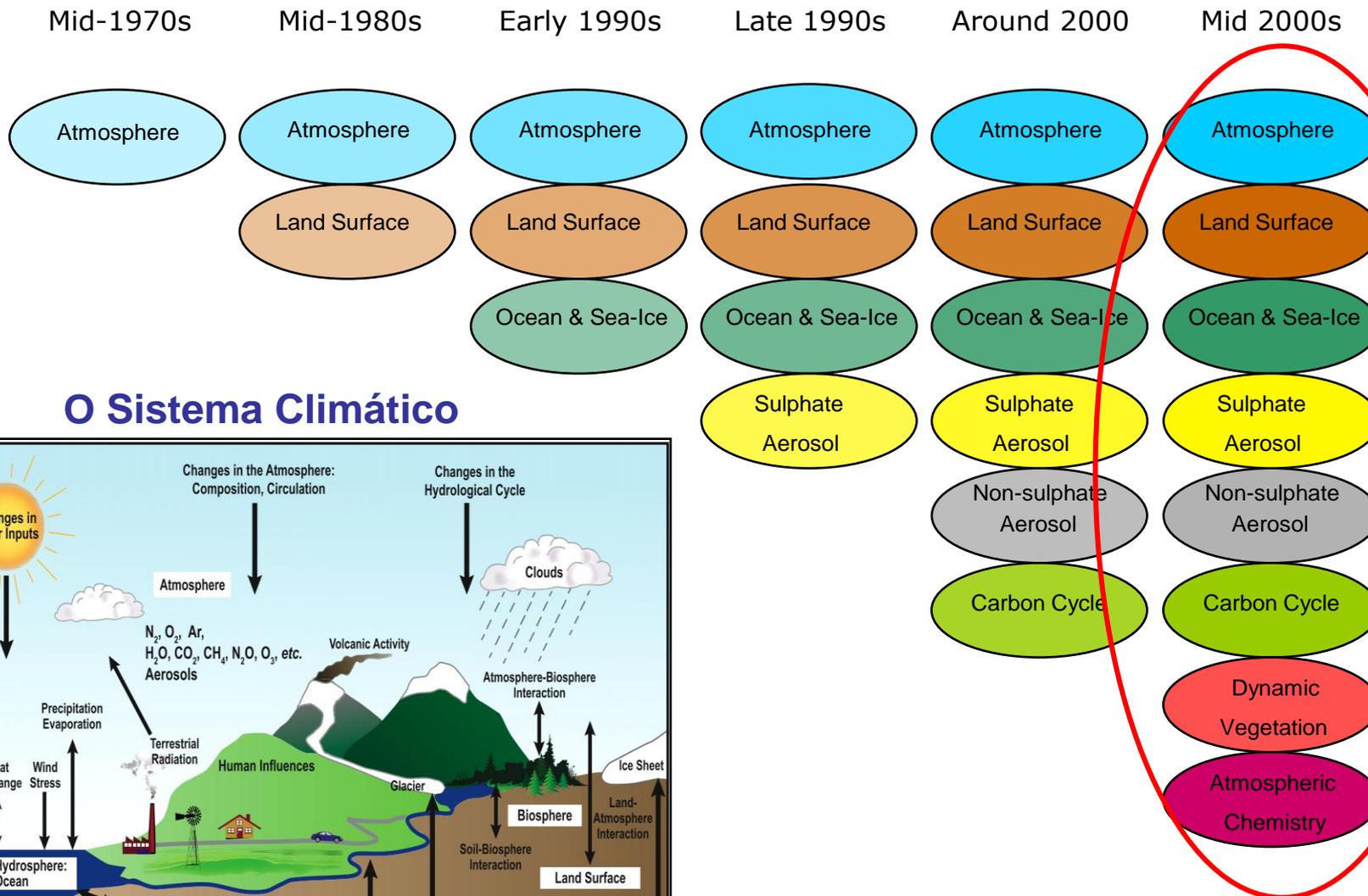


(Marengo et al 2007)

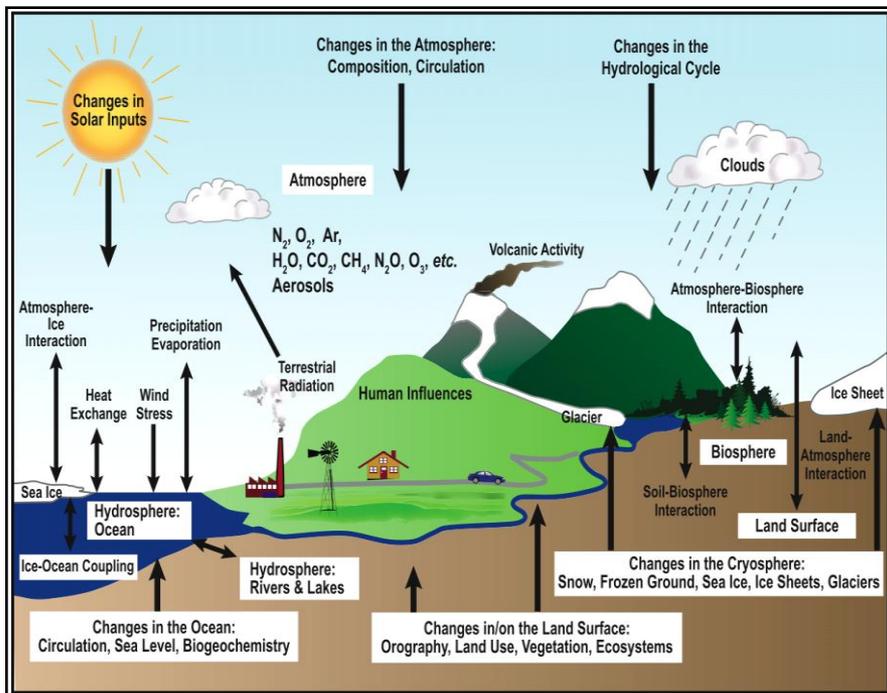
# Desafios do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais

- Detecção e atribuição de causas das mudanças climáticas
  - Entendimento dos ciclos biogeoquímicos e biogeoquímicos
  - Variabilidade climática natural e mudança climática
  - Modelos do sistema climático global
- Como mitigar as emissões de gases de efeito estufa?
- Quais são nossas principais vulnerabilidades às mudanças climáticas?
- Como aumentar a capacidade adaptativa do país?

# FAPESP irá contribuir para o desenvolvimento de Modelo Brasileiro do Sistema Climático Global

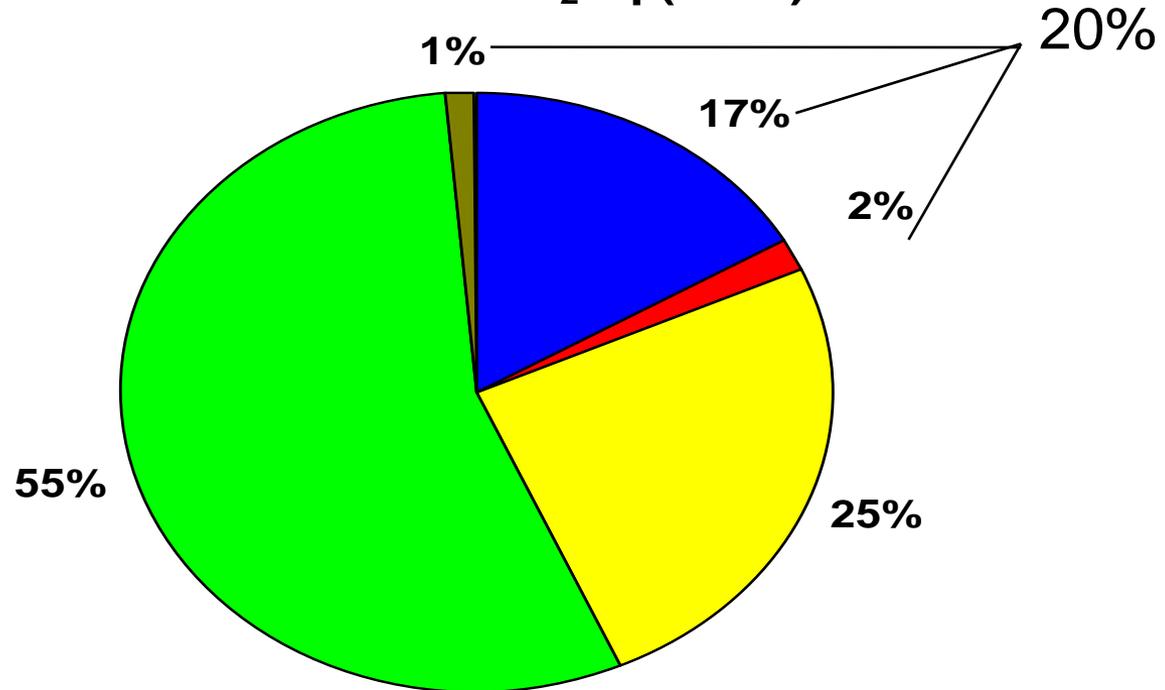


## O Sistema Climático



# MITIGAÇÃO

Emissões Brasileiras de CO<sub>2</sub>eq (1994)



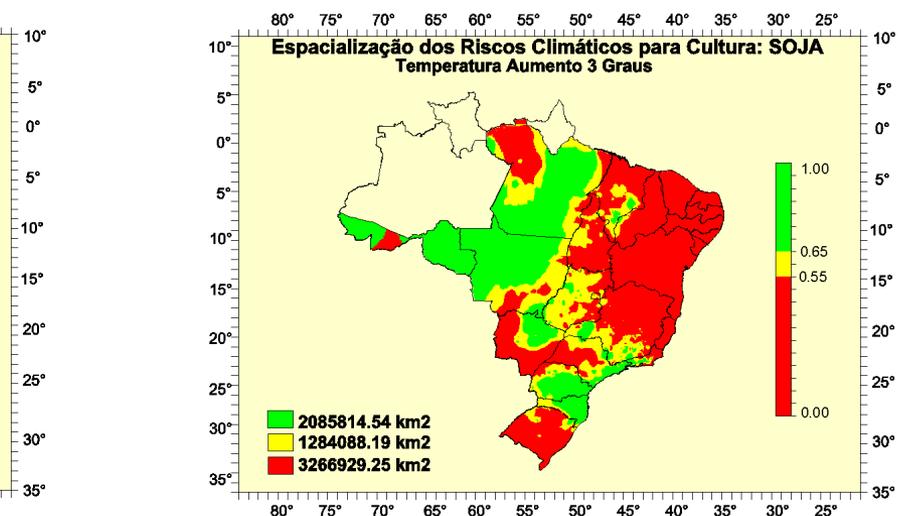
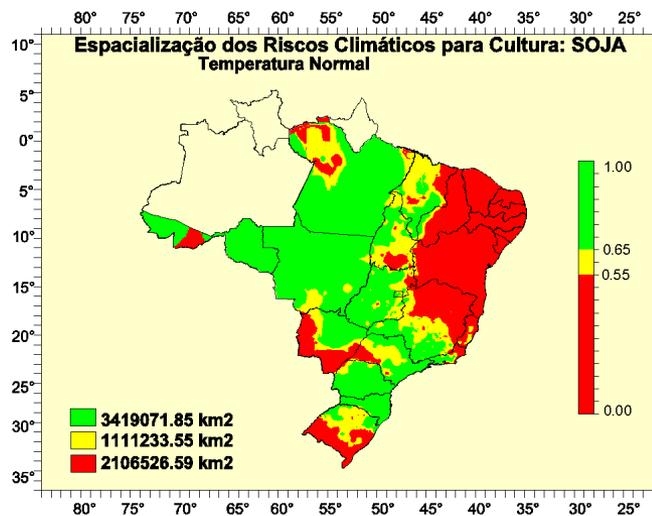
- Energia
- Processos Industriais
- Uso de Solventes e Outros Produtos
- Agropecuária
- Mudança no Uso da Terra e Florestas
- Tratamento de Resíduos

**Foco em redução das emissões por usos da terra e agricultura**

Considerando GWP do CH<sub>4</sub> = 21

# Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade

## Agricultura



Impacto do aumento da temperatura nas áreas potencialmente favoráveis (verde) para cultivo de soja no Brasil.. **Fonte: Eduardo Assad, Embrapa.**

## Zonas Costeiras



Tendência de realinhamento da linha de praia, criando sérios problemas em enseadas urbanizadas, e.g. Copacabana, Ipanema-Leblon, etc. **(efeitos persistentes)**

**Fonte: Paulo Rosman, COPPE-UFRJ**

# Adaptação de Sistemas Humanos



Perigo/Risco

Exposição

Capacidade  
Adaptativa

Impacto

Vulnerabilidade

**A complexidade das dimensões humanas.**

# Para onde caminha a ciência das mudanças climáticas globais

- Quantificação de riscos sistêmicos
- Redução das incertezas e projeções futuras mais relevantes
- Impactos, adaptação e vulnerabilidade
- Tecnologias de descarbonização

# ***Antropoceno***

***“A influência da humanidade no Planeta Terra nos últimos séculos tornou-se tão significativa a ponto de constituir-se numa nova era geológica”***

***Prof. Paul Crutzen***

***Prêmio Nobel de Química 1995***

Poderá o Brasil, no Século XXI, tornar-se uma “potência ambiental” ou o primeiro país tropical desenvolvido?

# O papel de C&T

O desafio de uma geração é **inventar** um novo paradigma de desenvolvimento para o Brasil, baseado em C&T, reconhecendo que os usos racionais dos abundantes recursos naturais renováveis e da biodiversidade podem ser a grande alavanca para o desenvolvimento.