



The Meeting of the Americas
8–13 August 2010 :: Foz do Iguassu, Brazil

Tempo e Clima na América do Sul

Dra. Michelle S. Reboita

Universidade Federal de Itajubá – MG
Instituto de Recursos Naturais
reboita@model.iag.usp.br

Dr. Tércio Ambrizzi

Universidade de São Paulo – SP
Departamento de Ciências Atmosféricas
ambrizzi@model.iag.usp.br



CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
UNIFEI



Tempo

Estado instantâneo da atmosfera.



Clima

Estado médio da atmosfera.



+



+



+

...

=

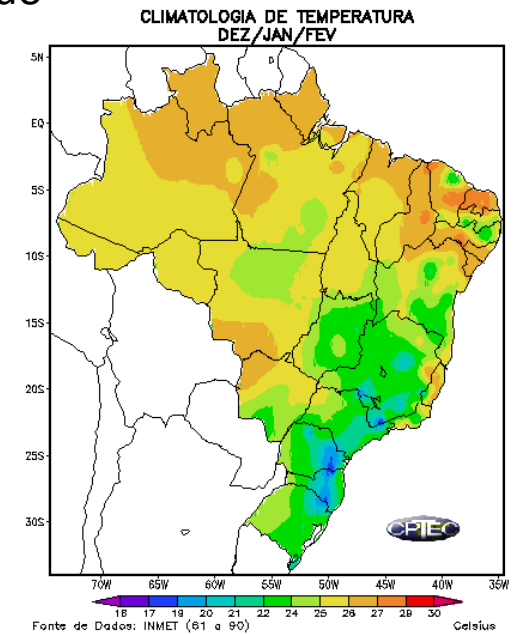
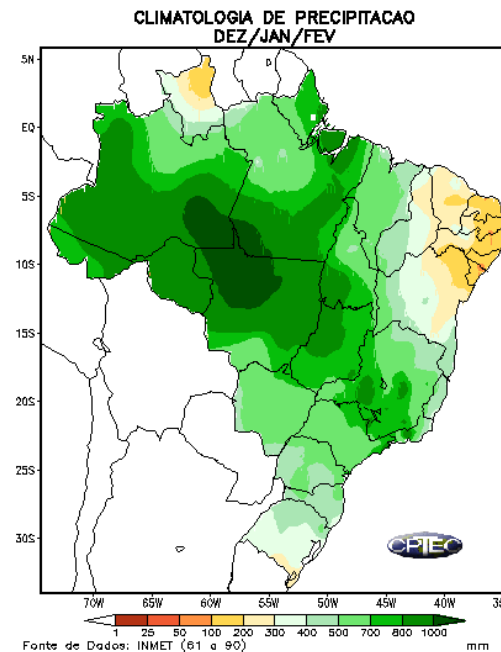
Resultado



Resultado

Total de Observações = *clima*

Verão

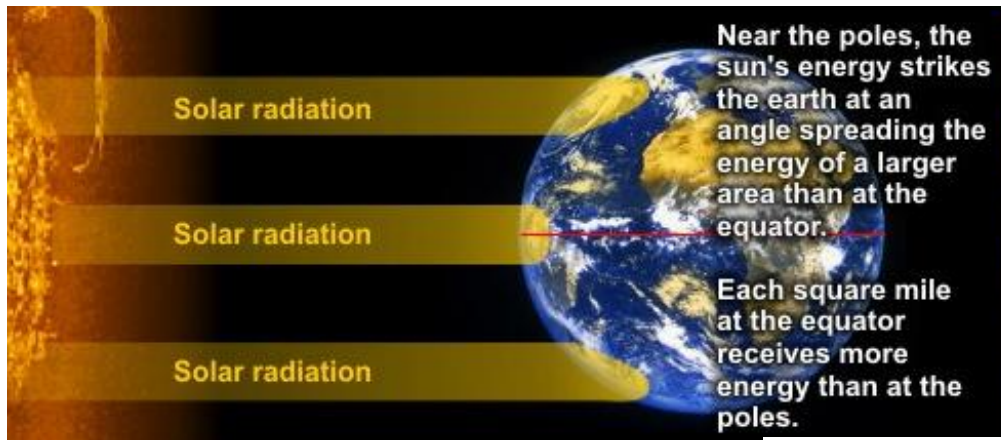


Fatores ou Controles Climáticos

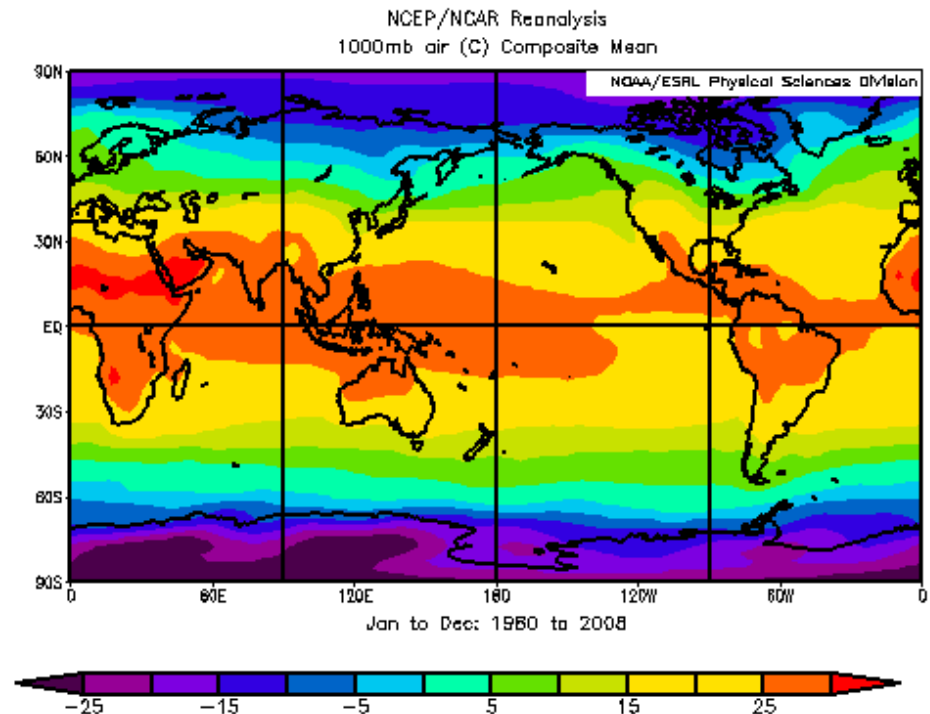
O clima de um determinado lugar é controlado por alguns fatores que influenciam o tempo:

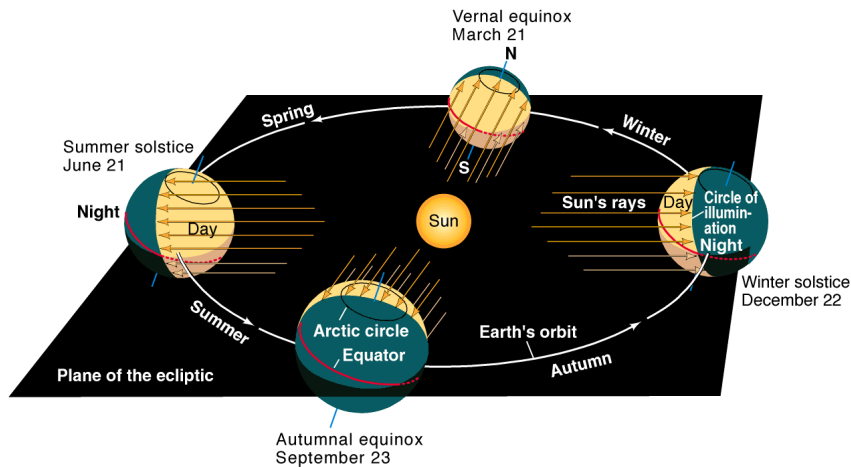
- Latitude (distância do equador)
- Altitude do lugar
- Distância dos oceanos
- Tipo de superfície (ecossistemas)
- Sistemas predominantes de ventos e pressão

A Latitude e a Distribuição de Energia Solar



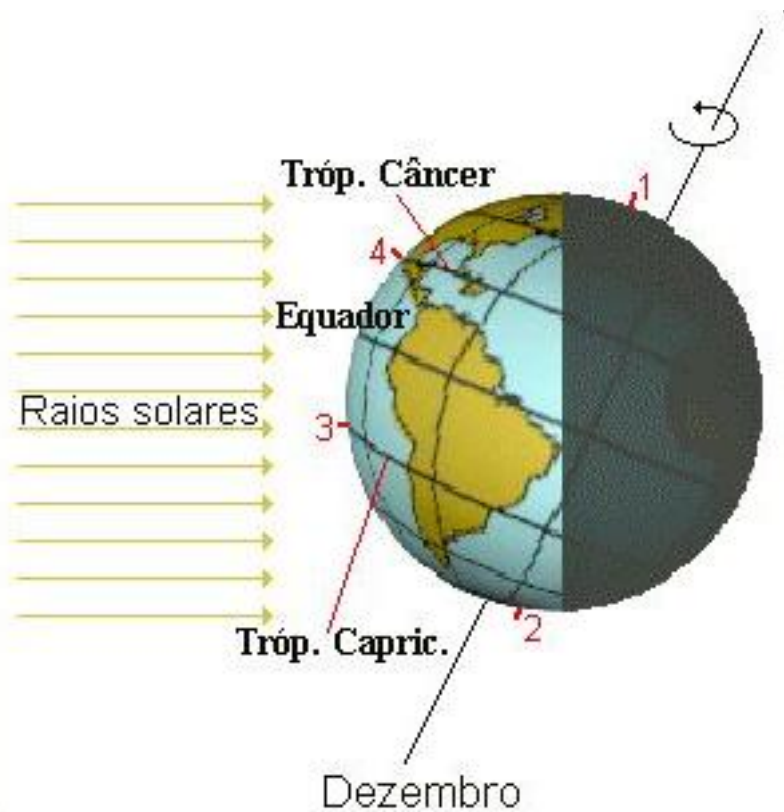
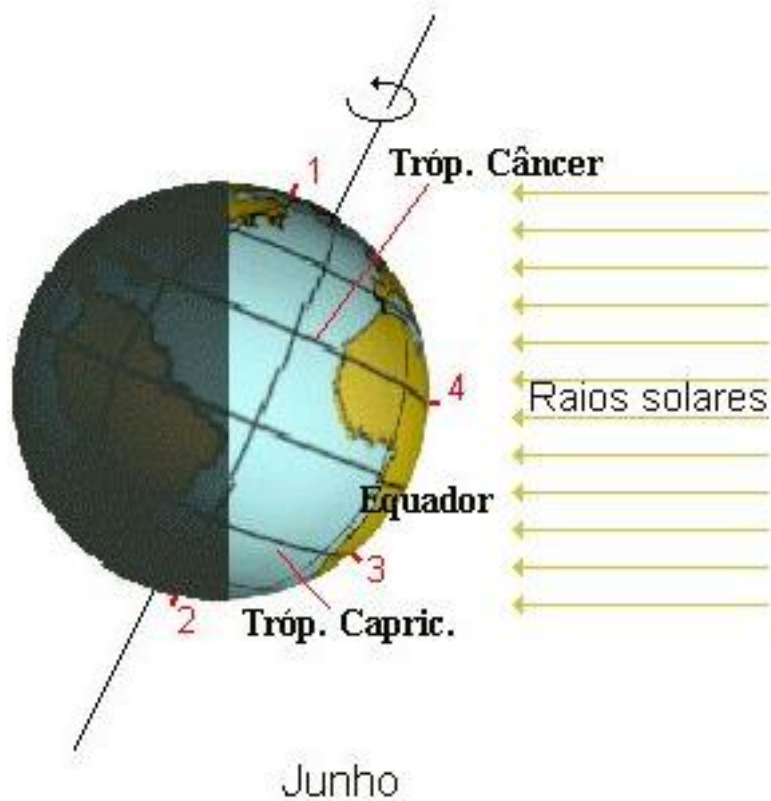
Média anual da temperatura do ar (°C)
(1980 a 2008)



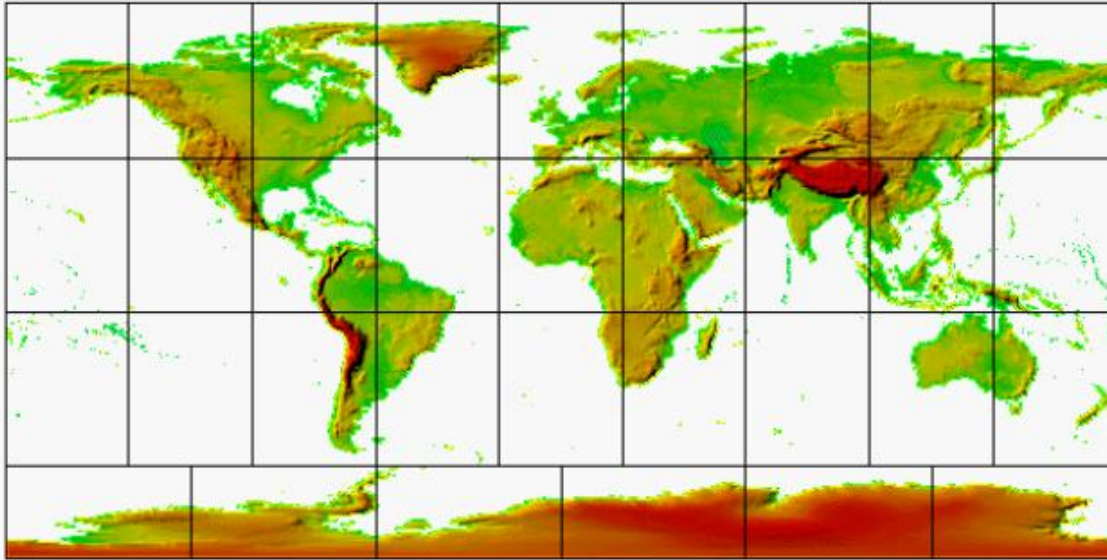


© John Wiley & Sons, Inc.

movimento de translação da Terra
+
inclinação do eixo de rotação da Terra
=
estações do ano



Topografia

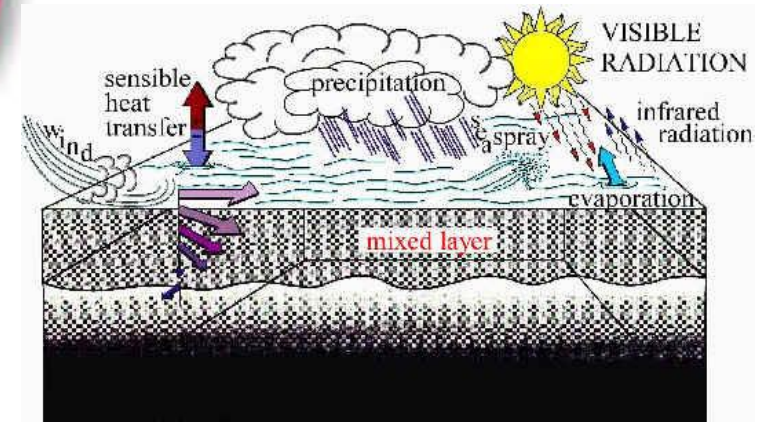
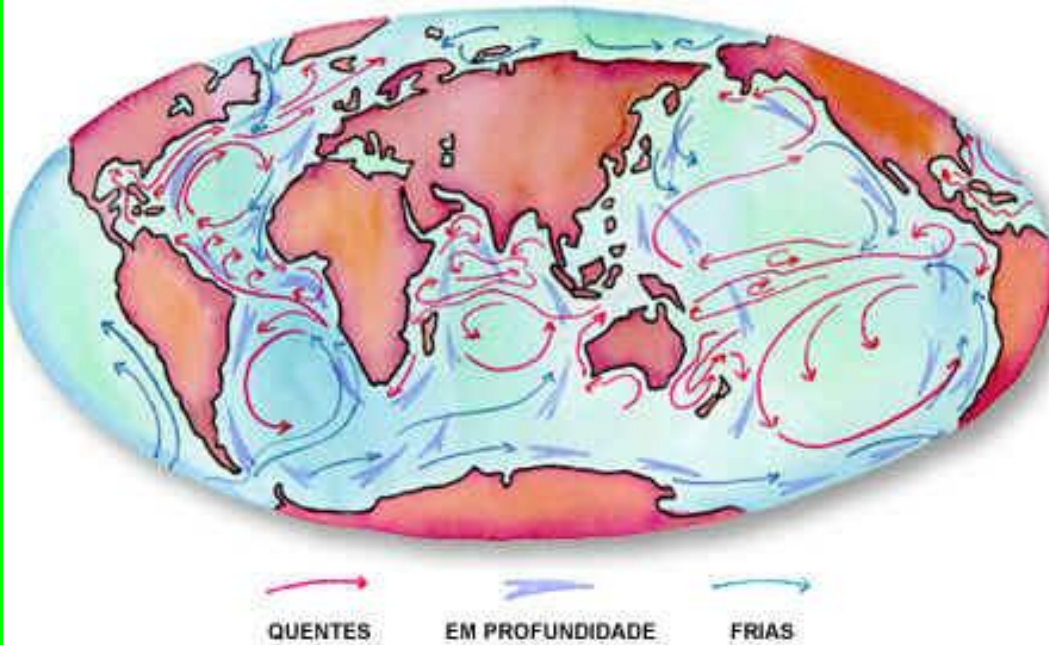


Regiões mais altas
=
Temperaturas mais frias

Efeito combinado da
topografia e do escoamento
atmosférico



Distribuição dos Continentes e Oceanos



Distribuição continentes/oceanos:

Capacidade térmica água > Capacidade térmica do solo ⇒
Variações de temperatura na água MENORES que no solo.

Isto faz com que as temperaturas diurnas das áreas continentais próximas não tenham tanta variabilidade

Correntes Oceânicas

Uma corrente quente pode ter um efeito moderador sobre um clima frio, como é o caso da corrente do Golfo no Atlântico Norte

Tipo de Superfície

Algumas superfícies refletem mais energia de volta para o espaço do que outras (albedo).

Neve e Gelo ~ 85%



Desertos ~ 40%



Oceanos 10-70%



Florestas 5-20%



América do Sul



Extensão latitudinal: 12°N a 55°S

Topografia complexa: cordilheira dos Andes (Pico Aconcagua 6962 m); vastas planícies, serras no sul e sudeste do Brasil

http://earthobservatory.nasa.gov/images/imagerecords/3000/3741/PIA03395_lrg.jpg

América do Sul

Como a **AS** se estende por diferentes latitudes e possui formas de relevo variadas, proporciona a atuação e o desenvolvimento de diferentes sistemas atmosféricos que contribuem para a **não** homogeneidade climática da região.



América do Sul

Parte I

Climatologia de precipitação na AS

Parte II

Conhecer os fatores que contribuem para a não homogeneidade espacial e temporal da climatologia de precipitação na AS.

Parte III

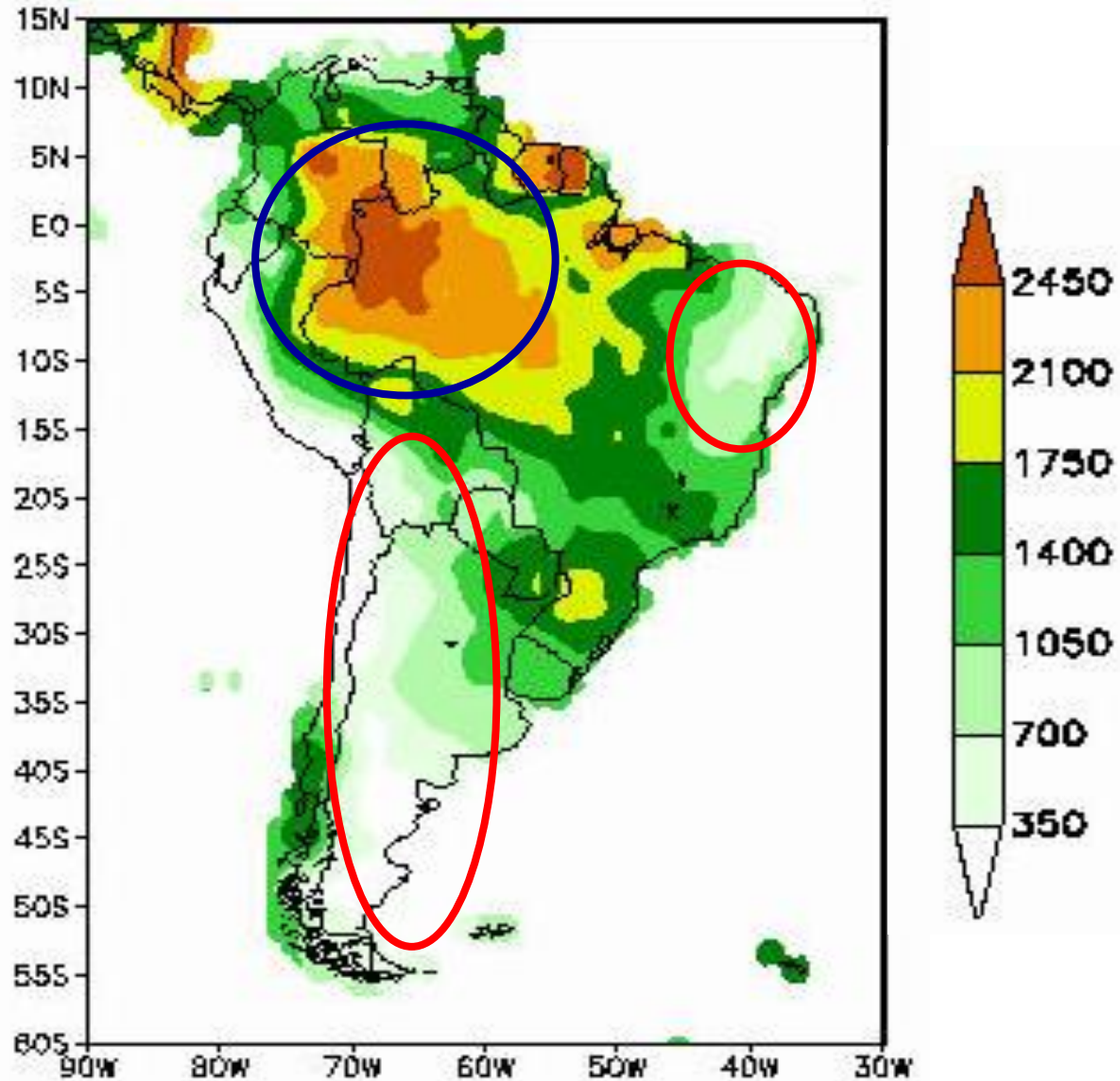
Tempo e Clima em Foz do Iguaçu

Precipitação Média Anual

Região mais chuvosa

Regiões menos chuvosas

Precipitação média anual (mm) calculada entre 1979 - 1995. Fonte: Shi et al. (2000).

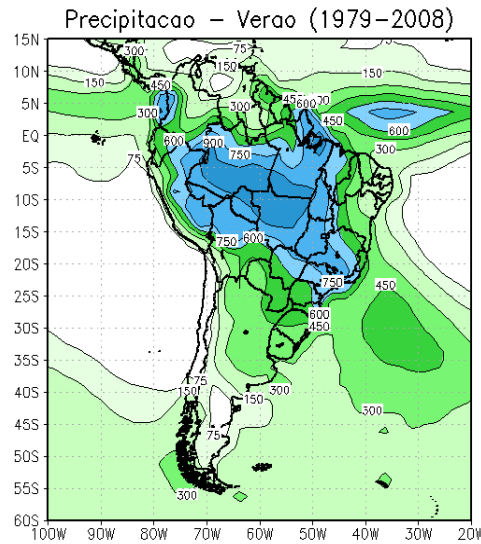


Precipitação Média Sazonal

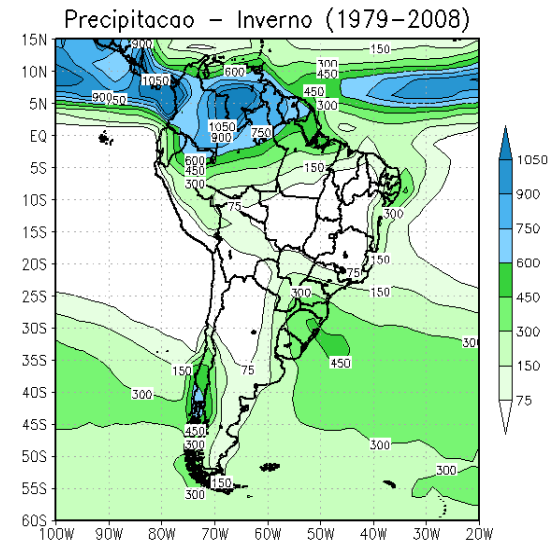
A precipitação não é distribuída regularmente no tempo e no espaço.

O máximo de precipitação migra da região centro-oeste do Brasil durante o verão para o norte do equador durante o inverno.

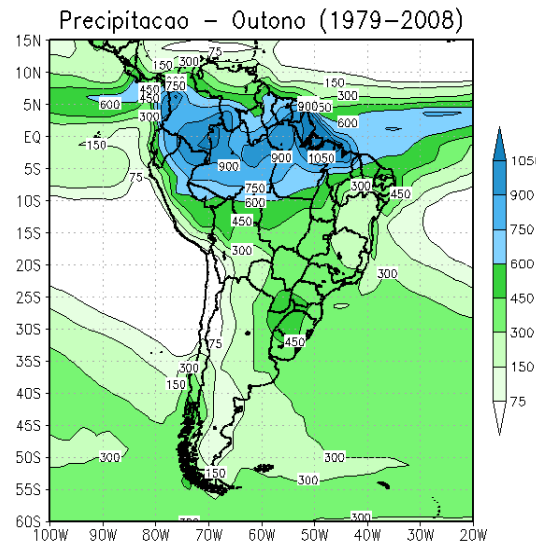
Verão



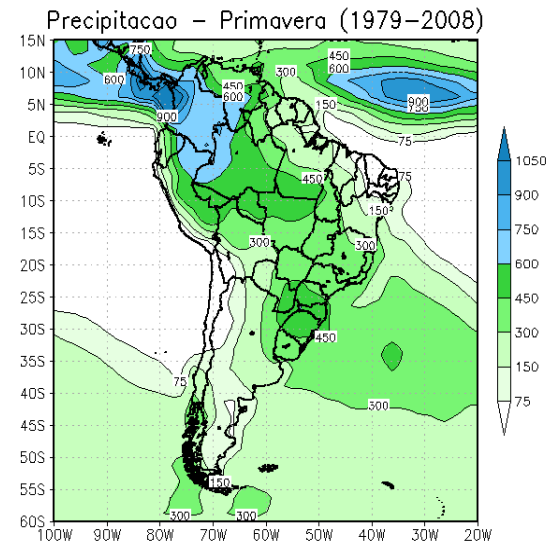
Inverno



Outono



Primavera



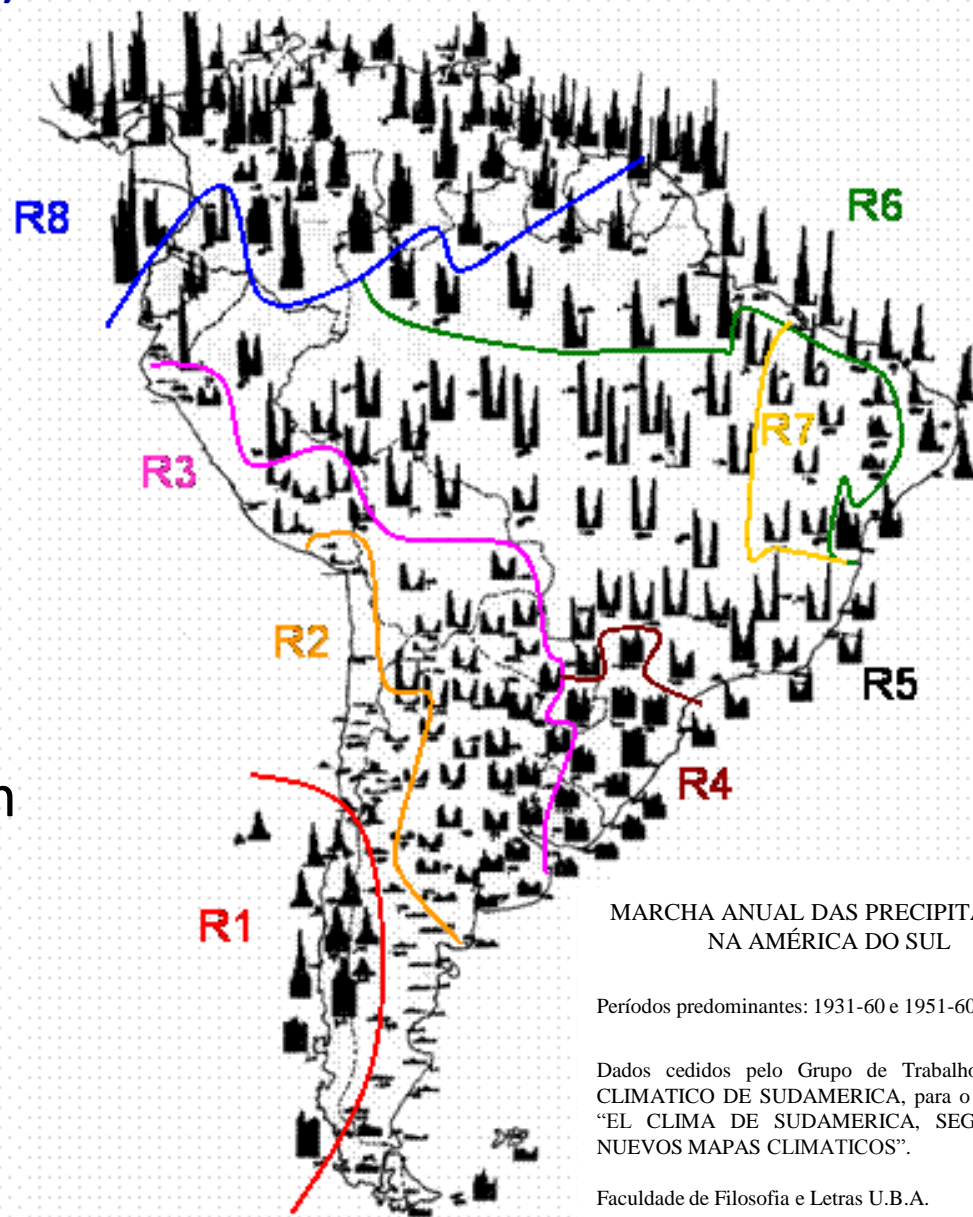
Precipitação em mm (GPCP)

Regimes de Precipitação na América do Sul

Baseado em Reboita et al. (2010)

Parte II

Com base na similaridade dos histogramas de precipitação mensal, a AS pode ser dividida em **8 regiões**.



MARCHA ANUAL DAS PRECIPITAÇÕES
NA AMÉRICA DO SUL

Períodos predominantes: 1931-60 e 1951-60

Dados cedidos pelo Grupo de Trabalho ATLAS CLIMÁTICO DE SUDAMÉRICA, para o seminário “EL CLIMA DE SUDAMÉRICA, SEGUN LOS NUEVOS MAPAS CLIMÁTICOS”.

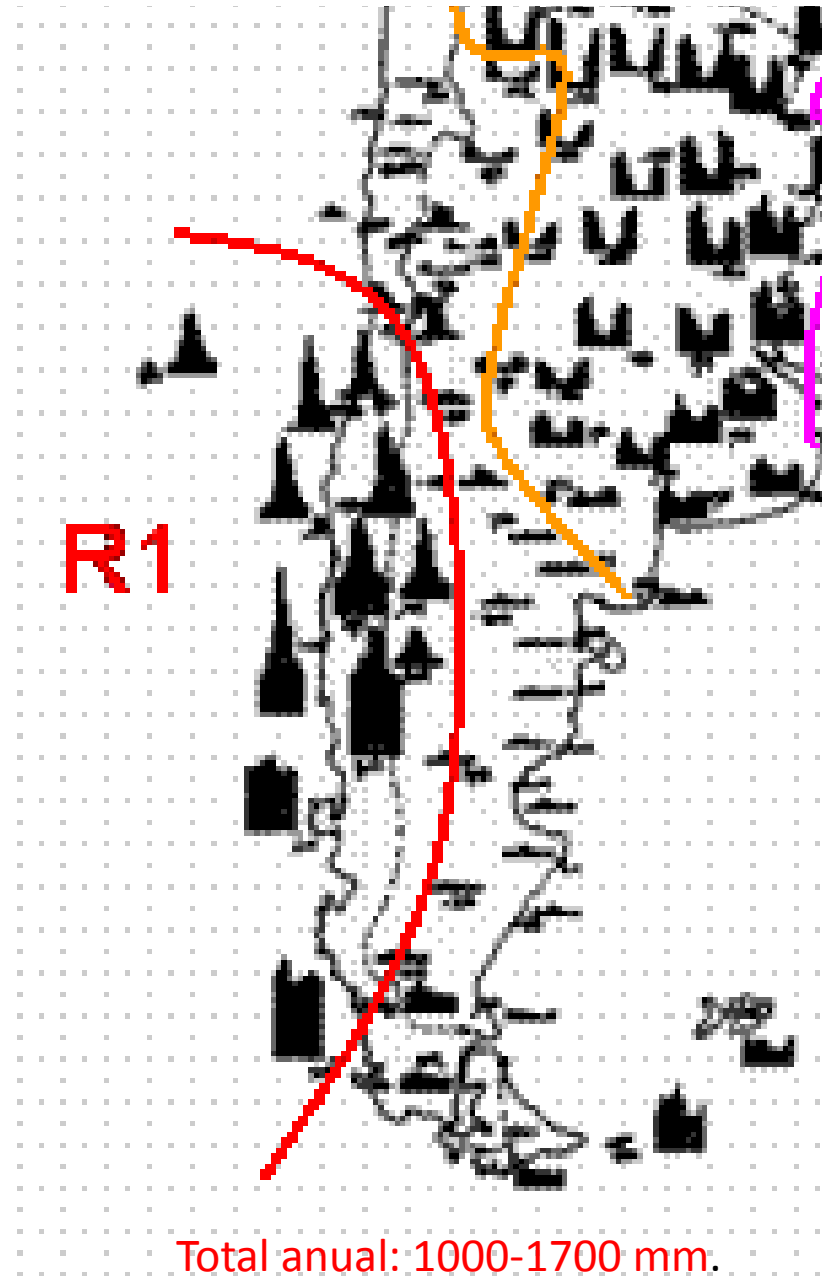
Faculdade de Filosofia e Letras U.B.A.

Regimes de Precipitação na AS

R1: Sudoeste da AS

Estação mais chuvosa: inverno

Estação menos chuvosa: verão

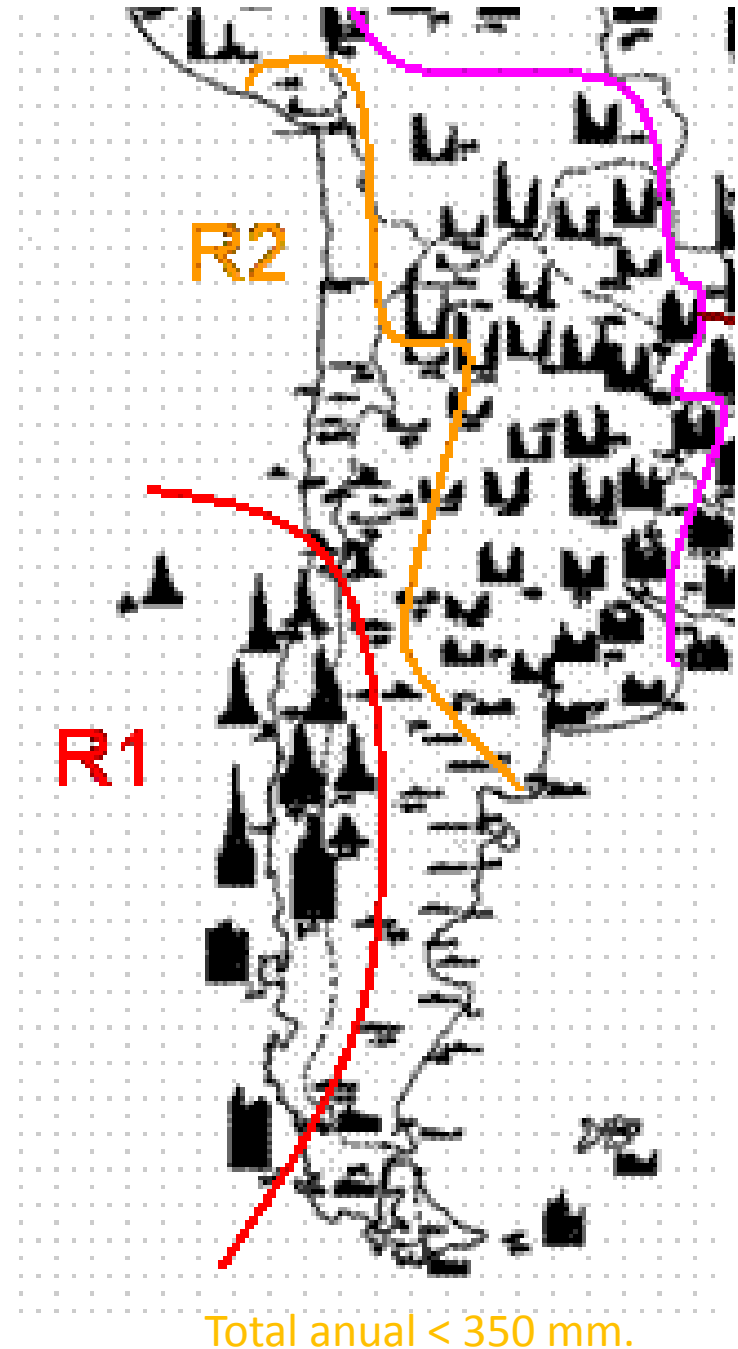


Total anual: 1000-1700 mm.

Regimes de Precipitação na AS

R2: Norte do Chile, noroeste e centro-sul da Argentina

Precipitação é praticamente homegênea ao longo do ano e com baixos totais pluviométricos.

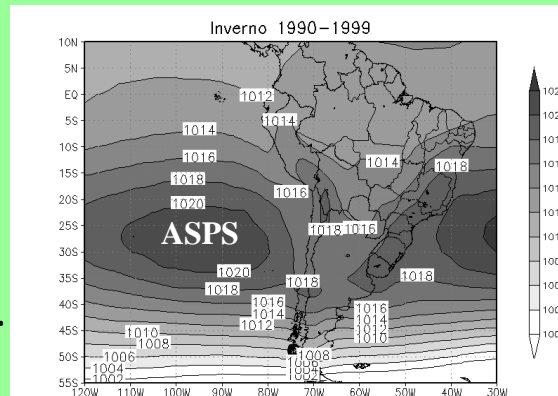


Diferentes mecanismos explicam os baixos totais pluviométricos nos setores norte e sul da R2

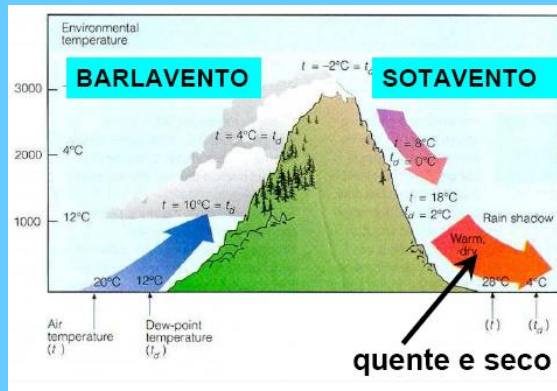
Setor norte

Os movimentos subsidentes do ASPS inibem a precipitação.

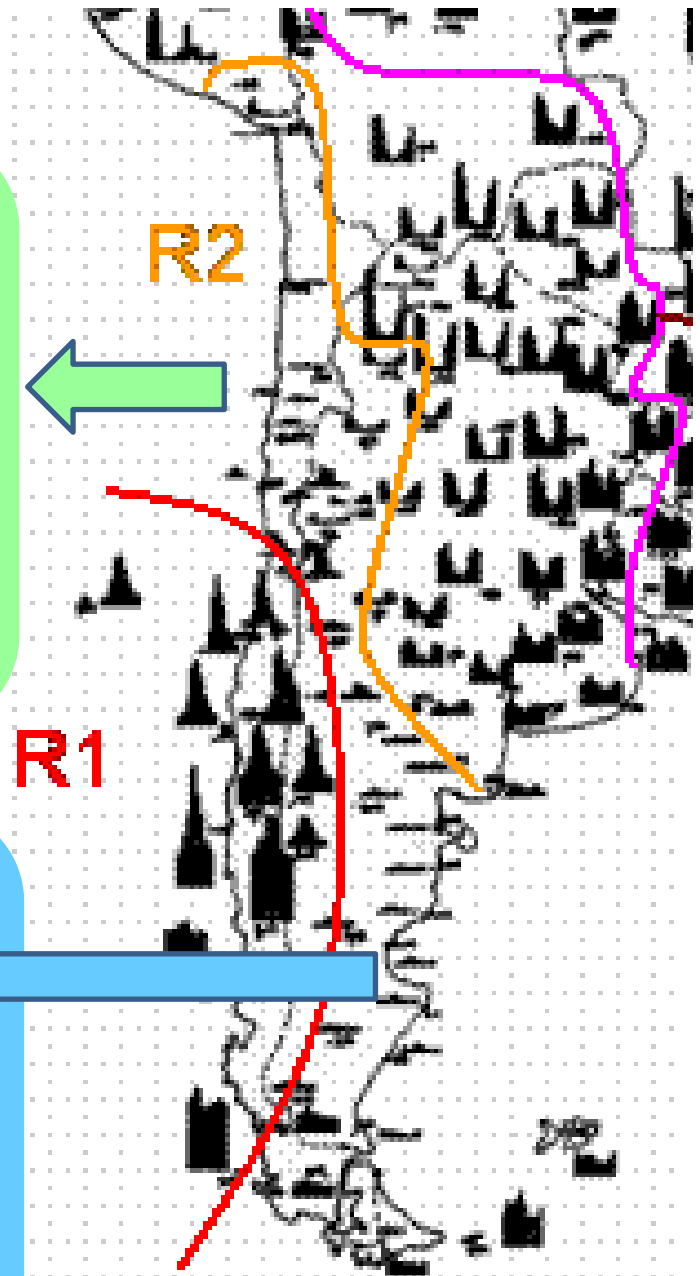
Nesta região encontra-se o deserto mais árido do mundo: o Atacama (prec < 100 mm/ano).



Setor sul



Escoamento que transpõe os Andes chega seco no lado leste (R2).

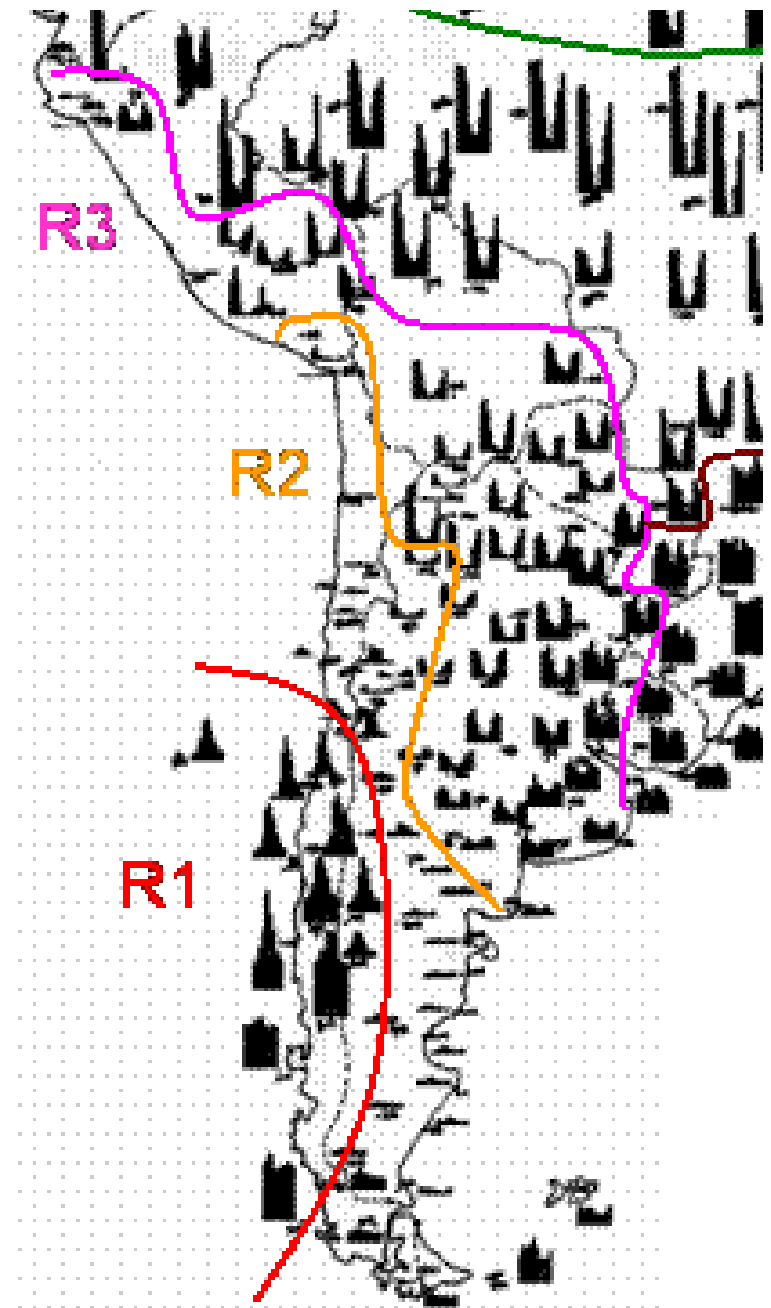


Regimes de Precipitação na AS

RG3: Oeste do Peru, oeste e sul da Bolívia, norte e centro-leste da Argentina e centro-norte do Paraguai

Estação mais chuvosa: verão

Estação menos chuvosa: inverno



Total anual: 350-700 mm, exceto no centro-leste da Argentina e Paraguai que varia de 700 a 1400 mm

Para entender o regime de precipitação na R3 é necessário conhecer o padrão sazonal da circulação atmosférica

Vento em 850 hPa

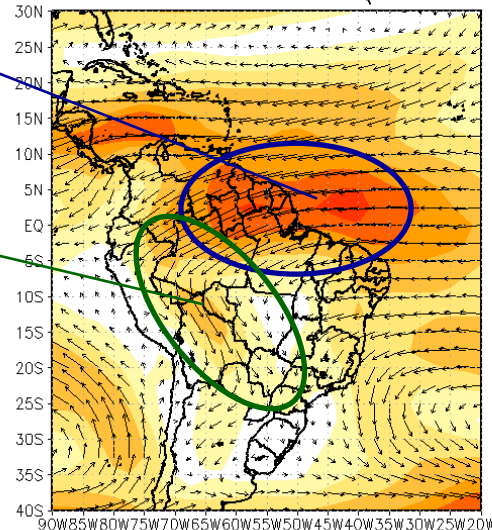
Ventos intensos do oceano para o continente

Ventos dirigem-se para sul (Jato de Baixos Níveis - JBN)

Transporte de umidade para o continente

Verão

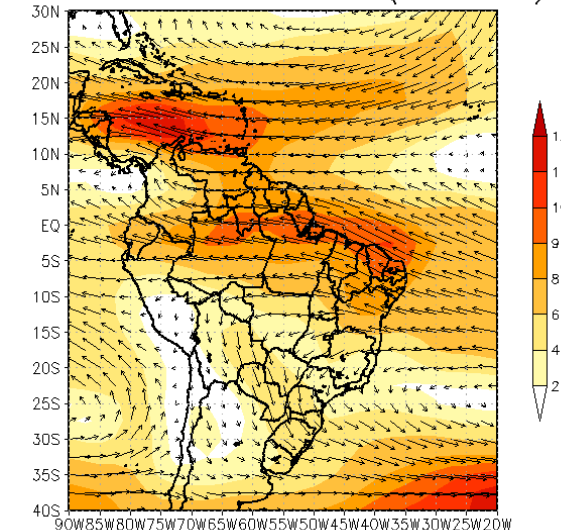
Vento em 850 hPa - Verão (1979-2008)



Reanálise do NCEP/DOE

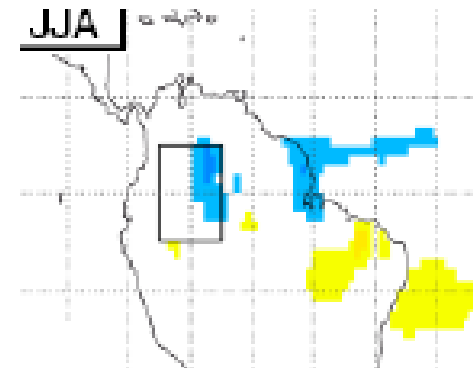
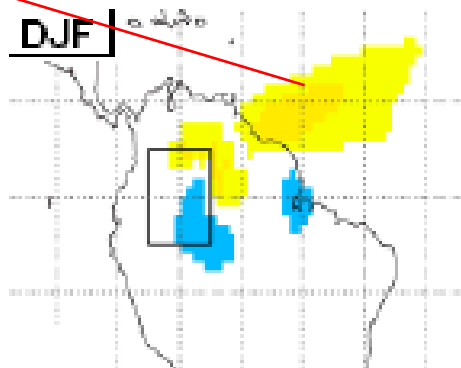
Inverno

Vento em 850 hPa - Inverno (1979-2008)



Fontes de Umidade (amarelo)

Durán-Quesada et al. (2009)

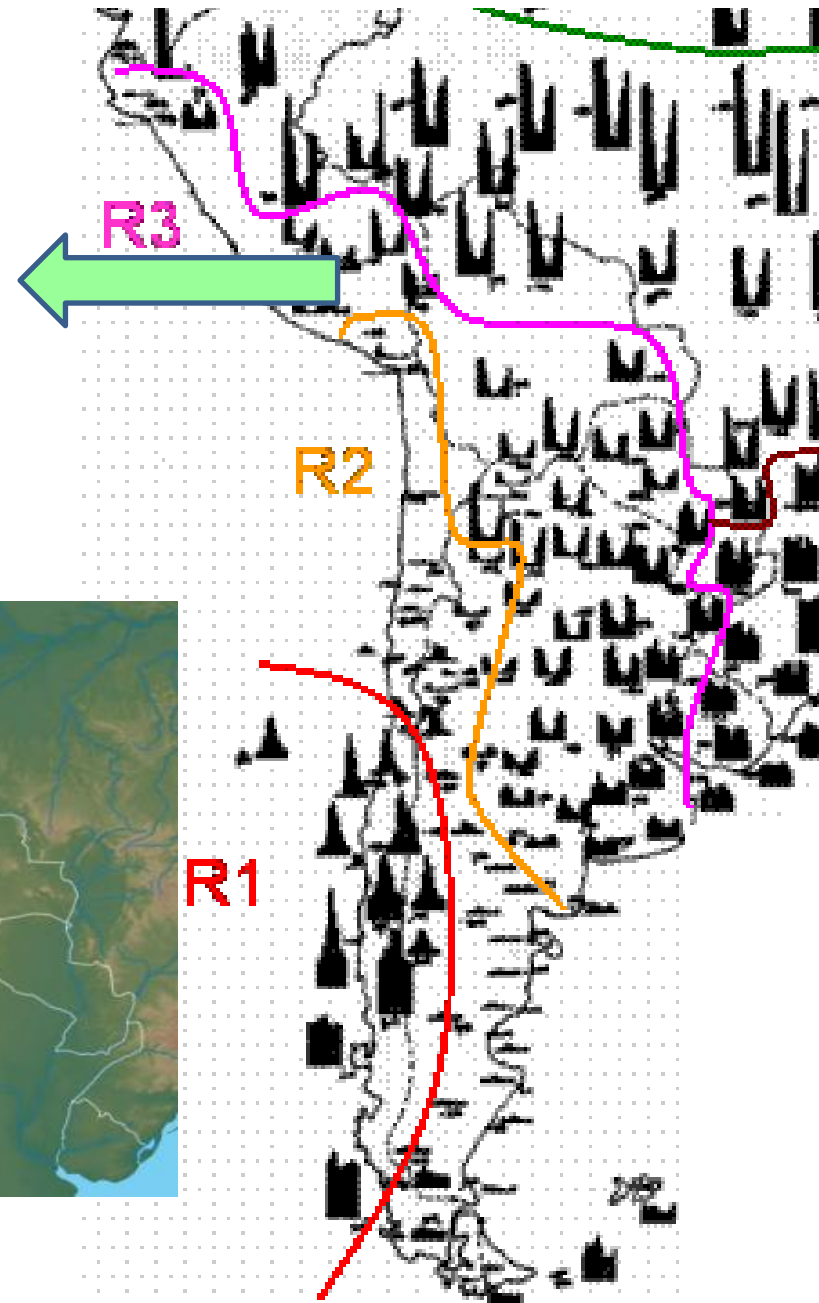
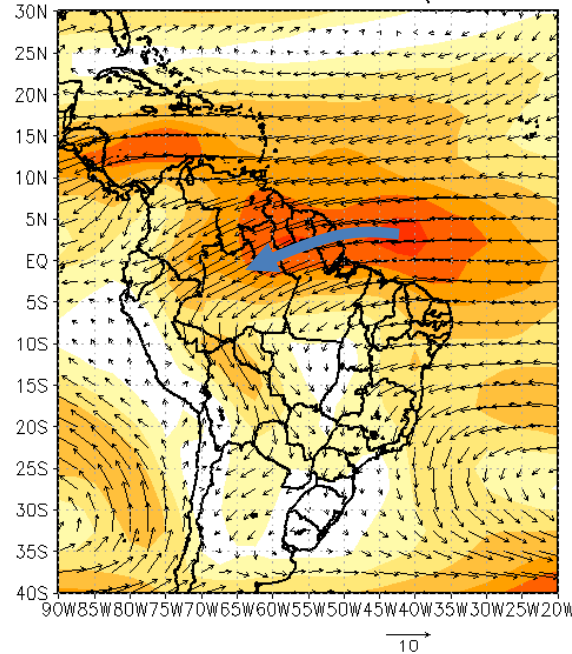


Na R3 os máximos de precipitação no **verão** são explicados por:

Setor norte: verão

- os ventos alísios de nordeste estão intensificados;
- atravessam a bacia Amazônica com mais intensidade transportando mais umidade;
- os Andes forçam o levantamento destes ventos e ocorre **precipitação orográfica** (Garreaud e Wallace, 1997)

Vento em 850 hPa – Verão (1979–2008)

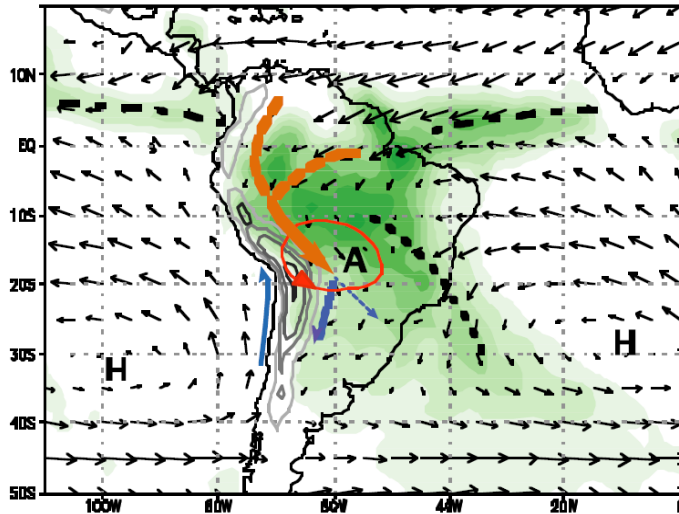


Setor centro-sul:

O ar úmido transportado pelo JBN →
complexos convectivos de mesoescala (CCMs)

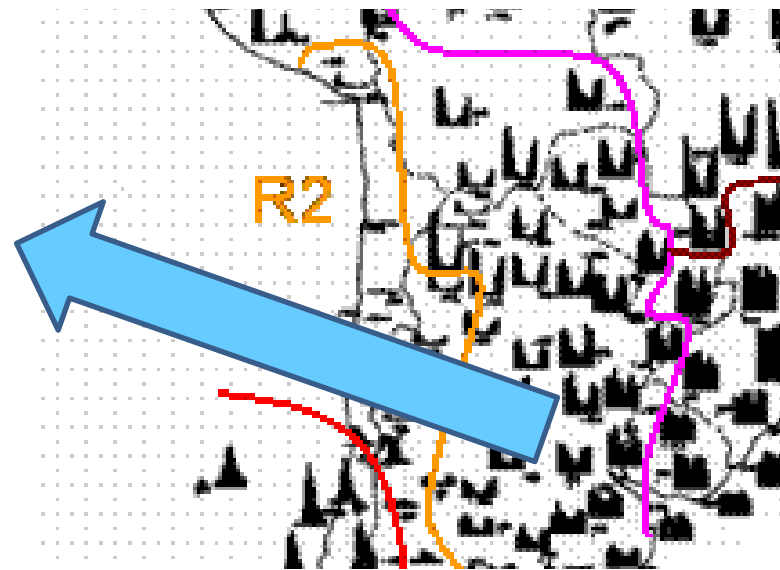
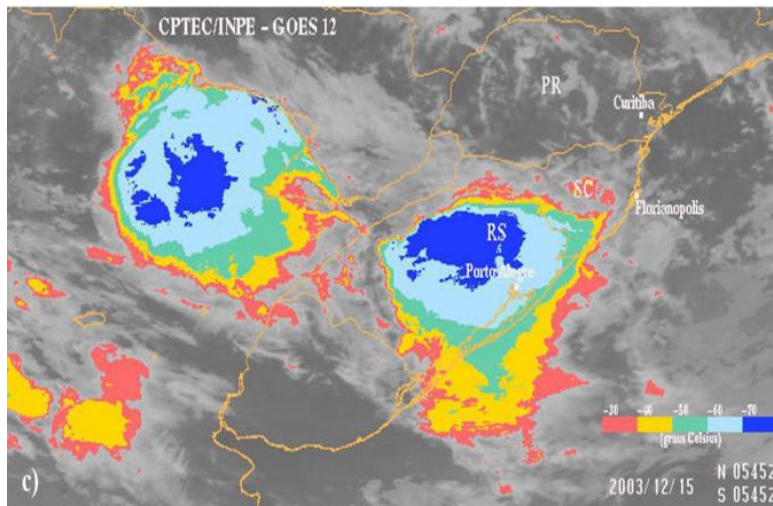
Outros sistemas:

frentes frias, ciclones, vórtices ciclônicos de altos níveis

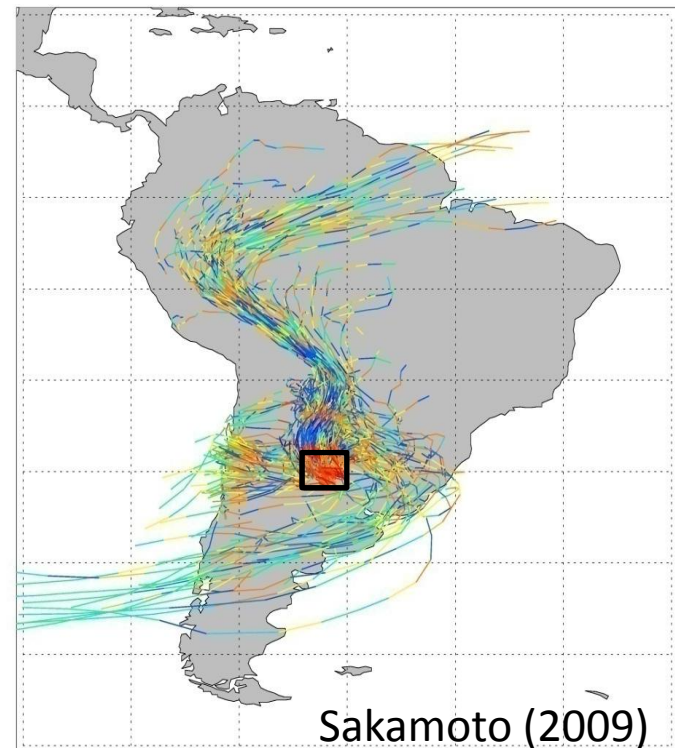


Mechoso et al., 2005

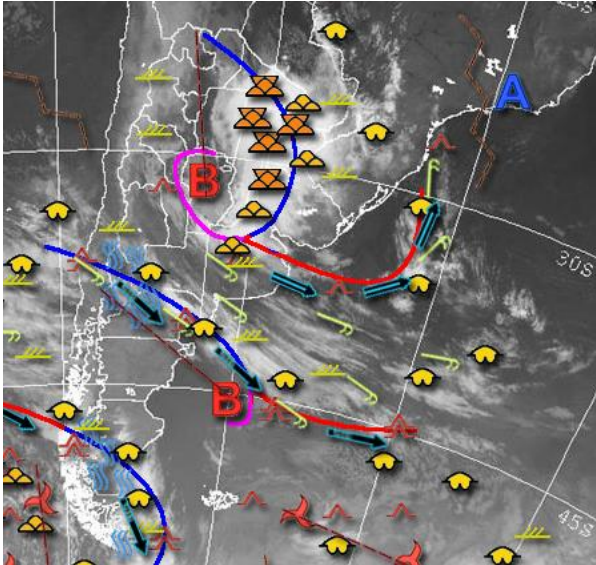
CCMs



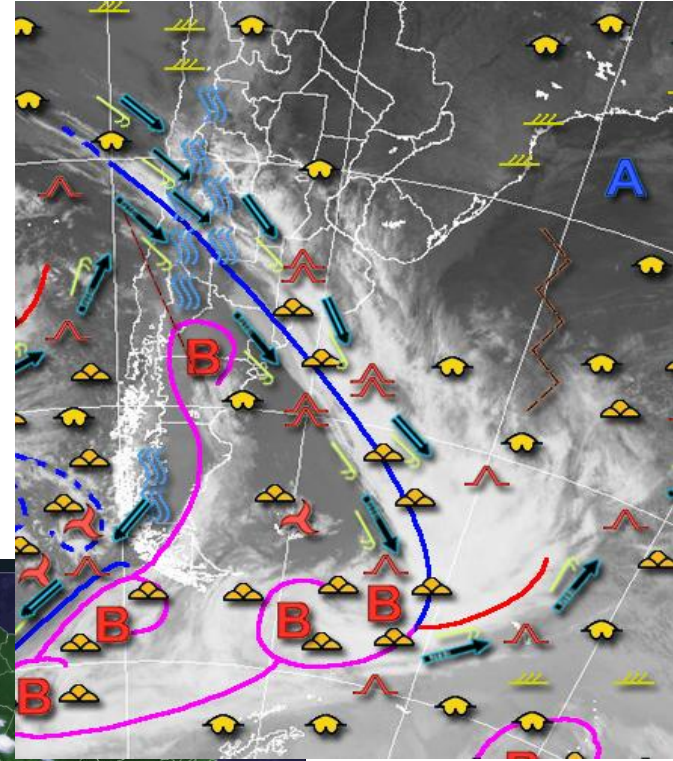
SC_6279 dq/dt>0.1 (10⁻² g/kg) INI 2003jan17 19:00Z



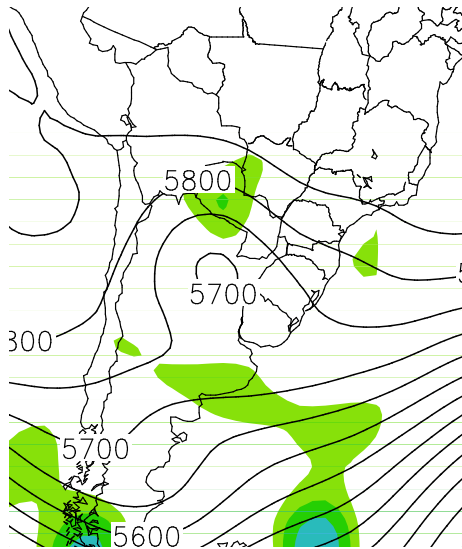
Ciclones



Frentes



VCANs

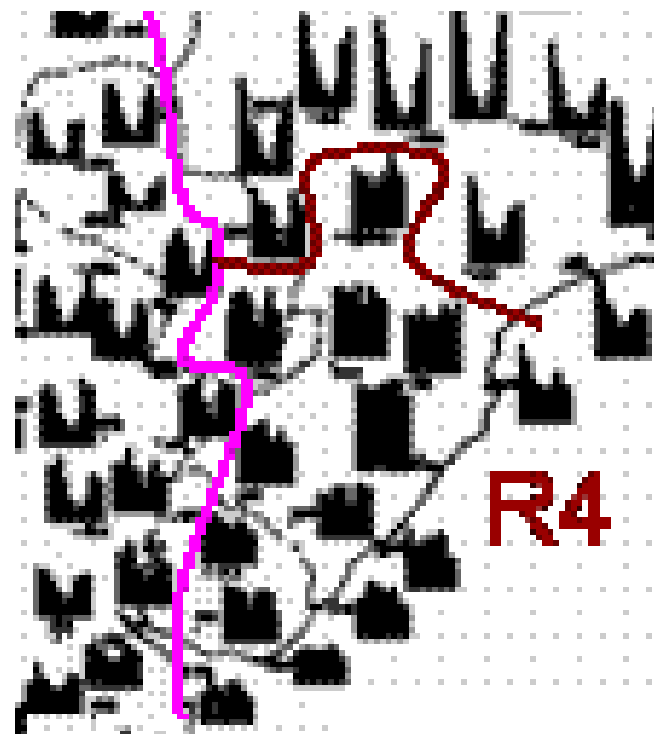


Regimes de Precipitação na AS

R4: Sul do Brasil, Sul do Paraguai e Uruguai

Precipitação bem distribuída ao longo do ano e com totais pluviométricos elevados.

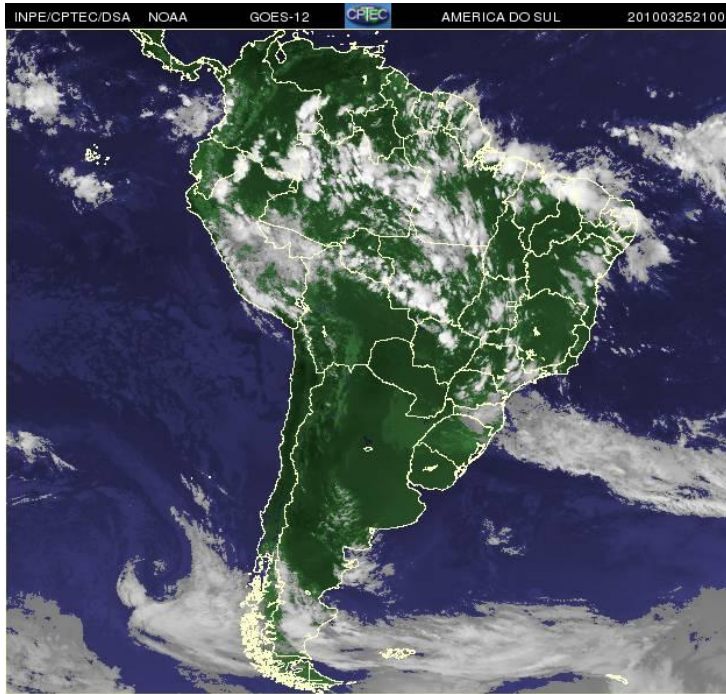
Vários sistemas atuam nesta região ao longo de todo o ano!



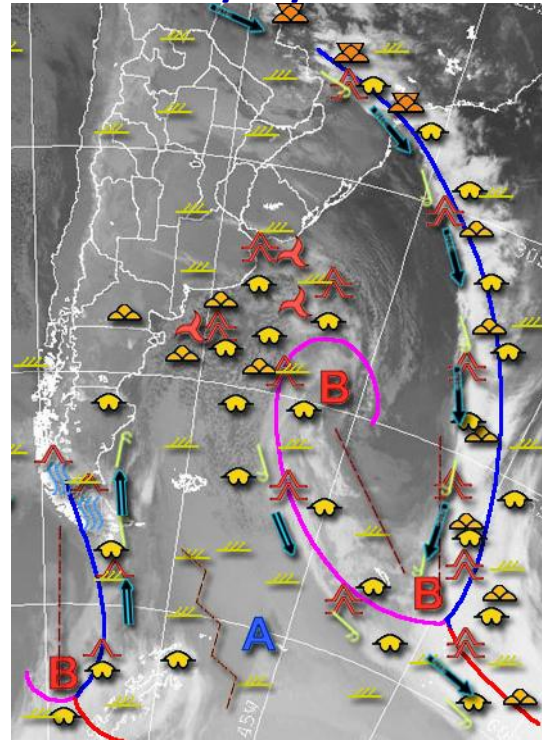
Total anual: 1050-1750 mm e no oeste do sul do Brasil na fronteira com o Paraguai: 1750-2100 mm

Frentes Frias

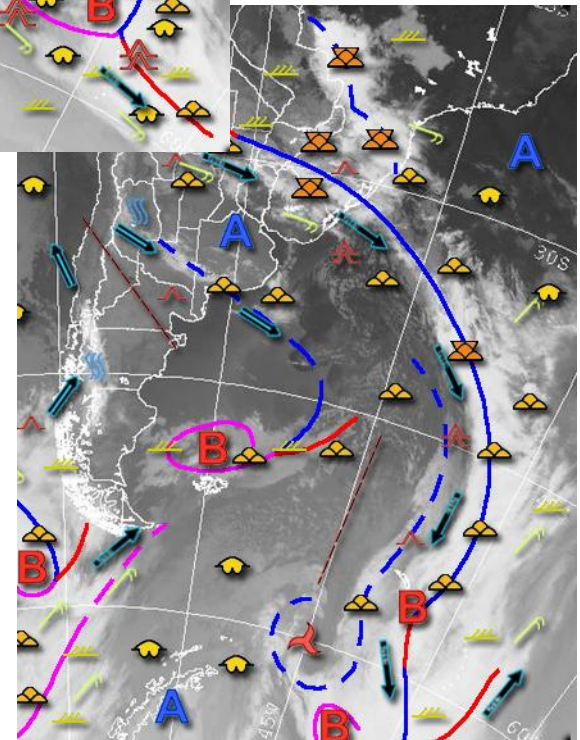
25/03/10



23/07/09

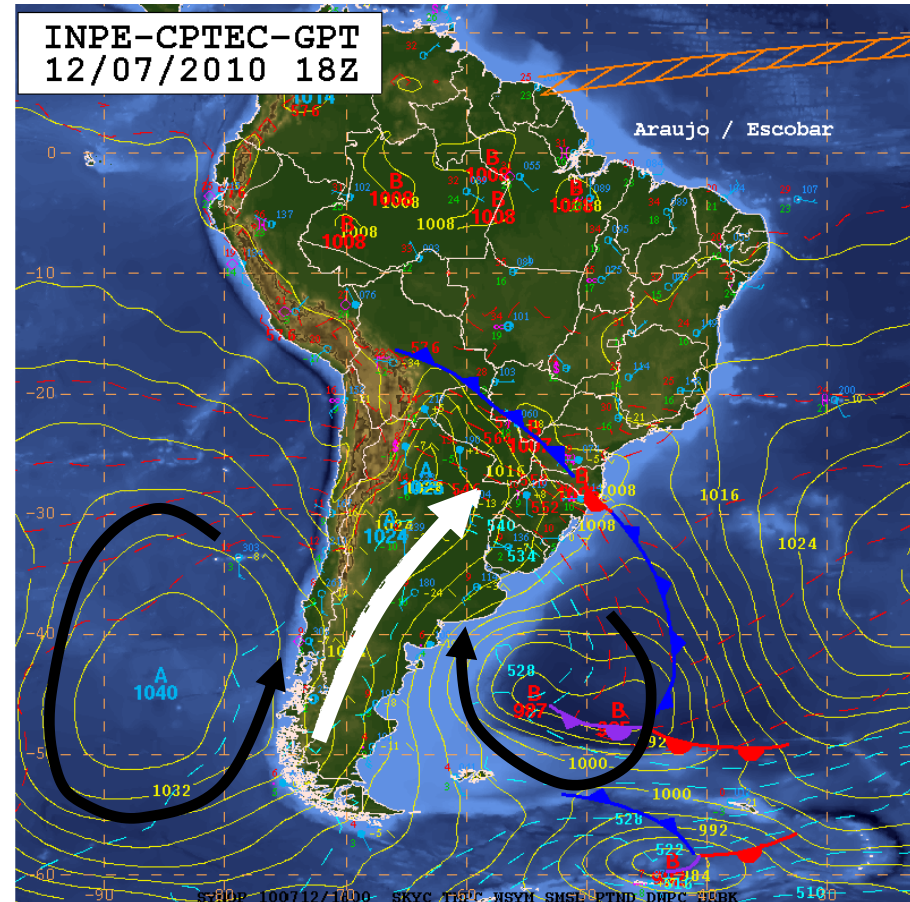
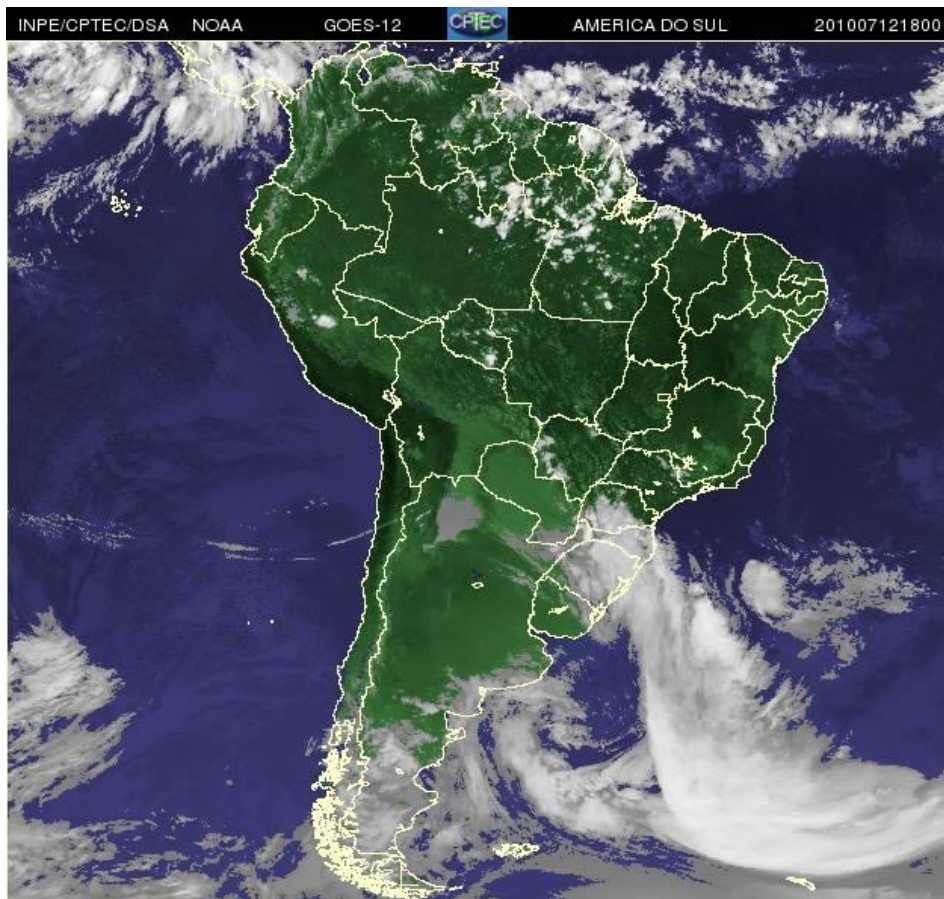


07/05/10



Frente Fria 12/07/2010

Responsável por temperaturas negativas no sul do Brasil e geadas



Caxias do Sul – RS - 14/07/10

Água congela sobre macieira na Serra Gaúcha



<http://noticias.terra.com.br/brasil/fotos/0,,O1131560-EI8139,00vc+reporter+veja+imagens+de+a+de+julho.html>

Santana do Livramento - RS



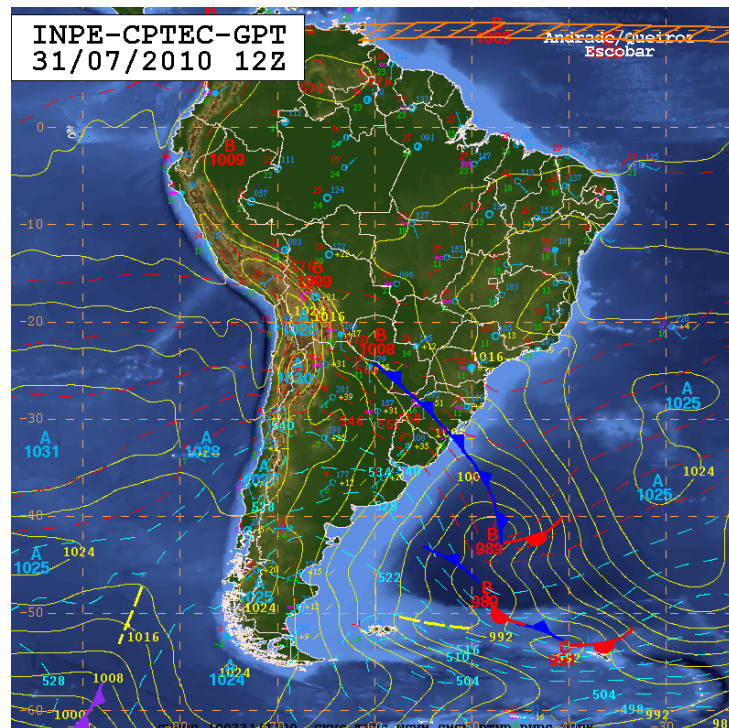
<http://fotos.estadao.com.br/pampa-geada-em-santana-do-livramento-no-rio-grande-do-sul,galeria,828,21538,,,0.htm>

Frente Fria

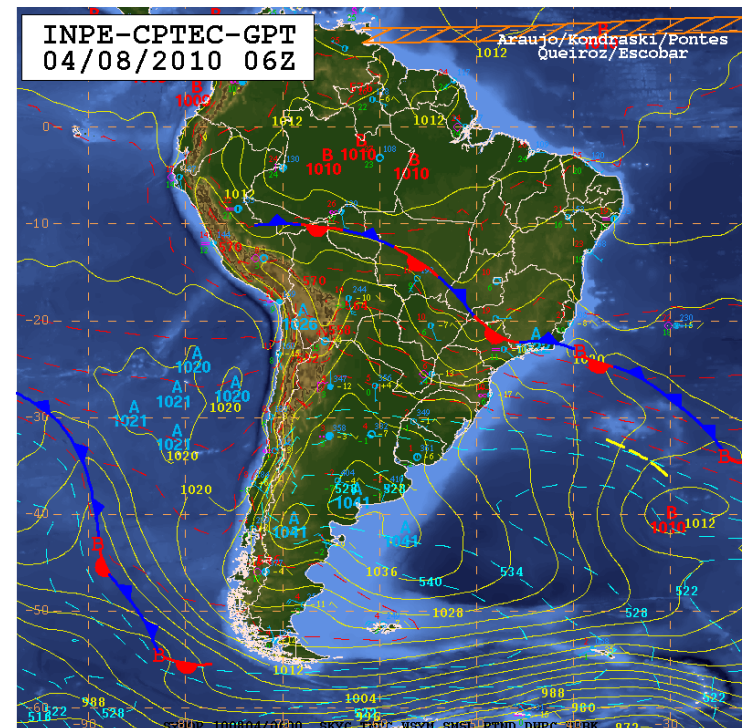
No dia 31/07/10 uma frente fria chegou ao RS.

Após a passagem da frente pela R4 o ar frio invade a região e favorece a ocorrência de geada em várias localidades do RS e neve na serra gaúcha nos dias 03 e 04 de agosto.

31/07/10



04/08/10



G1 - Leitor registra neve em Gramad... +

04/08/2010 07h56 - Atualizado em 04/08/2010 08h23

Leitor registra neve em Gramado (RS)

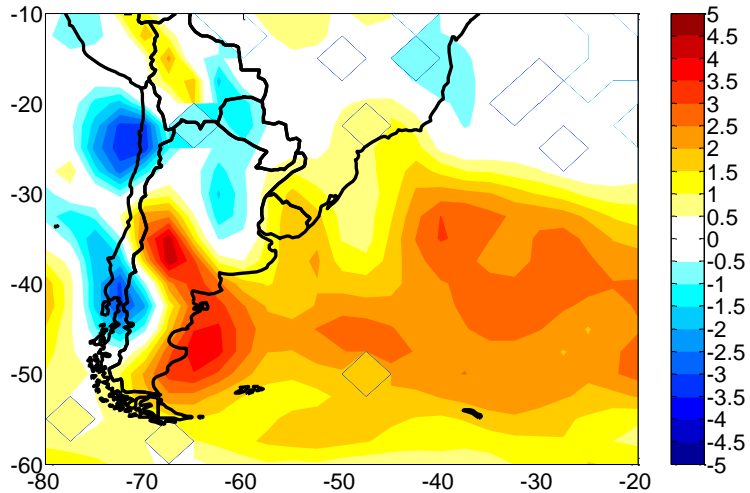
Neve atingiu a cidade turística na madrugada desta quarta-feira (4).
Carros ficaram cobertos por camada branca.

José Sérgio Holanda Cavalcante de Moraes
Internauta, Gramado, RS

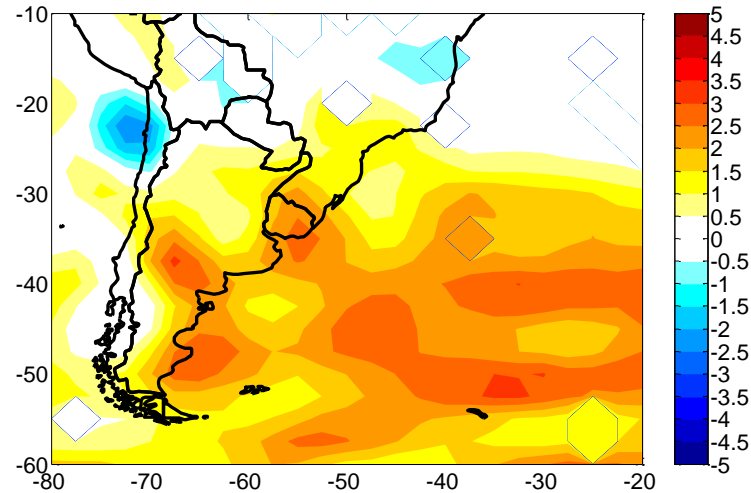


Reboita et al. (2009) determinaram as regiões com condições de formação de frentes entre 1980 e 1999.

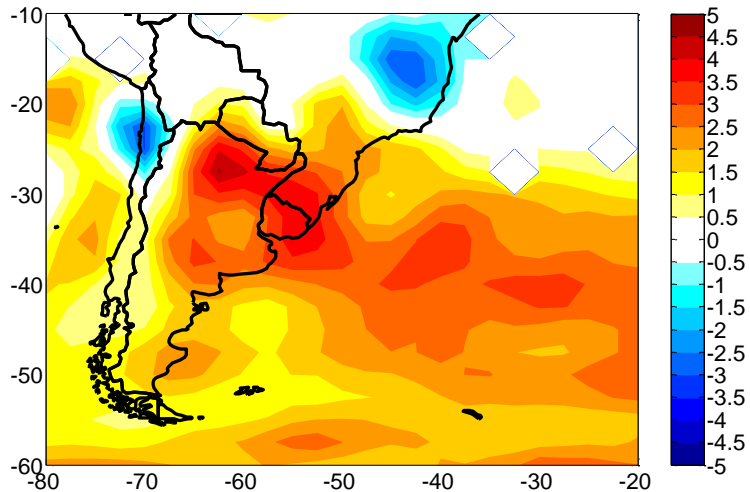
Verão



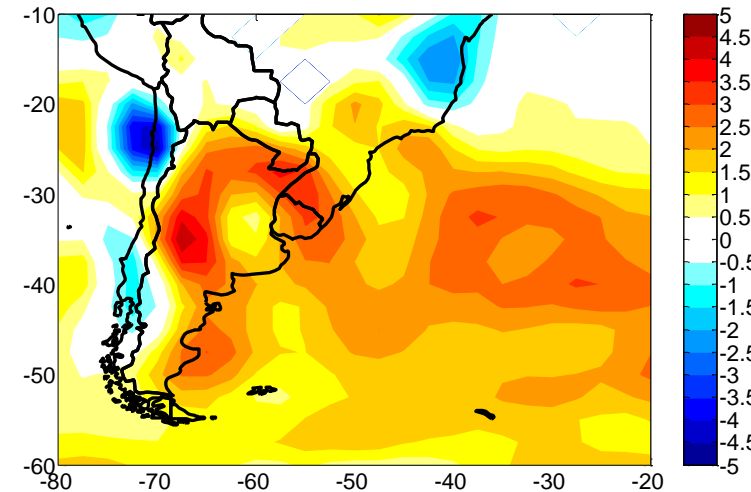
Outono



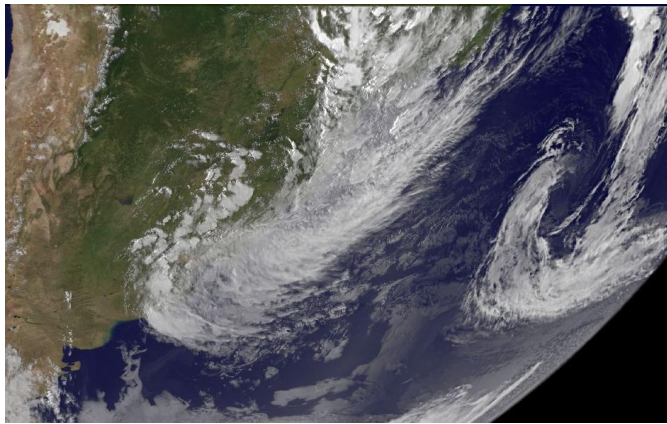
Inverno



Primavera

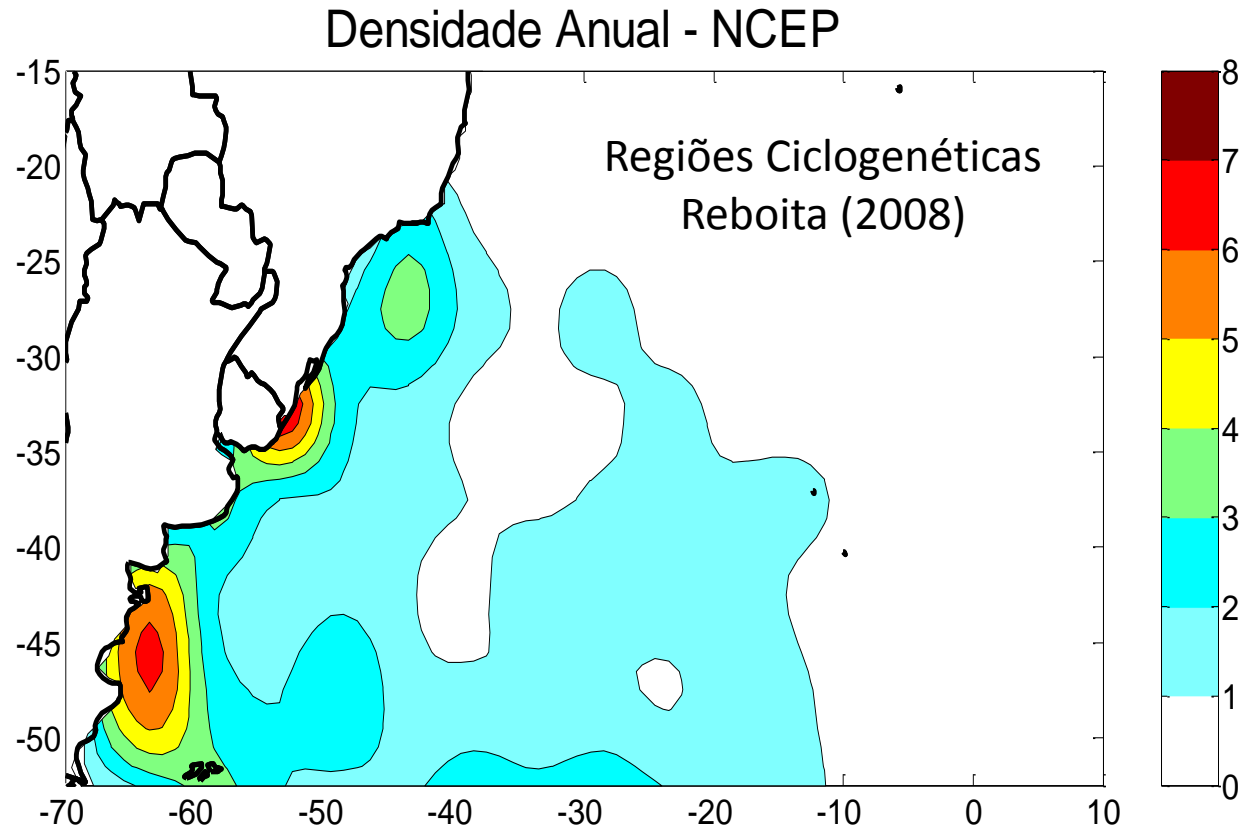


As condições frontogenéticas se intensificam no inverno sobre a R4.



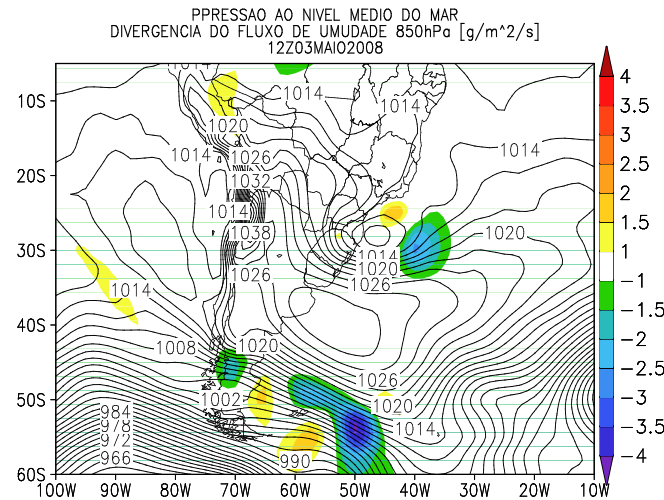
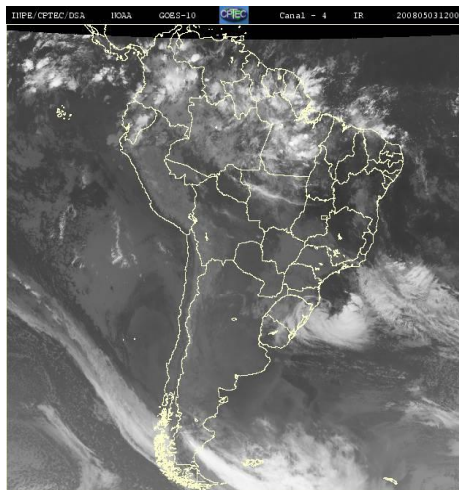
Ciclones

A R4 localiza-se entre 2 regiões ciclogênicas (favoráveis à formação de ciclones)



Muitos casos de ventos fortes e precipitação intensa na região estão associados com ciclones.
Um exemplo é o ciclone que ocorreu na primeira semana de maio de 2008.

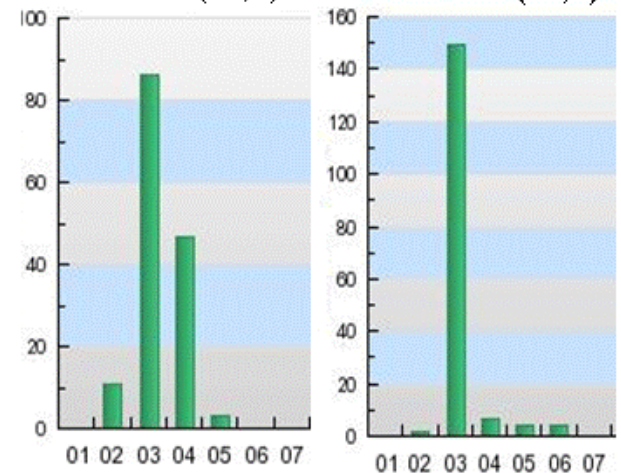
Fase Inicial



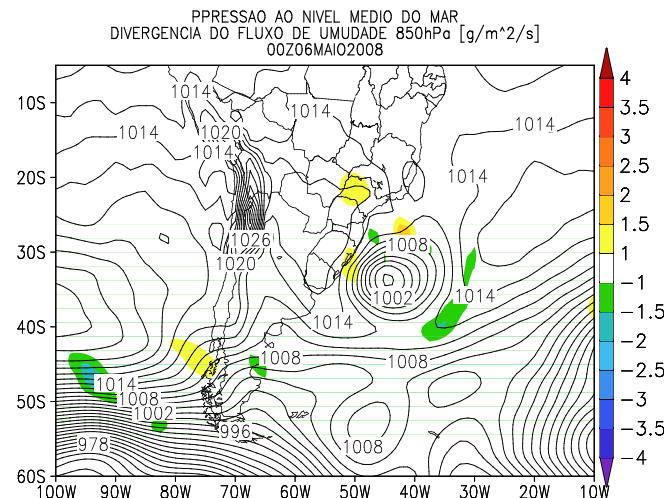
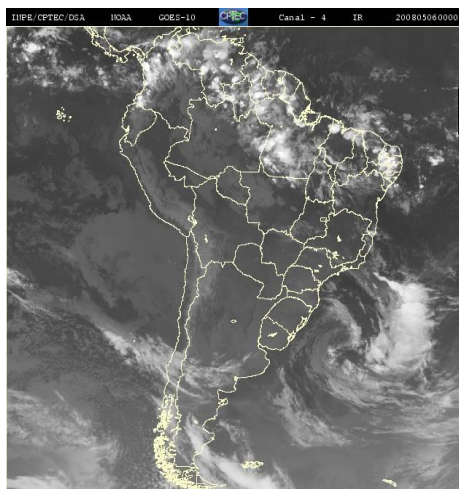
Em Torres e Porto Alegre, esse sistema causou precipitação acima da média climatológica do mês de maio

Média Climatológica

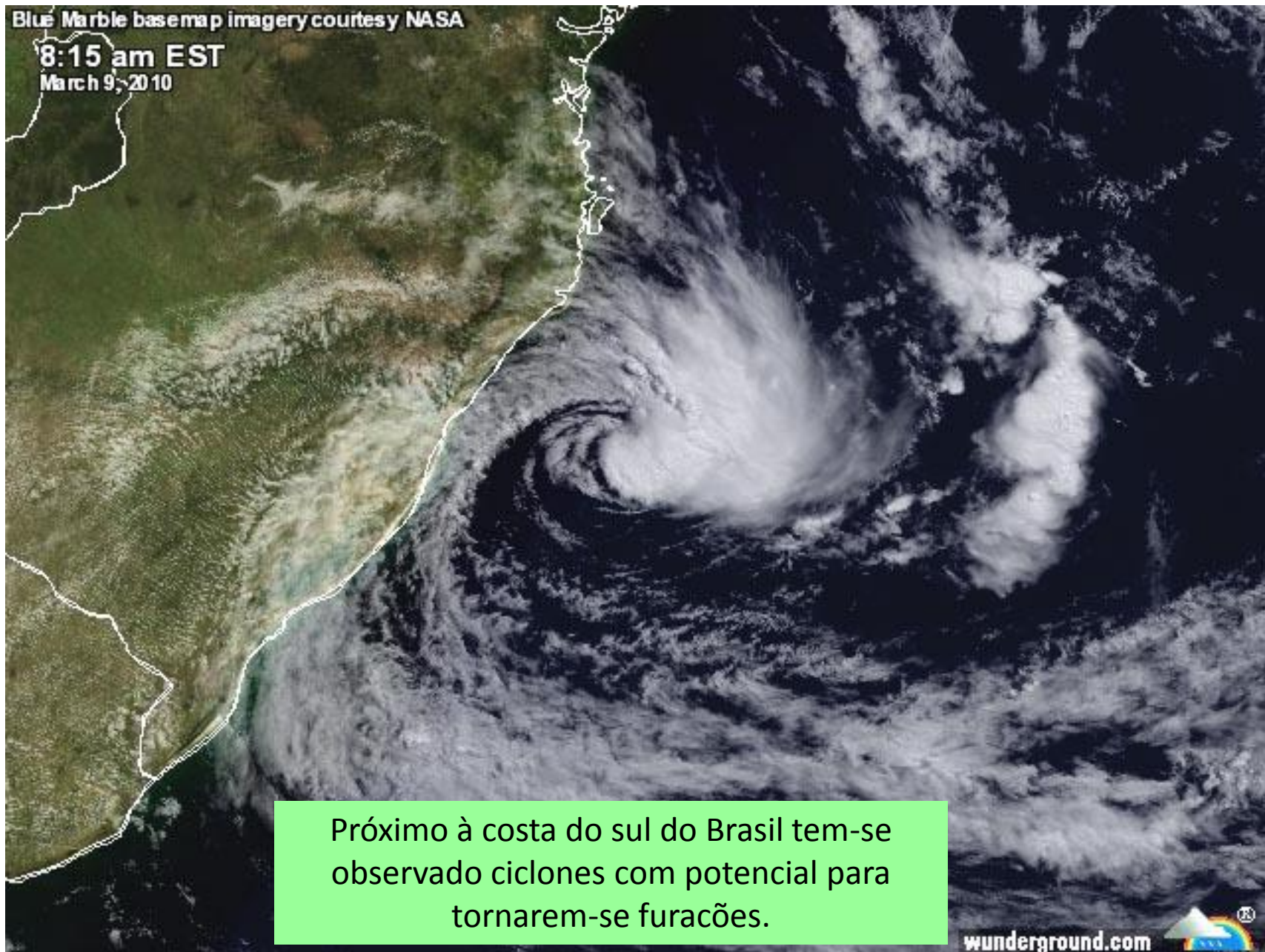
Torres 147 mm (88,5) Porto Alegre 160 mm (94,6)



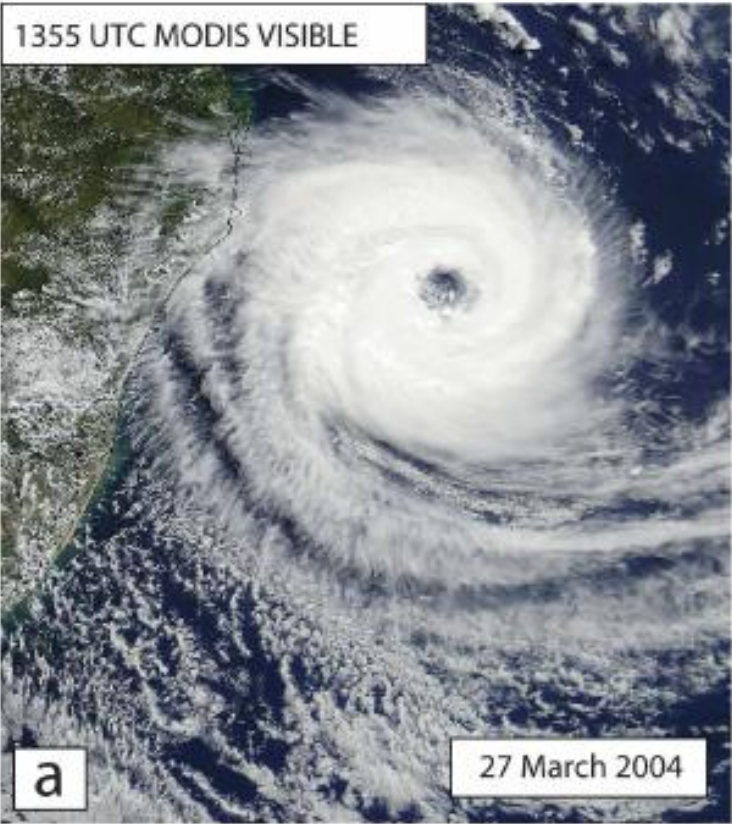
Fase de Maturidade



Ciclone Subtropical formado no dia **9/03/10** próximo a 30,5°S e 48°W sobre TSM de 26°C.

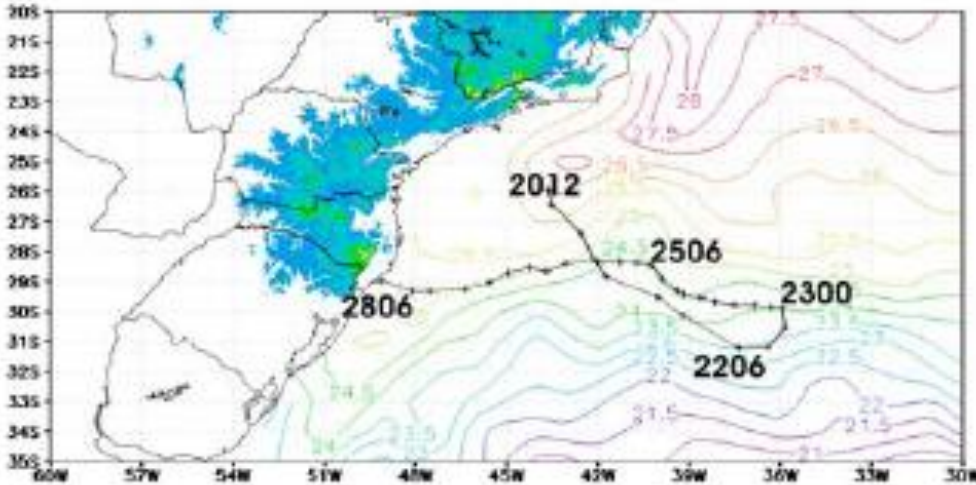


Furacão Catarina



MCTAGGART-COWAN ET AL. 2006

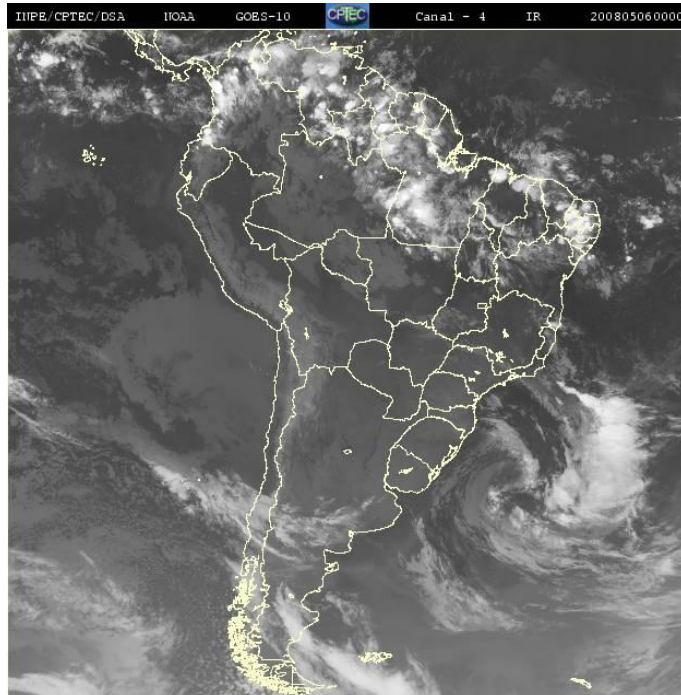
Trajetória do Catarina



Pezza et al. (2006)

Uma diferença entre **ciclone extratropical/subtropical** e **furacão** é que neste último a circulação tende a ser simétrica e há um olho no centro do sistema.

Ciclone em Maio de 2008

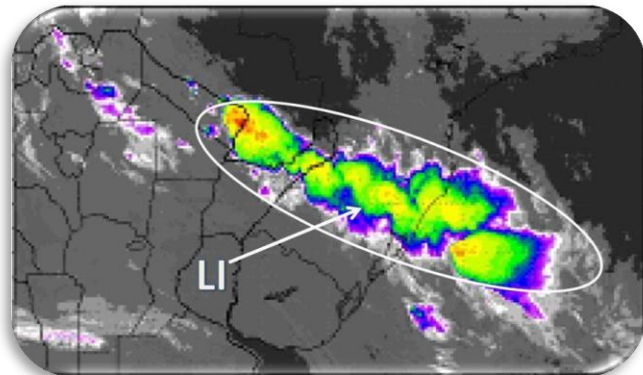


Furacão Catarina

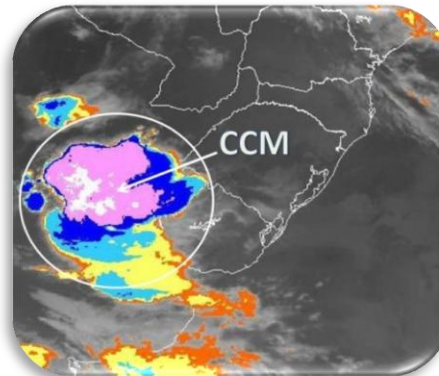


Sistemas Convectivos de Mesoescala

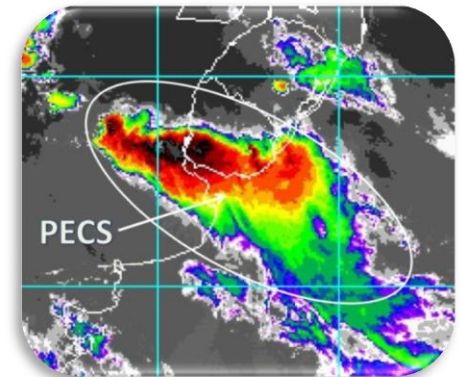
Linhas de Instabilidade



Complexo Convectivo de Mesoescala



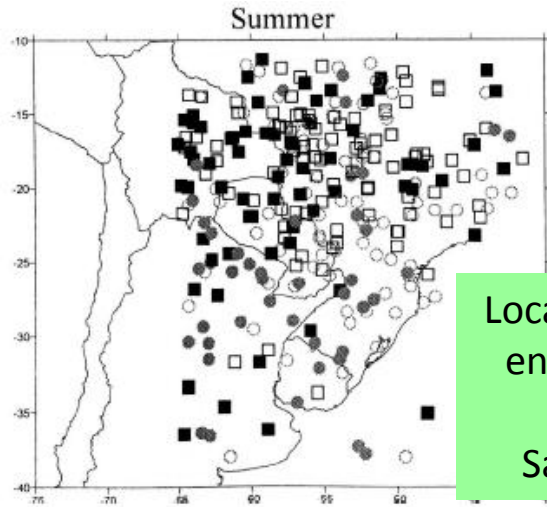
Sistemas Convectivos Alongados Persistentes



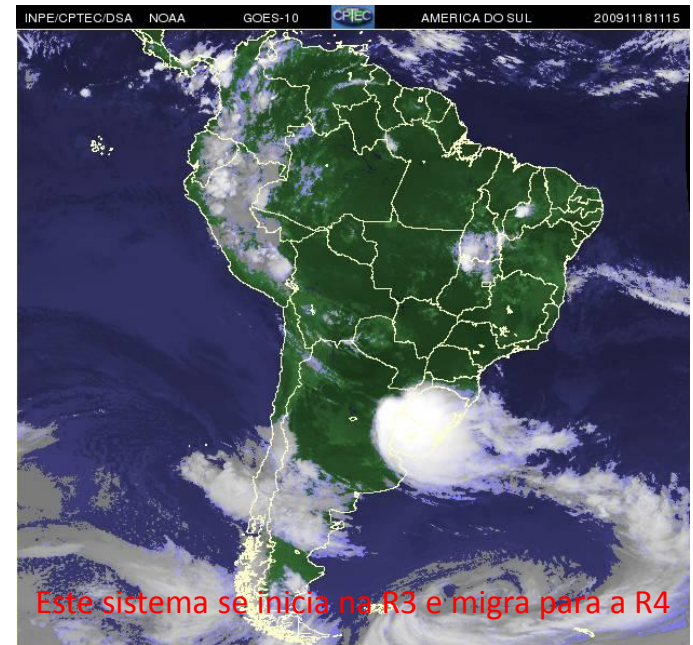
Complexos Convectivos de Mesoescala

18/11/09 9:15 HL

Podem se originar na R3, ou migrarem da R3 para R4, onde causam altas taxas de precipitação



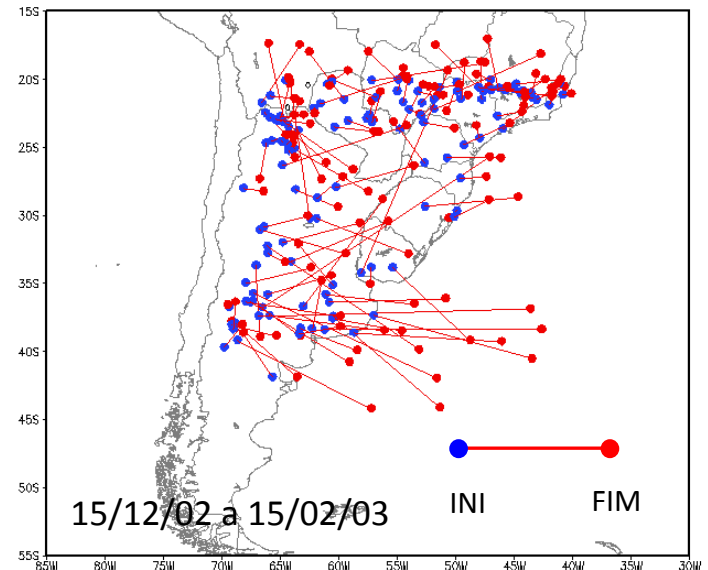
Localização dos CCMs entre 1º/09/2000 a 31/05/2004. Salio et al. (2007)



Trajatória dos CCMs (Guedes e Silva Dias, 1984)



Deslocamento de Sistemas Convectivos de Mesoescala Continentais (Sakamoto, 2009)

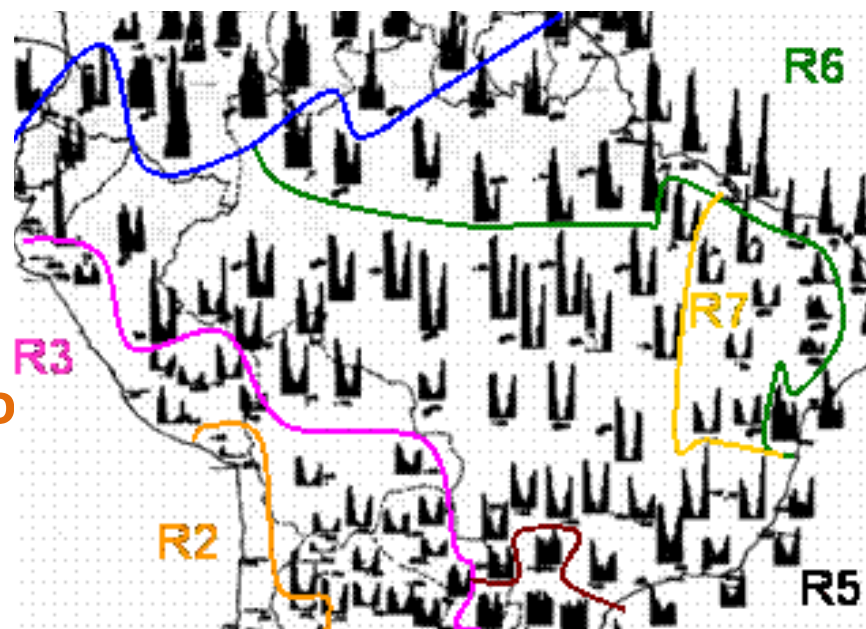


Regimes de Precipitação na AS

R5: Noroeste a Sudeste do Brasil incluindo ainda o Equador e o norte do Peru

Estação mais chuvosa: verão

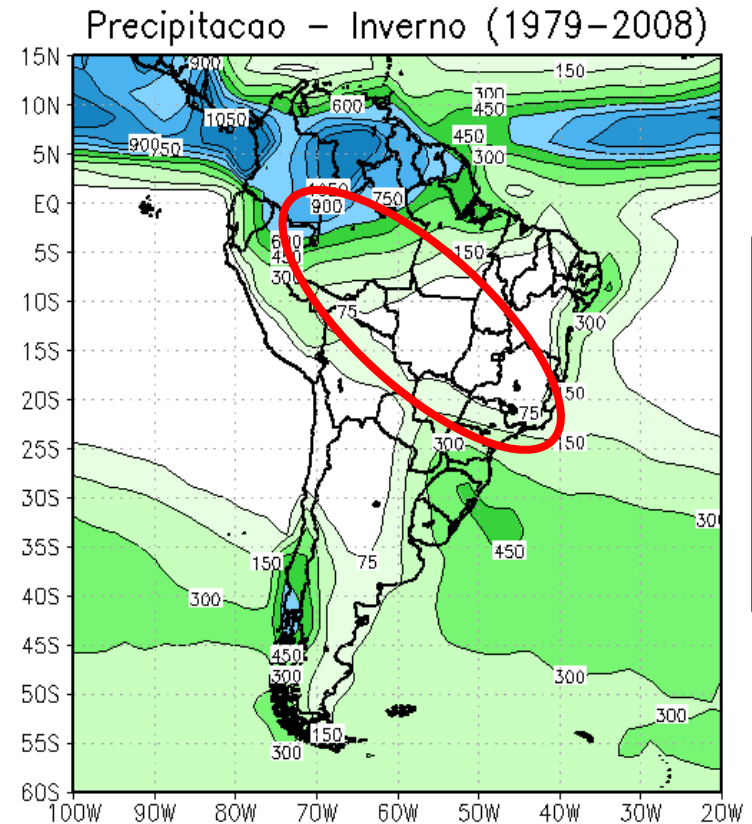
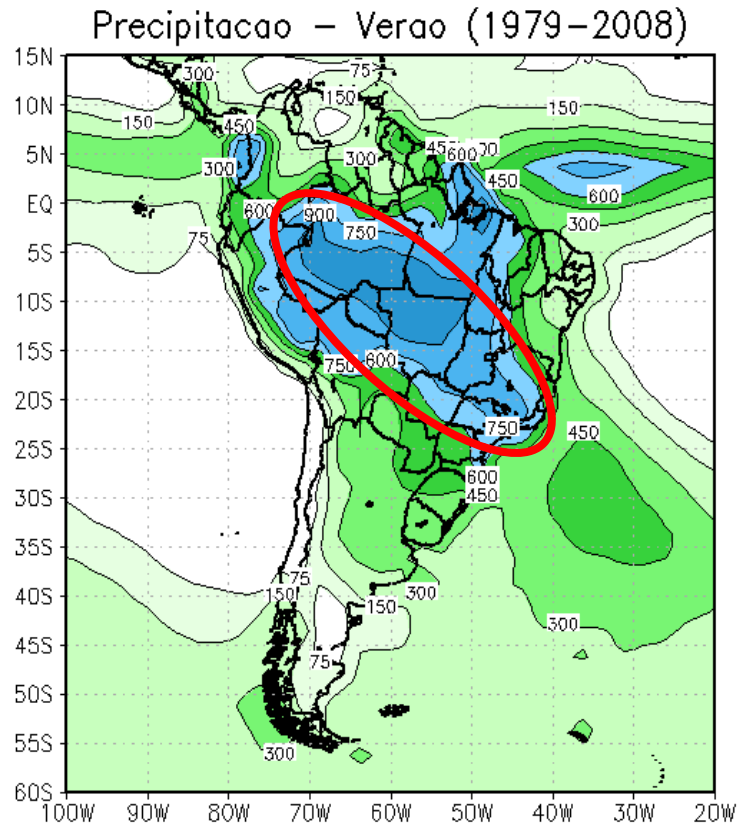
Estação menos chuvosa: inverno



Precipitação

Verão

Inverno



Precipitação em mm (GPCP)

A variabilidade sazonal da precipitação é caracterizada por um período muito chuvoso e outro muito seco .

Baixa Troposfera

Verão

No verão, os raios solares estão perpendiculares ao Trópico de Capricórnio, o que favorece um maior aquecimento da superfície comparado ao inverno.

Esse aquecimento favorece a **atividade convectiva** que é um importante mecanismo de formação de nuvens.

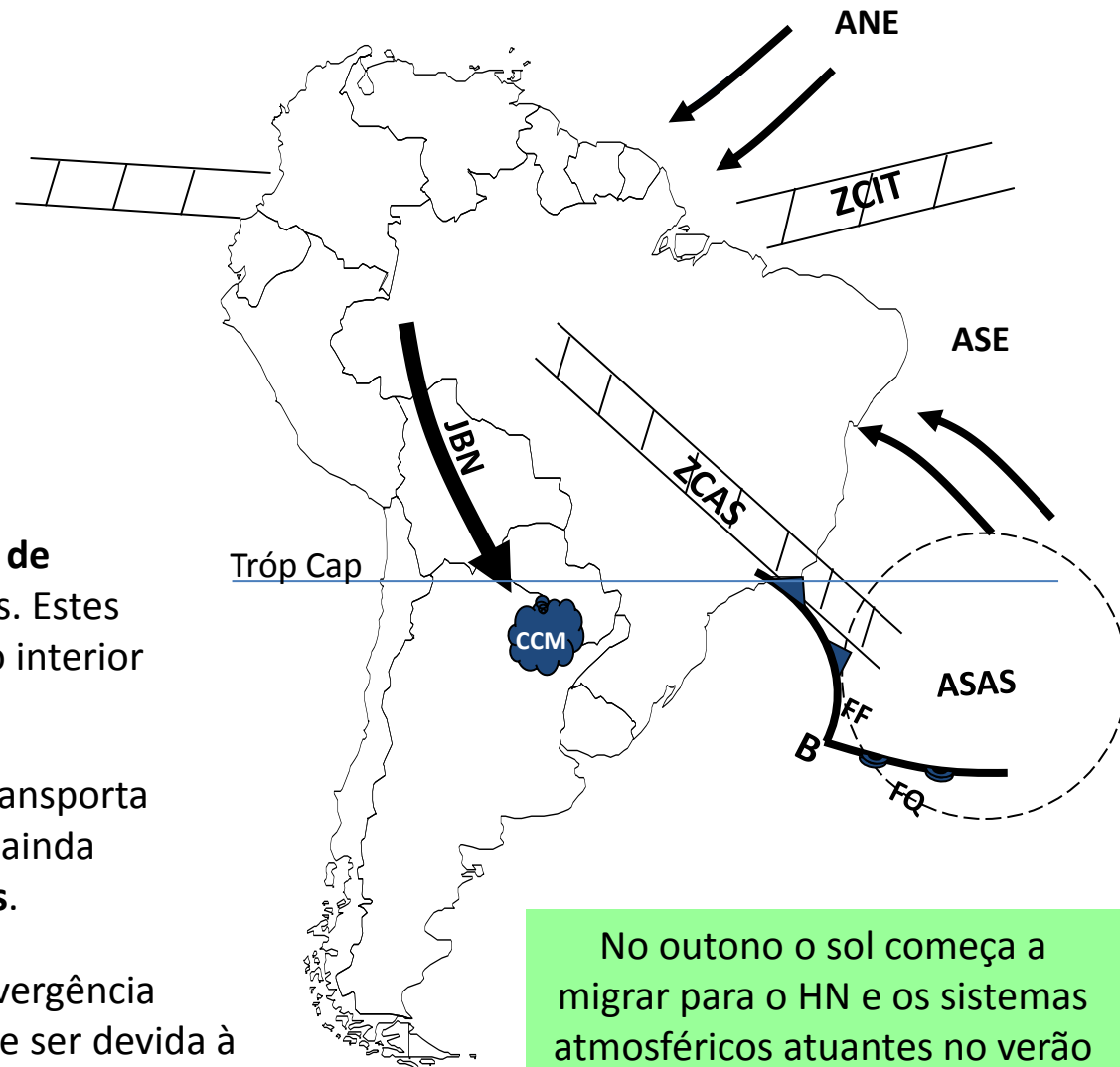
Os sistemas atmosféricos estão deslocados para sul.

A **ZCIT** favorece a precipitação no N e Ne do Brasil.

Verão é a estação em que **os alísios de nordeste (ANE)** estão mais intensos. Estes ventos transportam umidade para o interior do continente.

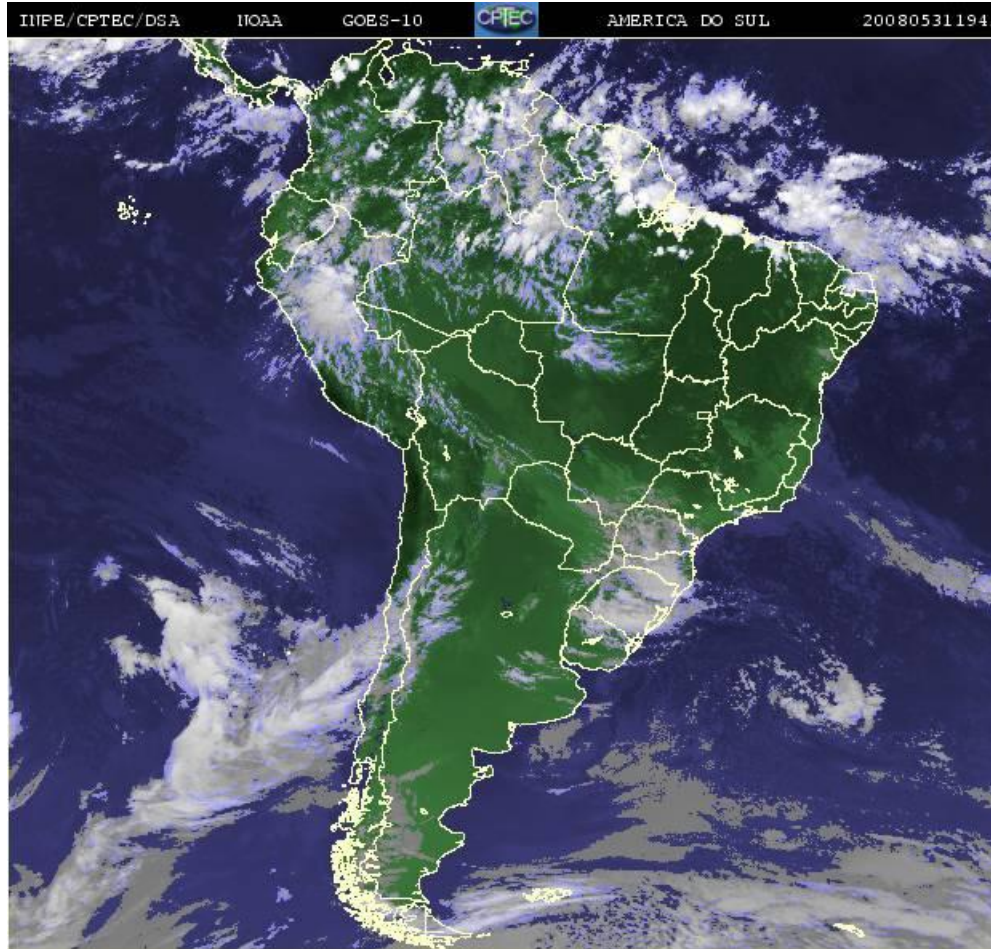
O **JBN** é favorecido pelos alísios e transporta umidade para os subtropicais. Pode ainda contribuir para a formação de **CCMs**.

Há a formação de uma zona de convergência sobre o continente (**ZCAS**), que pode ser devida à interação de vários sistemas (**JBN, ASE, frentes**)

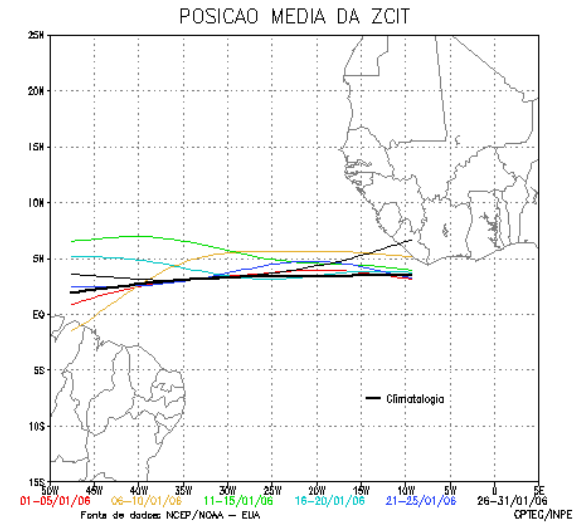


No outono o sol começa a migrar para o HN e os sistemas atmosféricos atuantes no verão na AS enfraquecem.

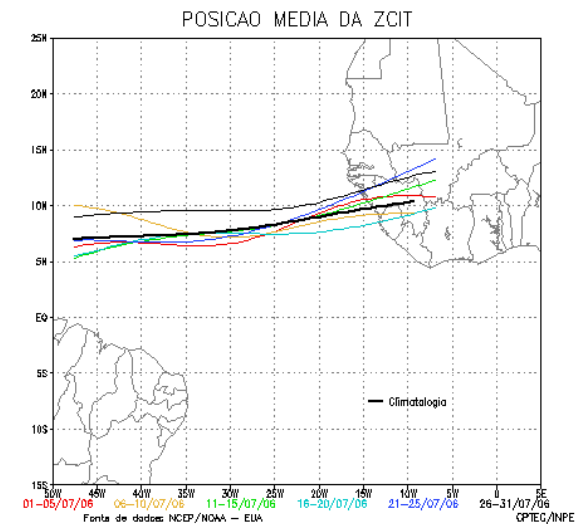
Zona de Convergência Intertropical



Janeiro



Julho



Entre agosto e setembro \Rightarrow 10°N-14°N

Entre março e abril \Rightarrow 4°S

— Posição climatológica

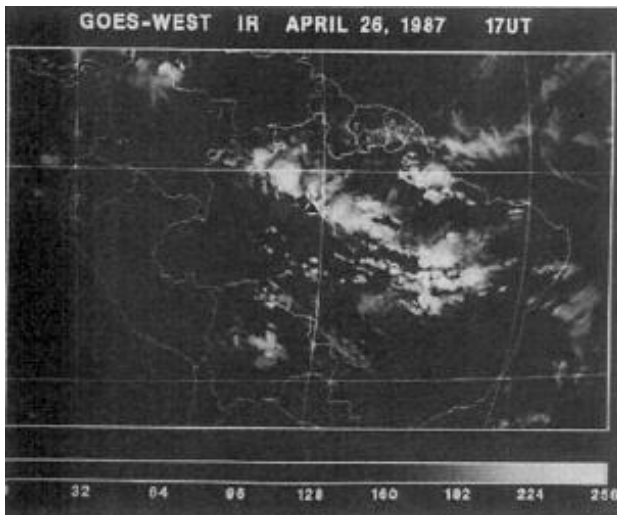
Sistemas Convectivos Setor norte da R5

Sistemas convectivos alongados



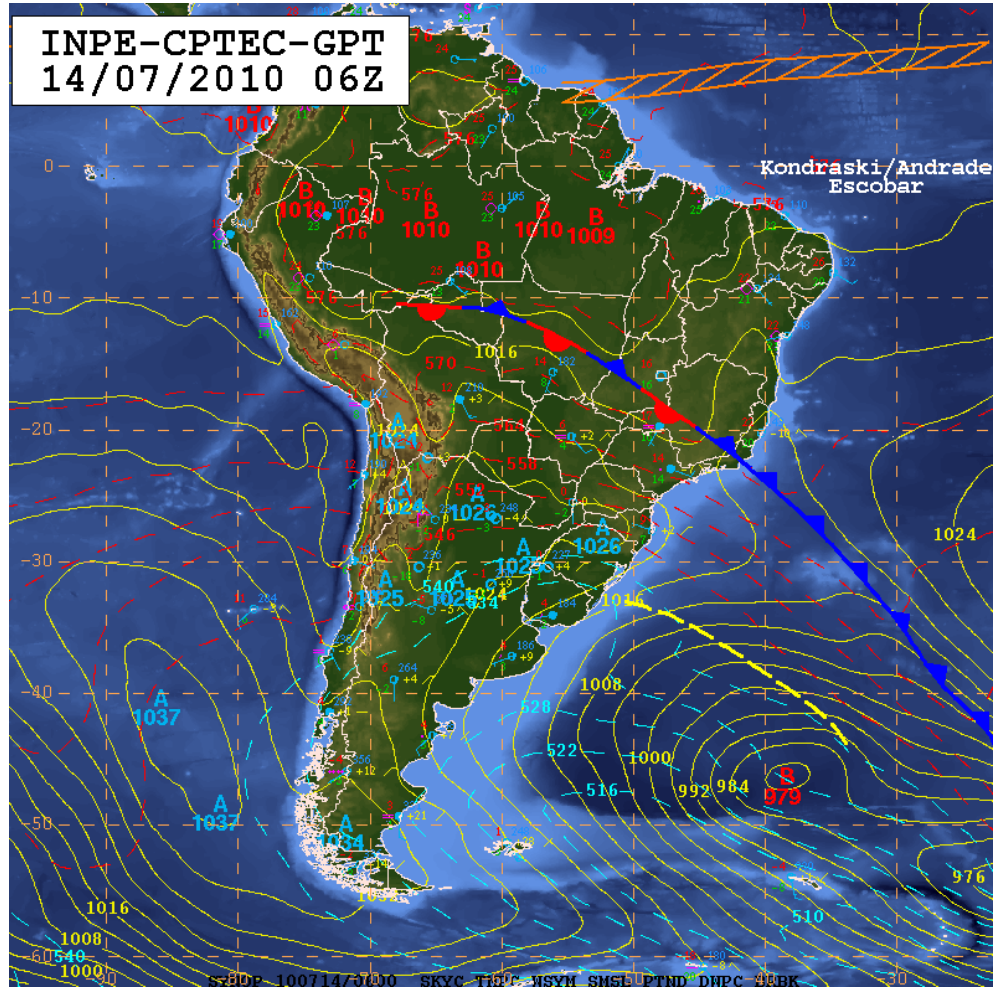
CCMs

Linha de instabilidade ocorrida na região norte do Brasil em abril de 1987. Garstang et al. (1994)



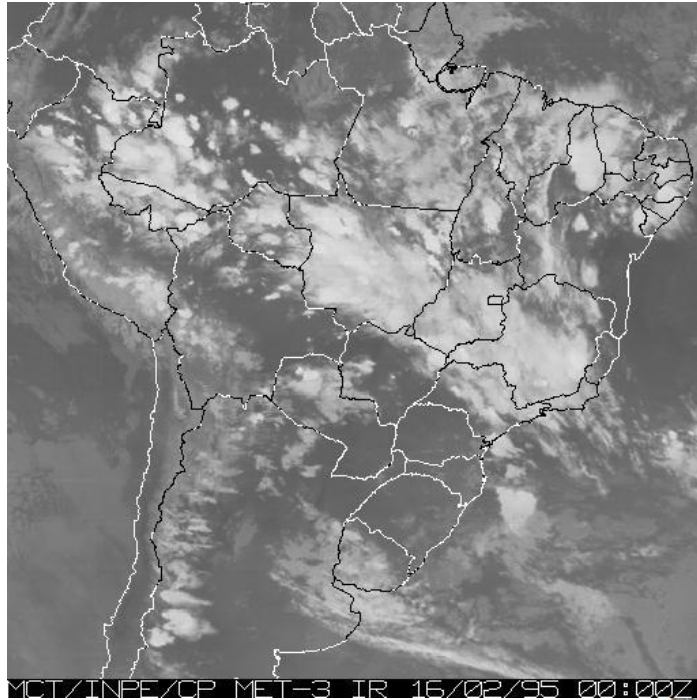
Frentes e o Fenômeno de Friagem

Setor norte da R5



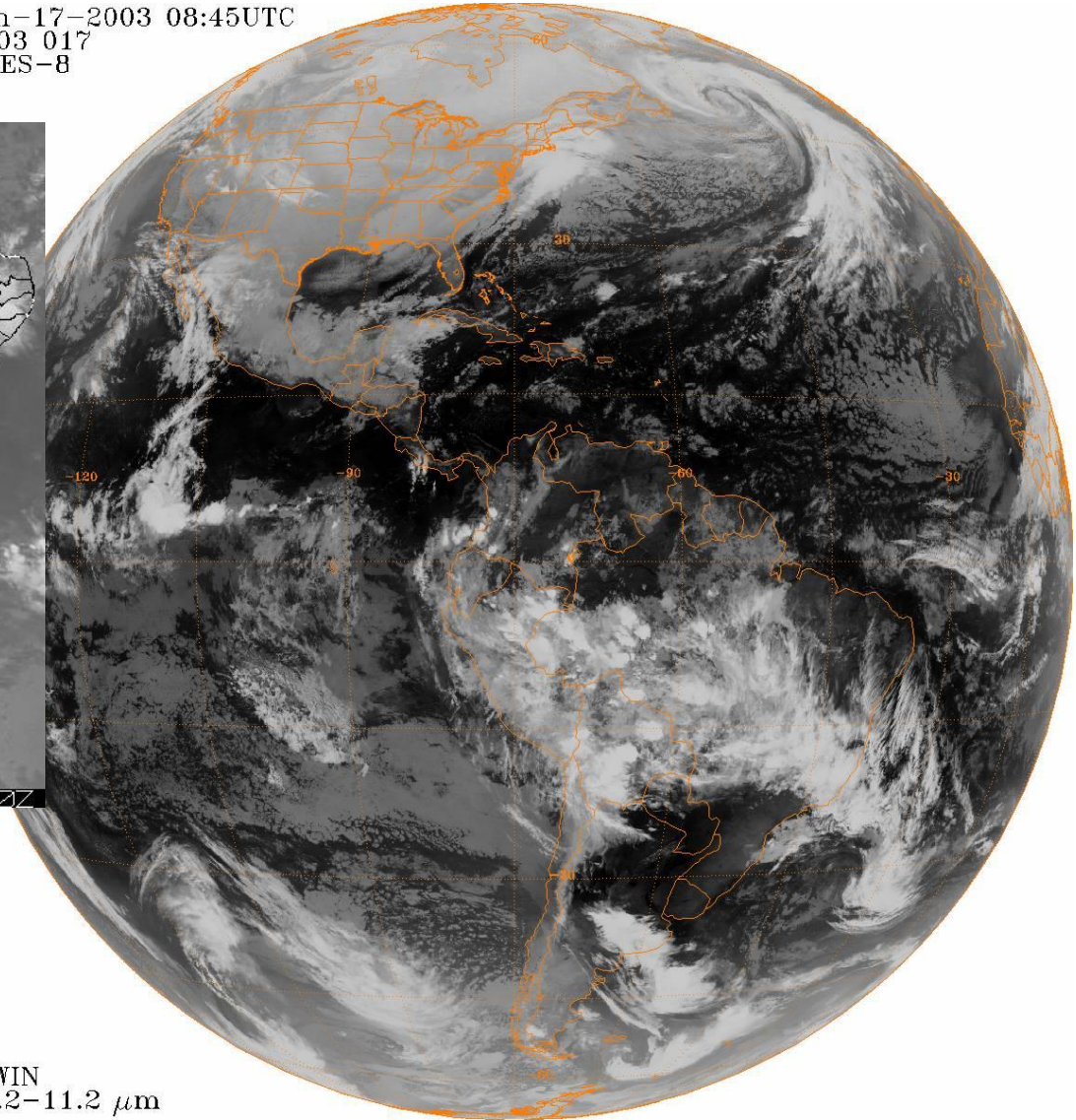
Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS

16/02/95



17/01/03

Jan-17-2003 08:45UTC
2003 017
GOES-8



Setor sul da R5

Frentes

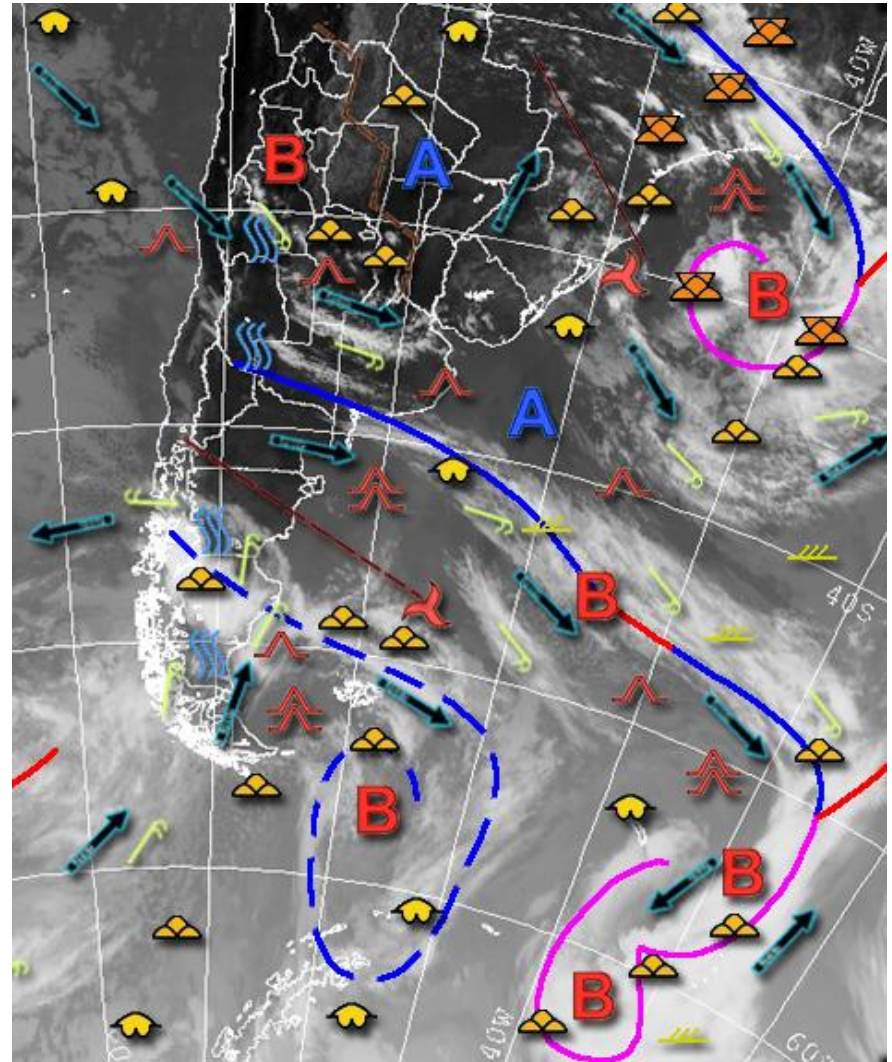
Ciclones

Linhas de instabilidade

CCMs subtropicais

Bloqueios atmosféricos

ASAS



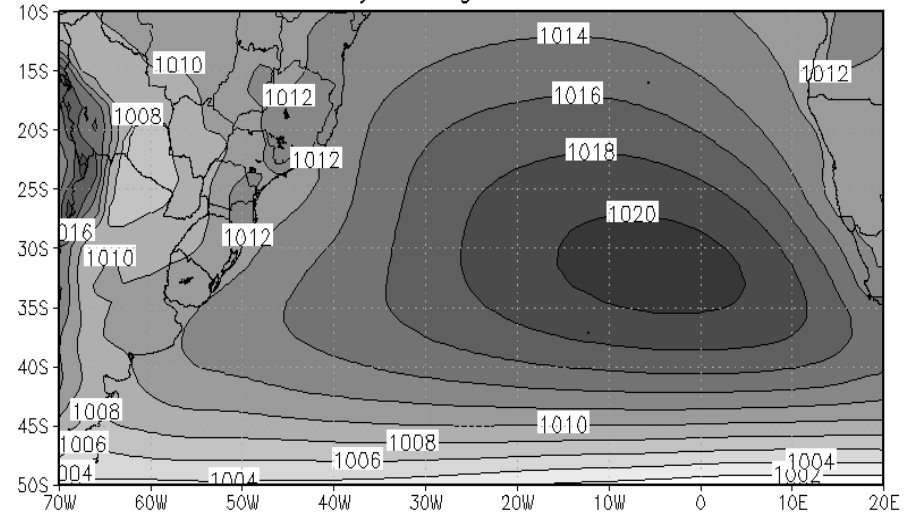
Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)

No **inverno** o ASAS alcança sua posição mais oeste, se estendendo até a região sudeste do Brasil.

Eventos de chuva no sudeste ocorrem quando os sistemas frontais e ciclones conseguem se sobrepor ao ASAS .

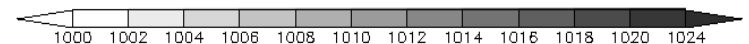
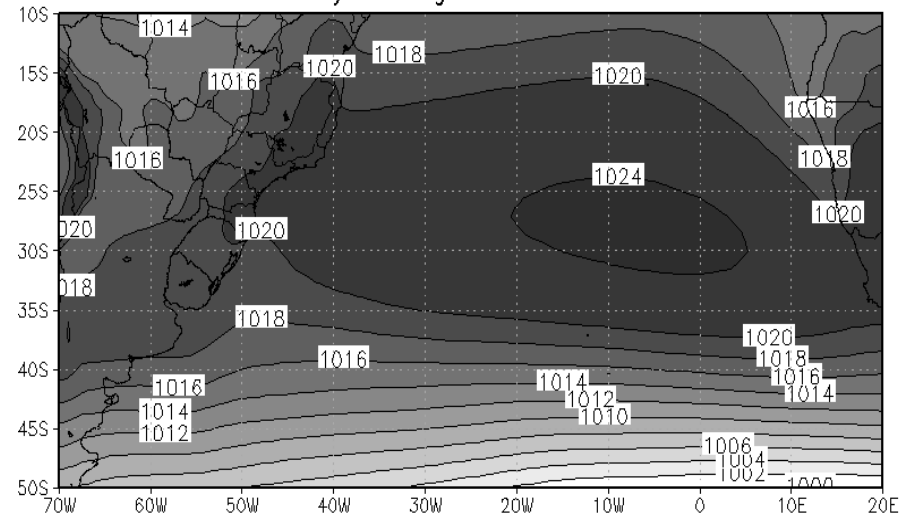
Janeiro

January Average 1989–2008



Julho

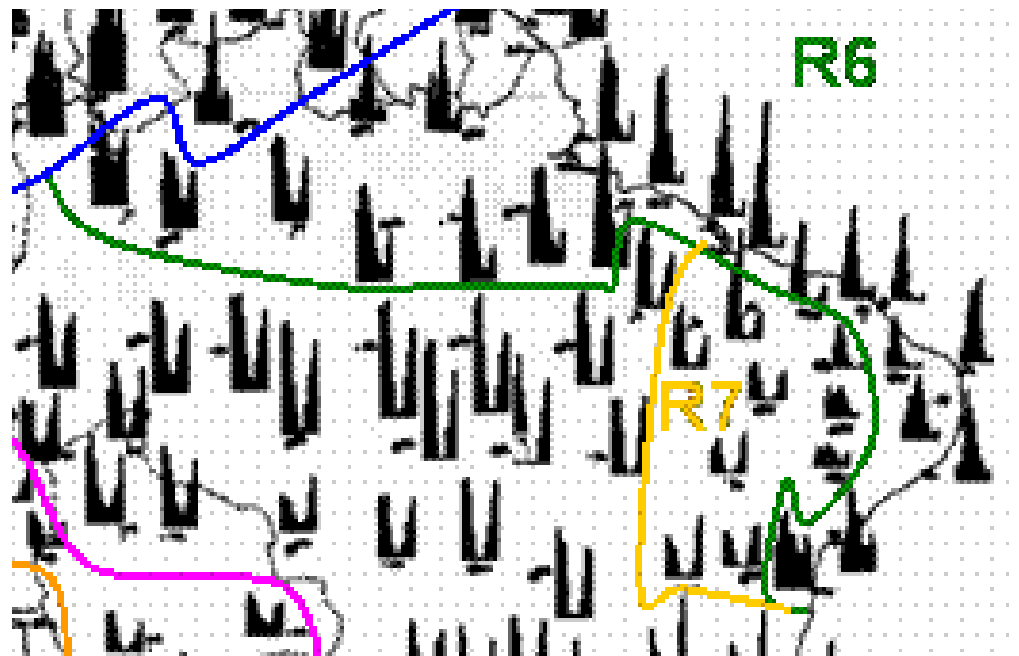
July Average 1989–2008



Regimes de Precipitação na AS

R6: Norte da Região Norte do Brasil e Litoral do Nordeste

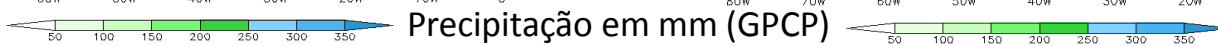
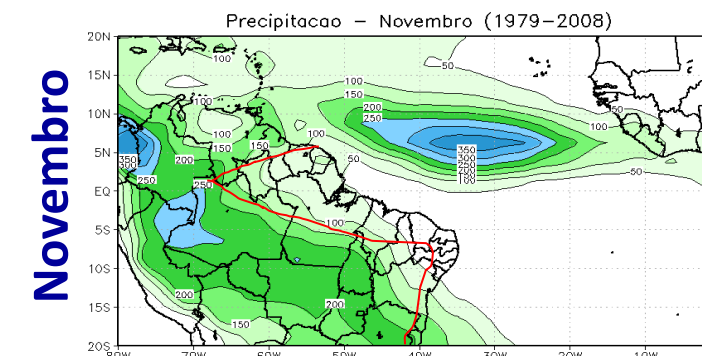
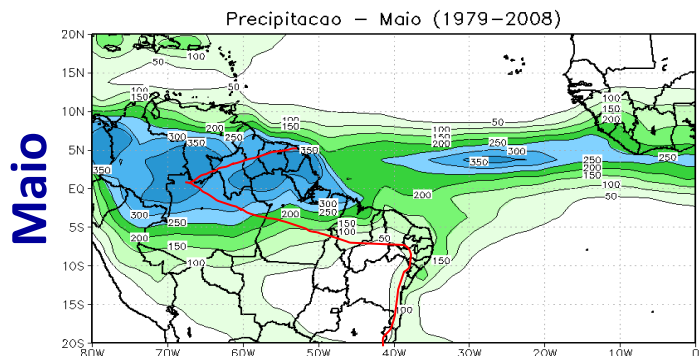
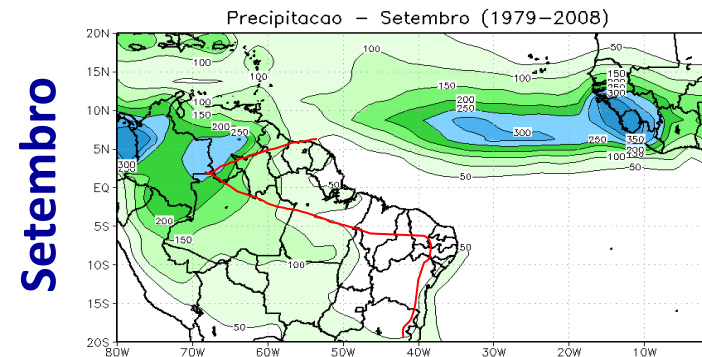
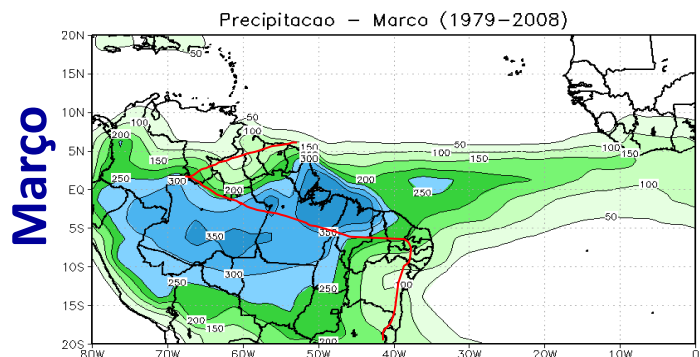
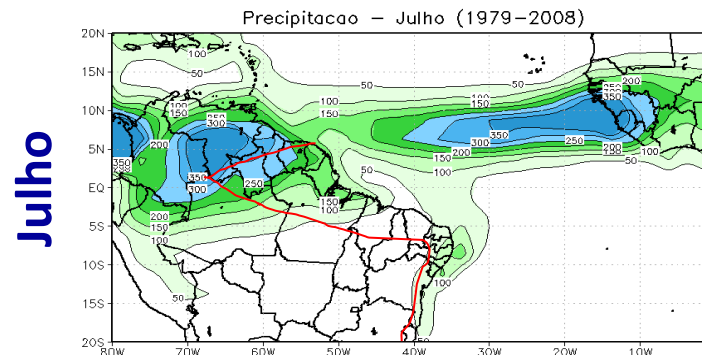
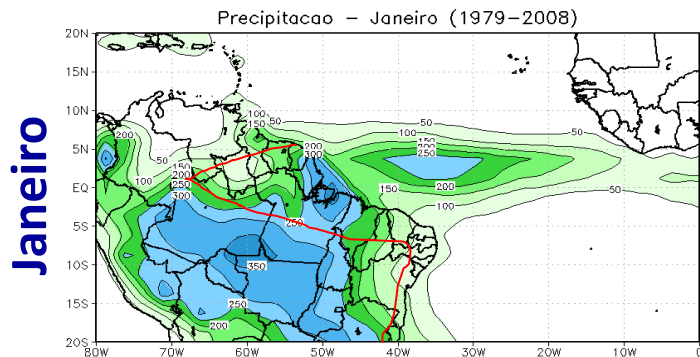
Estação mais chuvosa:
primeiro semestre do ano



Total anual de ~ 2000 mm no norte da região norte
Total anual de ~1500 mm no litoral da região nordeste

Precipitação e a Localização da ZCIT

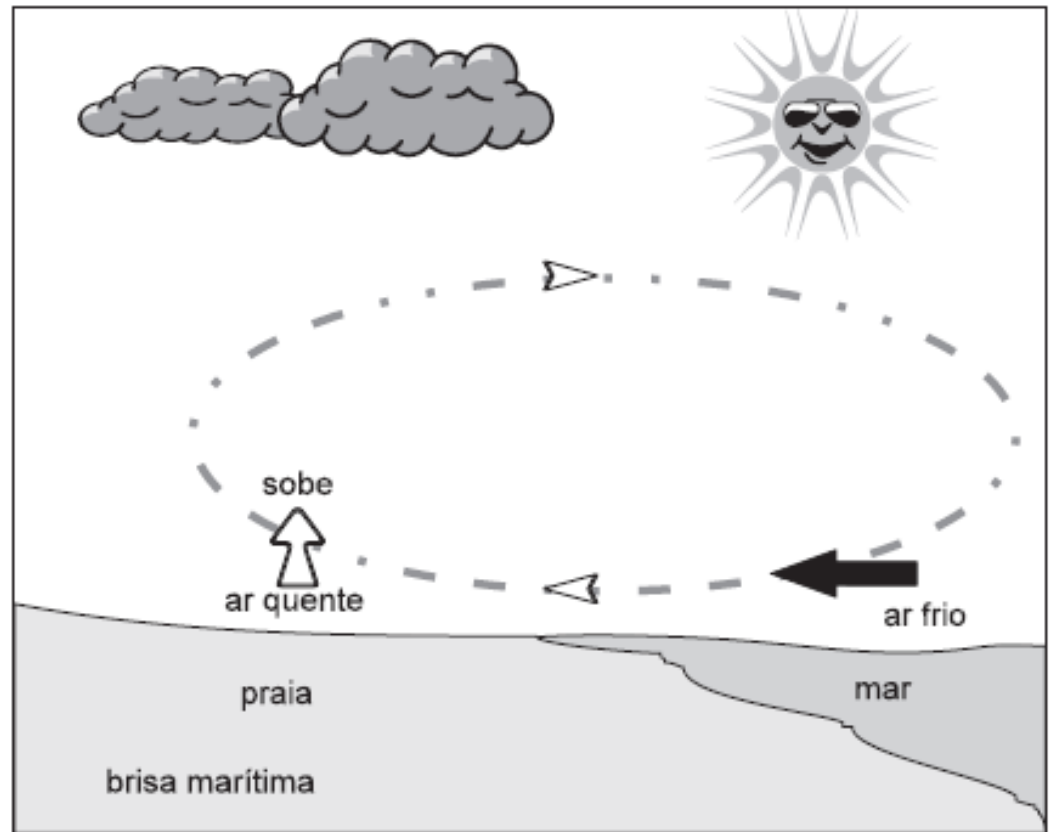
Os máximos pluviométricos no primeiro semestre do ano estão associados à localização da ZCIT no HS



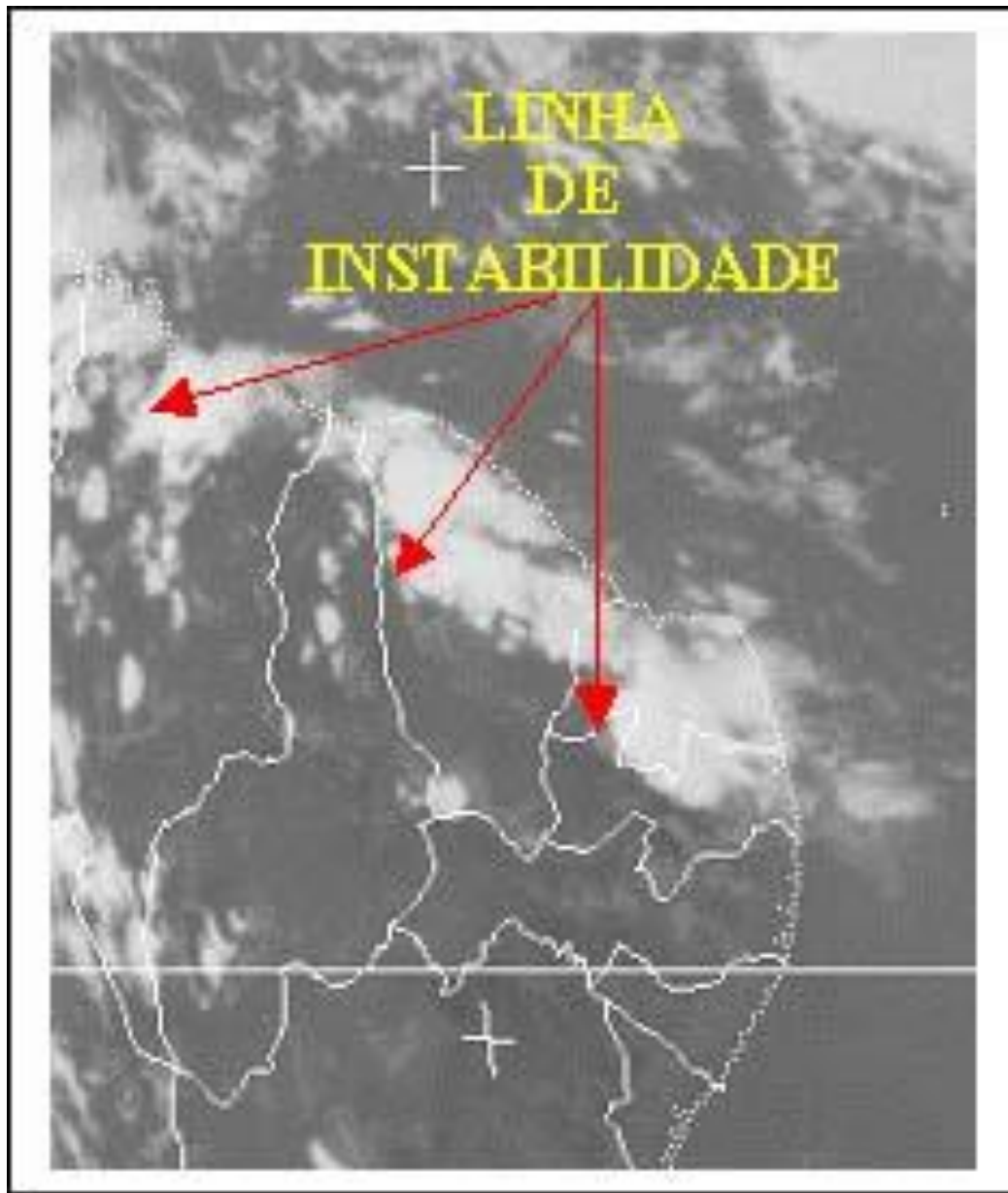
Brisa Marítima

Transporta umidade para o interior do continente.

A interação dos **ventos alísios** com a **circulação de brisa** pode gerar **linhas de instabilidade** que adentram o continente.



OBS: a brisa marítima também ocorre em outras regiões da AS.

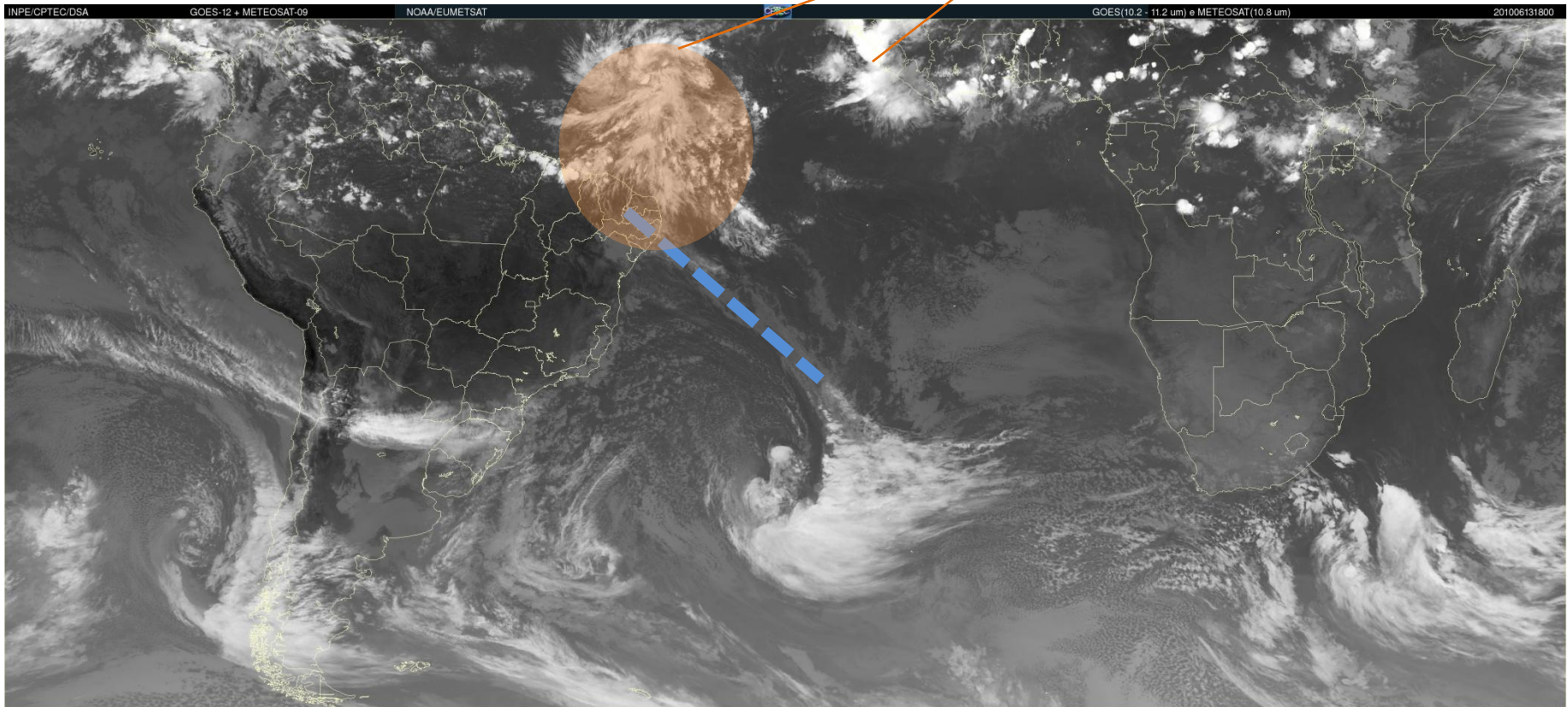


Outros sistemas
atuantes na R6

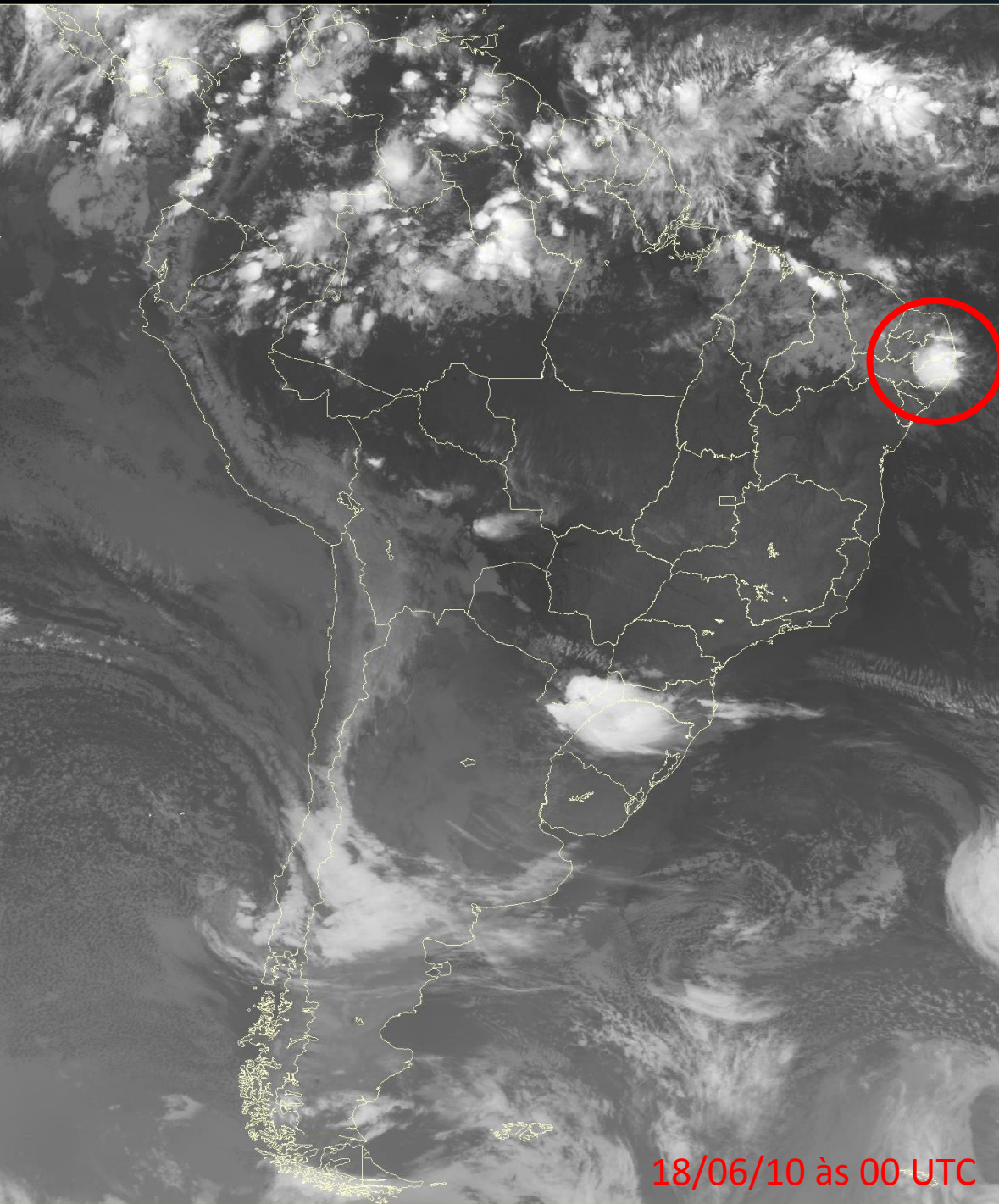
frentes, ondas de leste,
CCMs

Entre os dias 13 e 15 de junho de 2010 o litoral do nordeste do Brasil esteve sob a atuação simultânea de uma **frente fria** e de uma **onda de leste** que causaram chuvas na região.

Esses aglomerados de nuvens indicam a ocorrência de uma onda de leste



Após a ocorrência destes sistemas se formou um CCM na região.



Complexo Convectivo de Mesoescala

- Conjunto de nuvens com formato circular

-Este sistema causou chuvas fortes numa região que já tinha sido afetada por chuvas decorrentes de outros sistemas atmosféricos.

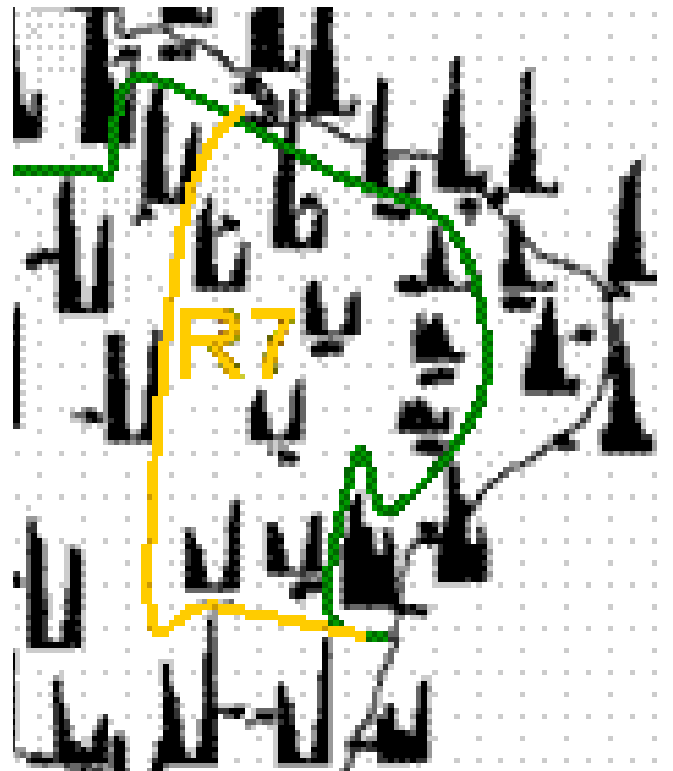
18/06/10 às 00 UTC

Regimes de Precipitação na AS

R7: Sertão Nordestino do Brasil

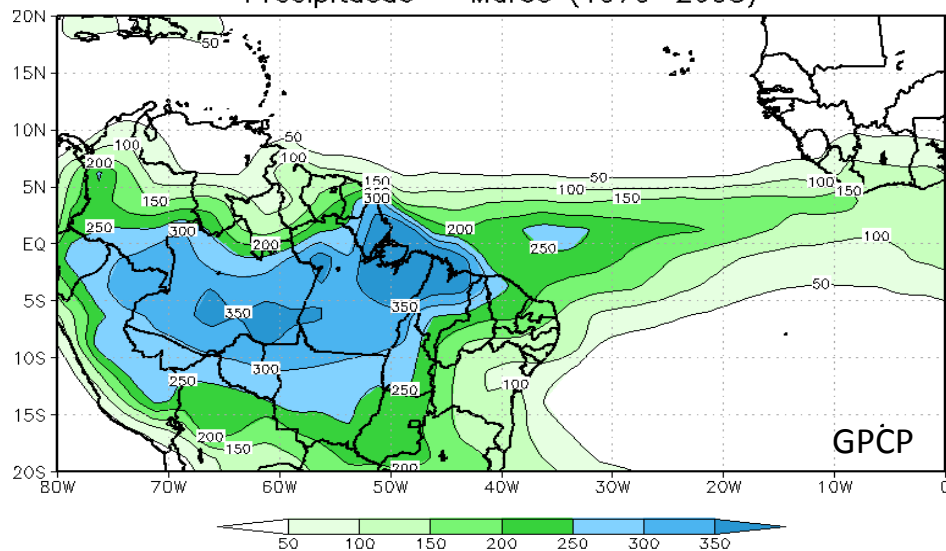
Estação mais chuvosa: verão/outono

Estação menos chuvosa: inverno



Total anual: 200 – 500 mm

Precipitação – Março (1979–2008)



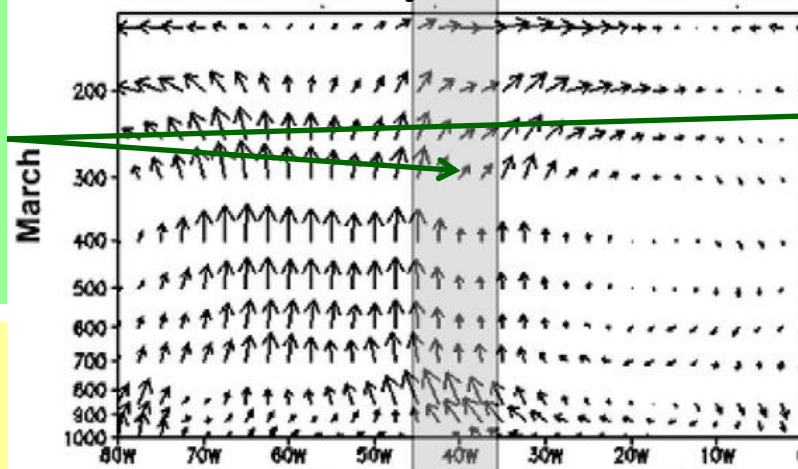
No verão e outono como a ZCIT está localizada no HS favorece a precipitação na região

No verão e outono ocorrem **movimentos ascendentes** na R7, associados à atividade convectiva na Amazônia e ZCIT.

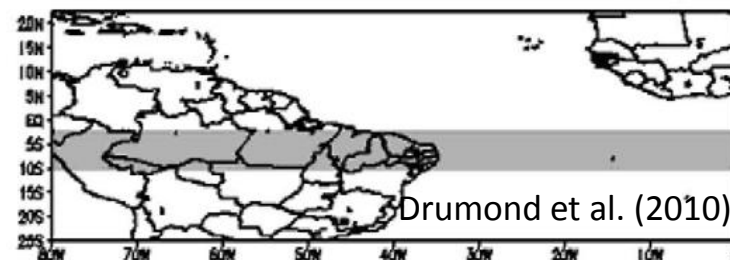
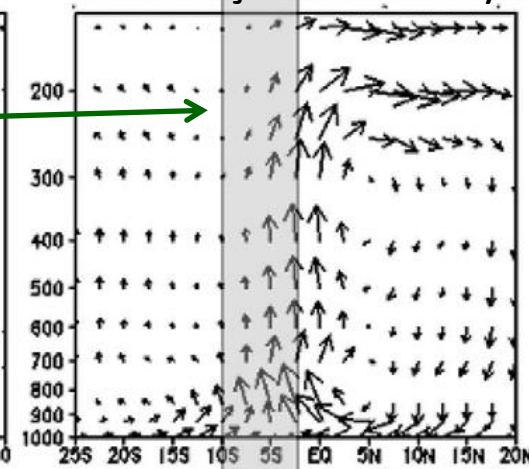
No inverno ocorrem movimentos **subsidentes**:

- ramo descendente da ZCIT que está localizada no HN e
- ramo descendente da circulação de Walker.

Circulação de Walker

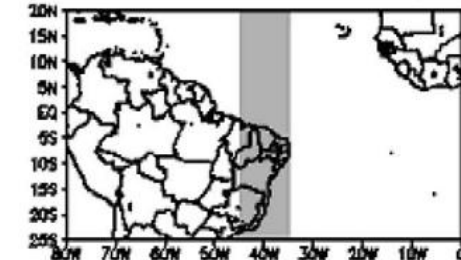


Circulação de Hadley



Drumond et al. (2010)

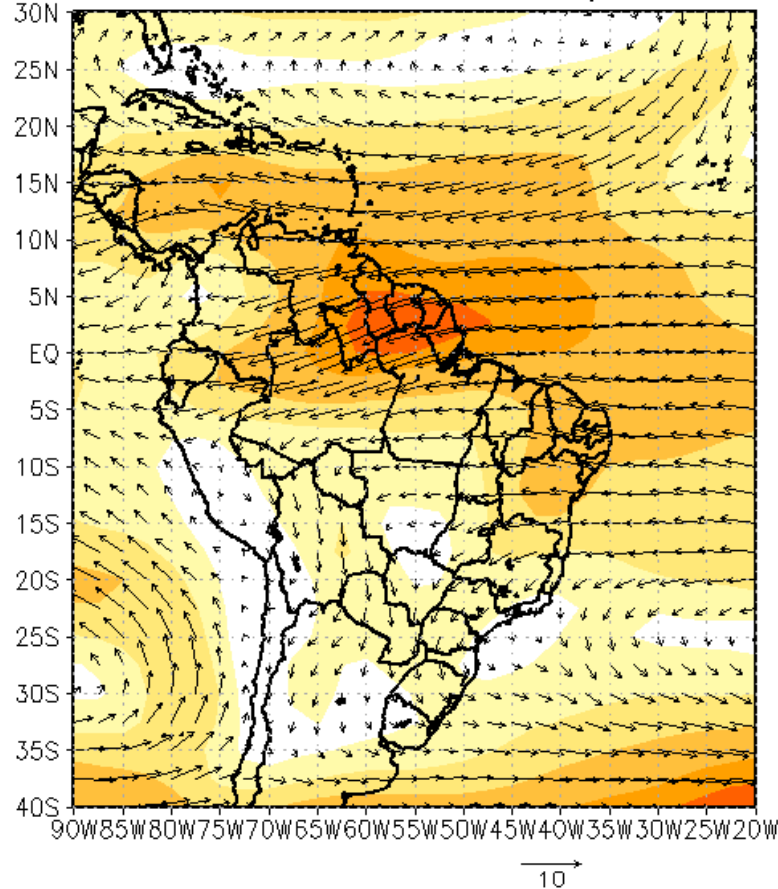
Corte na latitude



Corte na longitude

Ventos de leste no litoral do NE → transportam umidade do oceano para o continente
A umidade não chega até o sertão nordestino por causa da Serra da Borborema.

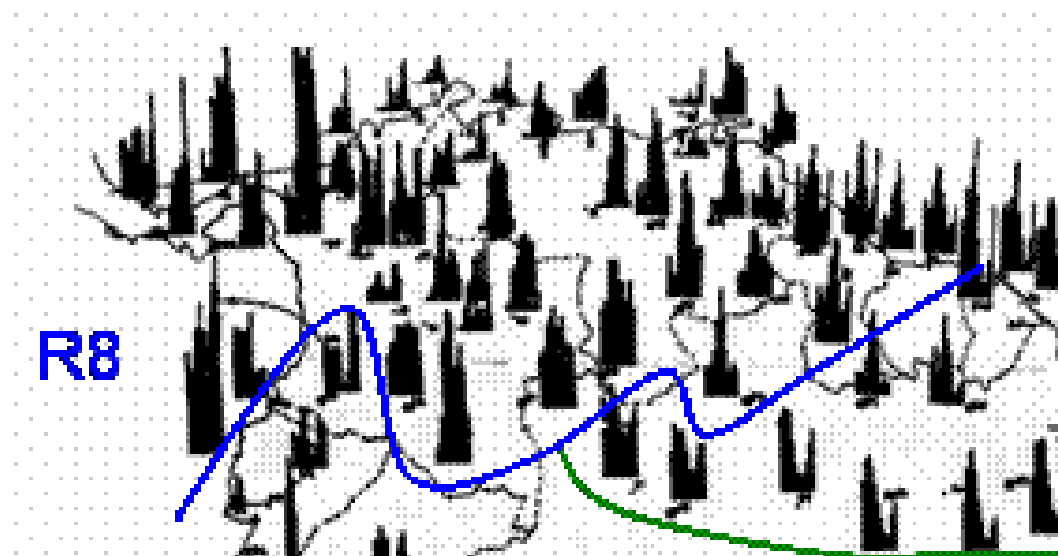
Vento em 850 hPa – Outono (1979–2008)



Frentes frias também
podem causar chuva na R7 se chegarem nesta região.

Regimes de Precipitação na AS

R8: Norte da AS incluindo o estado de Roraima



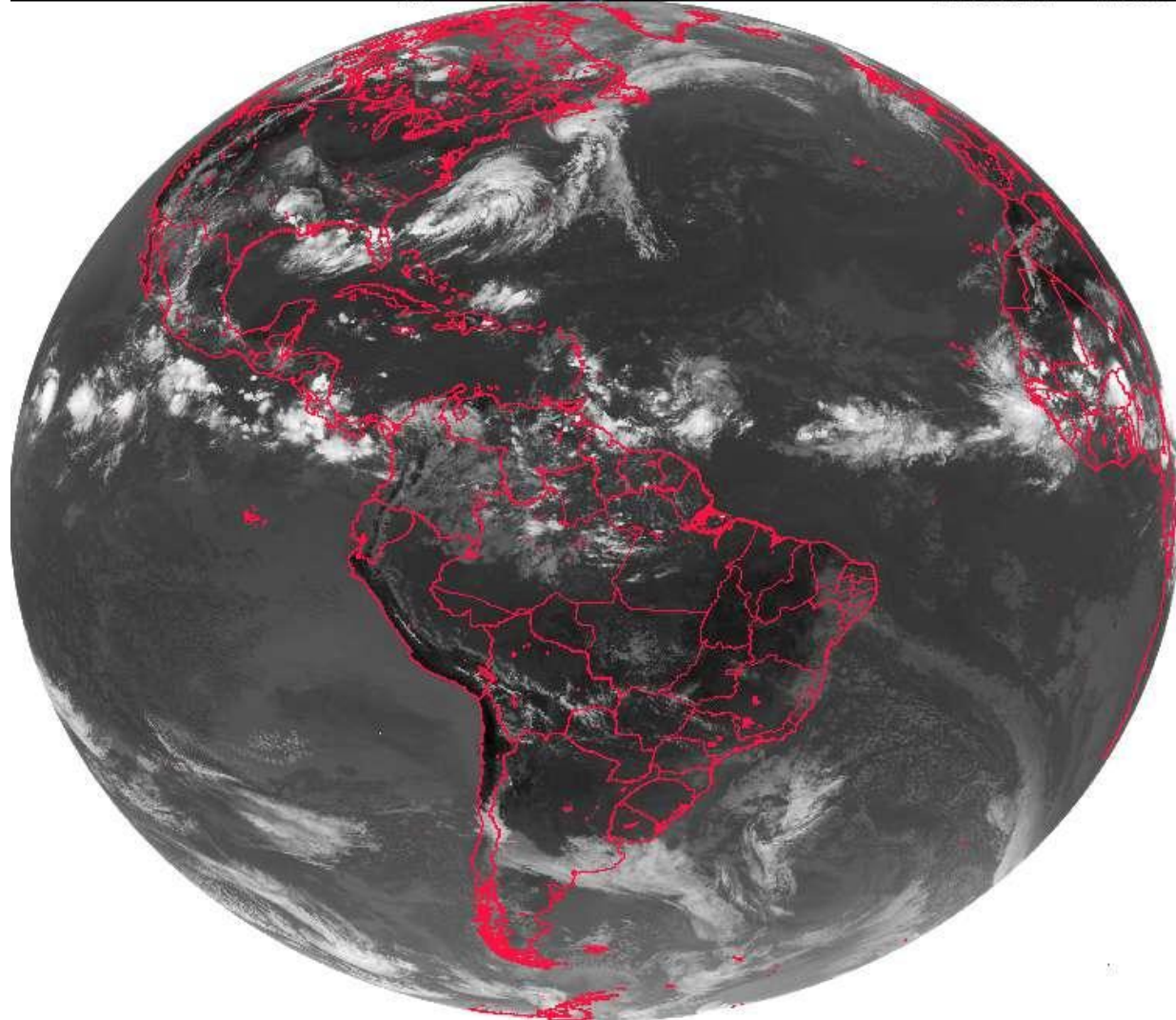
Estação mais chuvosa: inverno

Estação menos chuvosa: verão

Zona de Convergência Intertropical

Principal responsável pela precipitação na R8.

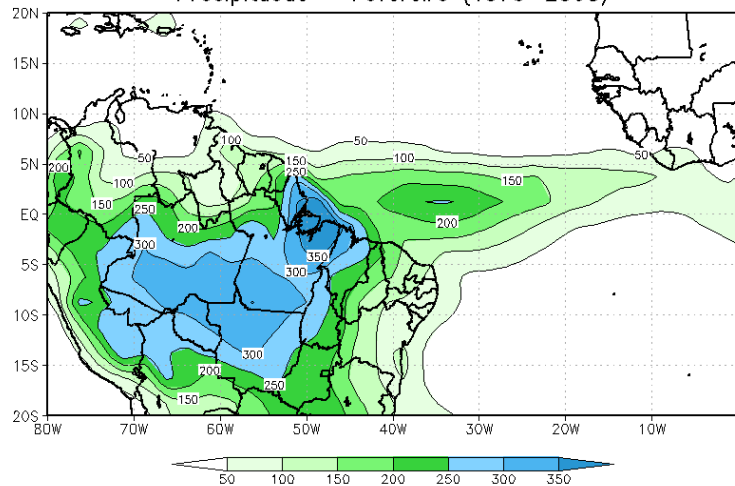
CPTEC/INPE NOAA GOES-10 IR CPTEC 20070731 1739Z



Zona de Convergência Intertropical

Verão

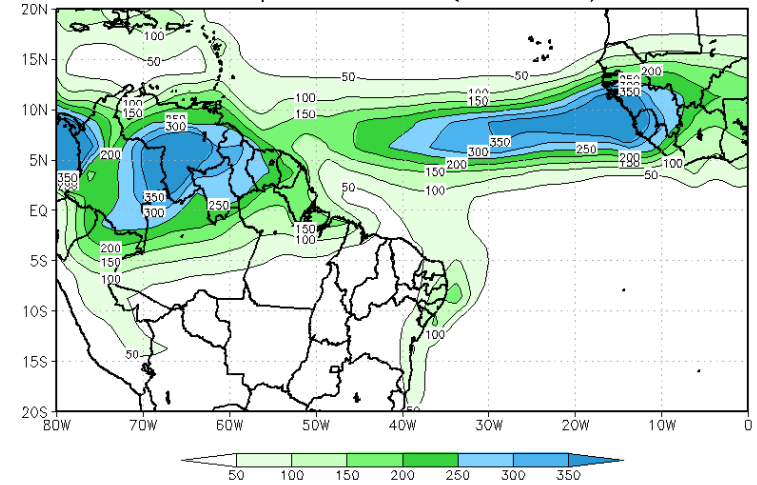
Precipitacao – Fevereiro (1979–2008)



No verão, a ZCIT está ao sul da R8, e movimentos subsidentes associados a tal sistema acabam inibindo a precipitação.

Inverno

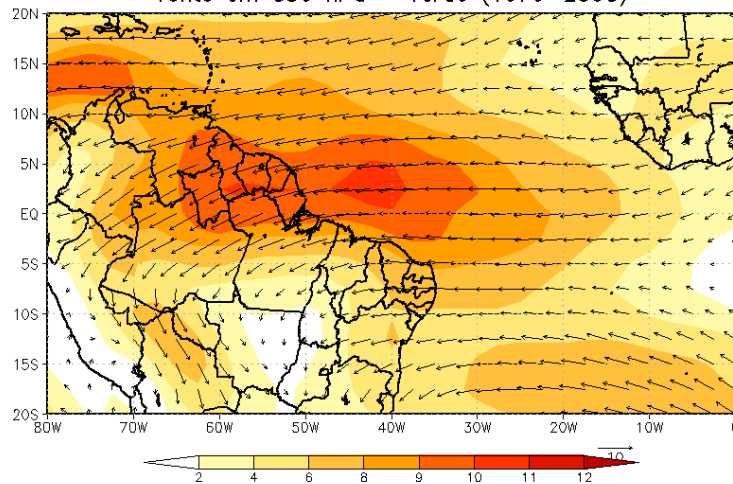
Precipitacao – Julho (1979–2008)



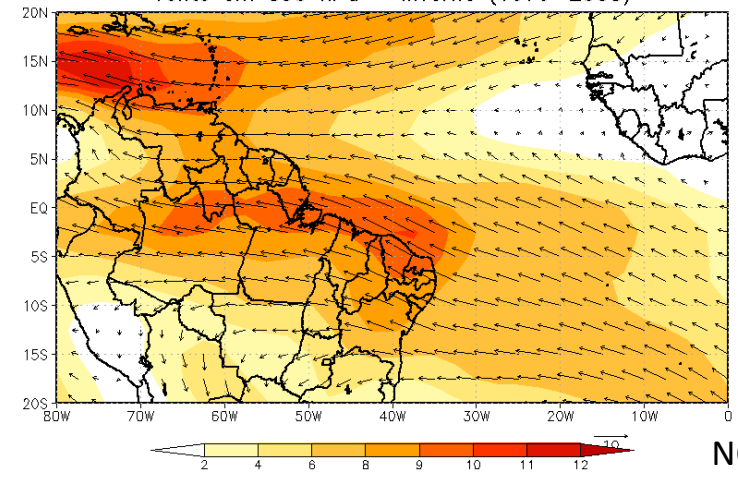
GPCP

No inverno, a ZCIT está na sua posição mais boreal e é a principal responsável pelas chuvas na R8.

Vento em 850 hPa – Verão (1979–2008)



Vento em 850 hPa – Inverno (1979–2008)

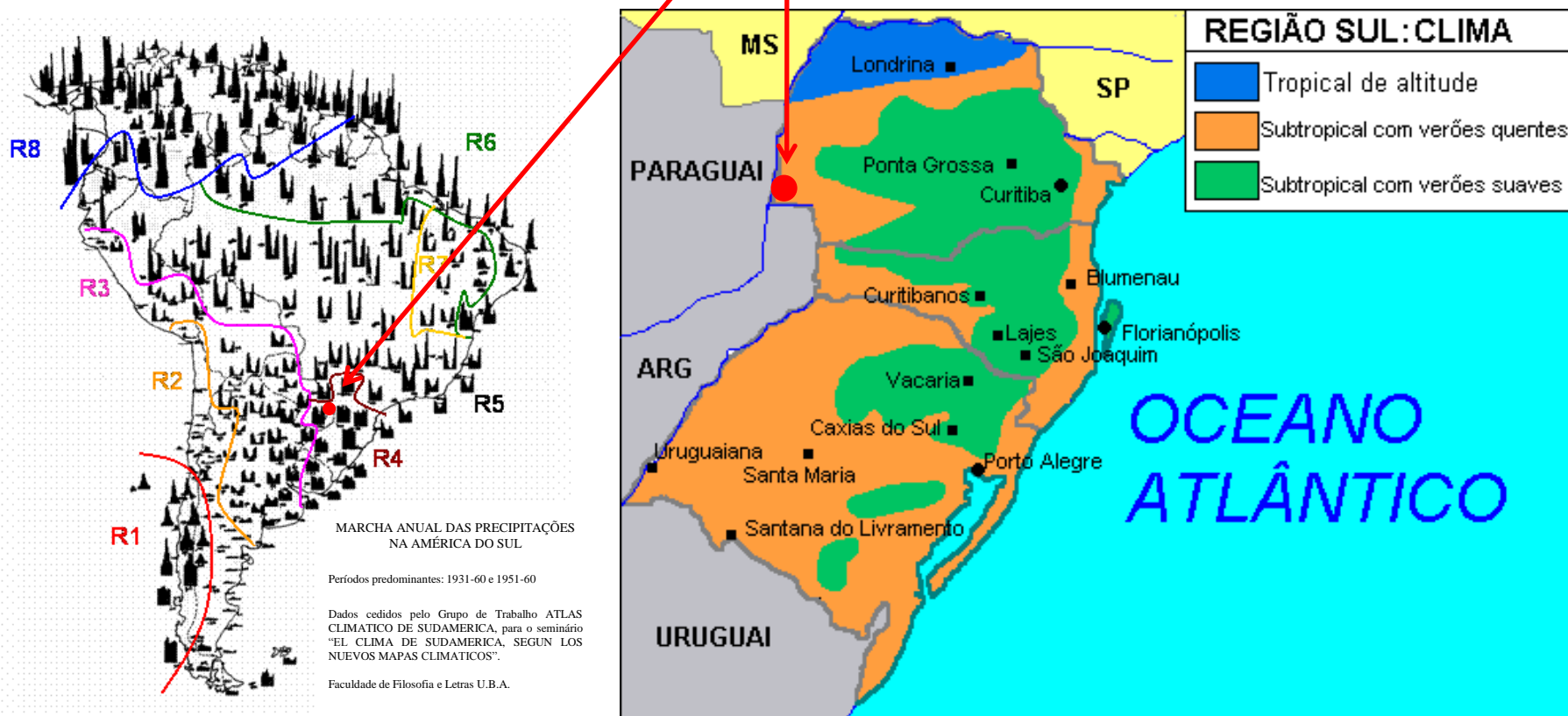


NCEP/DOE

Outros sistemas que contribuem para a precipitação na R8

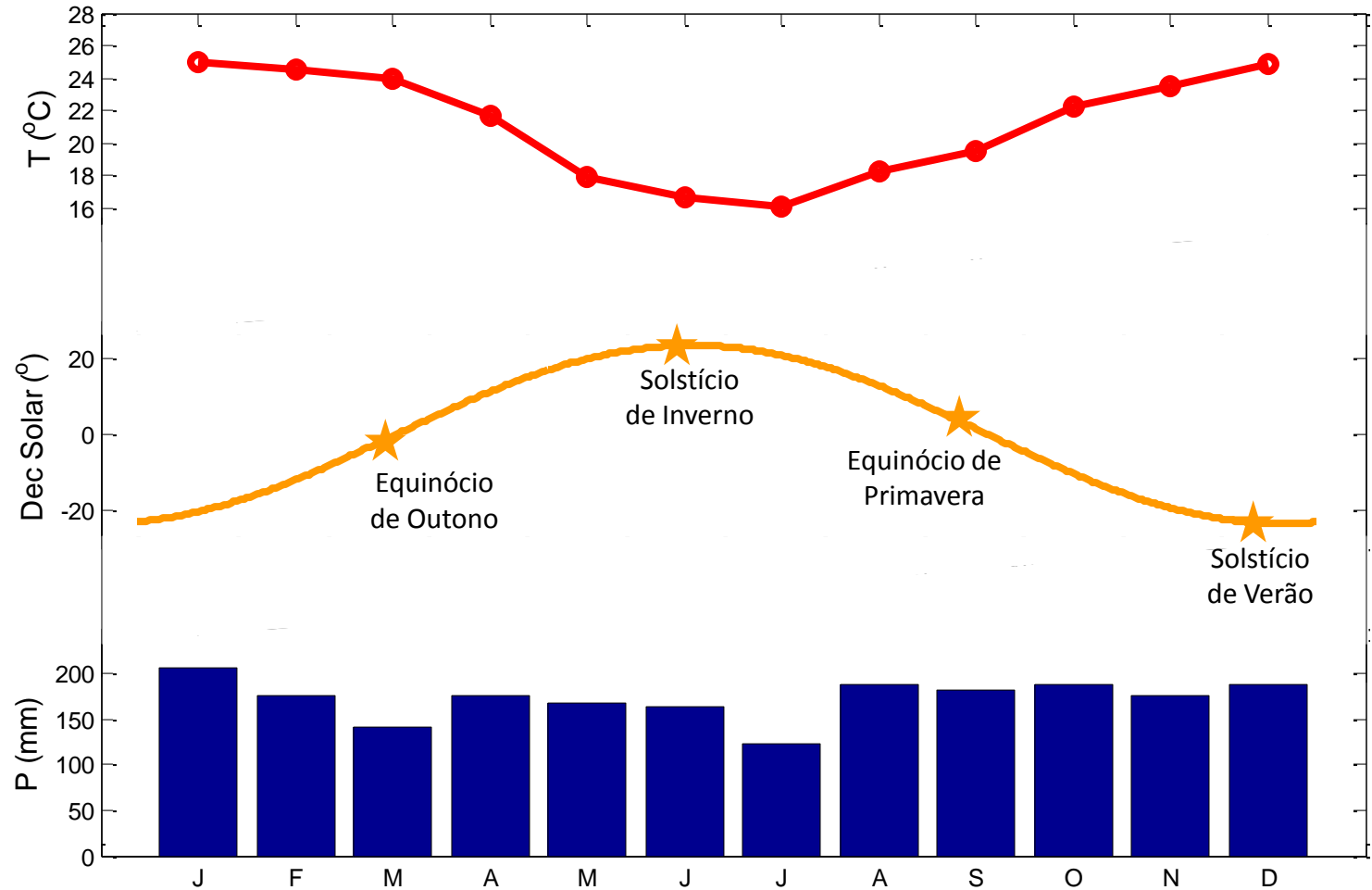
- Ondas de leste
- CCMs
- Linhas de intabilidade
- Circulação de Brisa

Foz do Iguaçu



Faz parte do regime climático da R4
Precipitação abundante o ano todo!

Climógrafo de Foz do Iguaçu



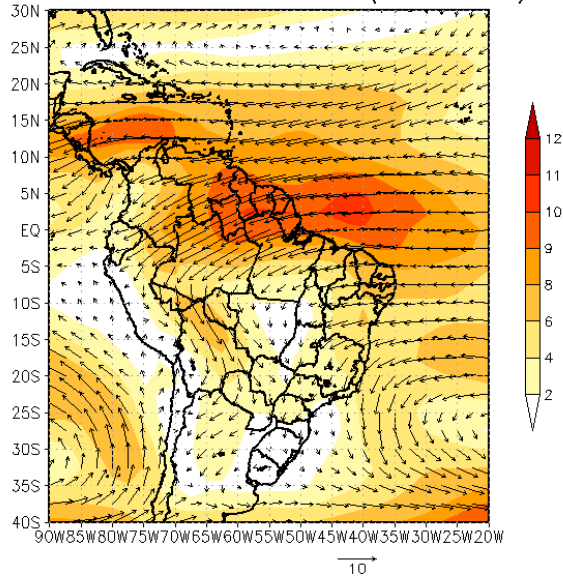
Temperatura extraída da reanálise ERA-Interim (1989 - 2009)

Precipitação extraída da análise do GPCP (1989 - 2008)

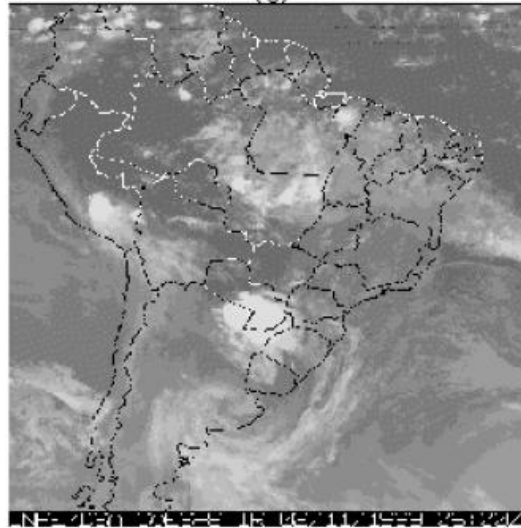
Sistemas Atmosféricos Atuantes

JBN

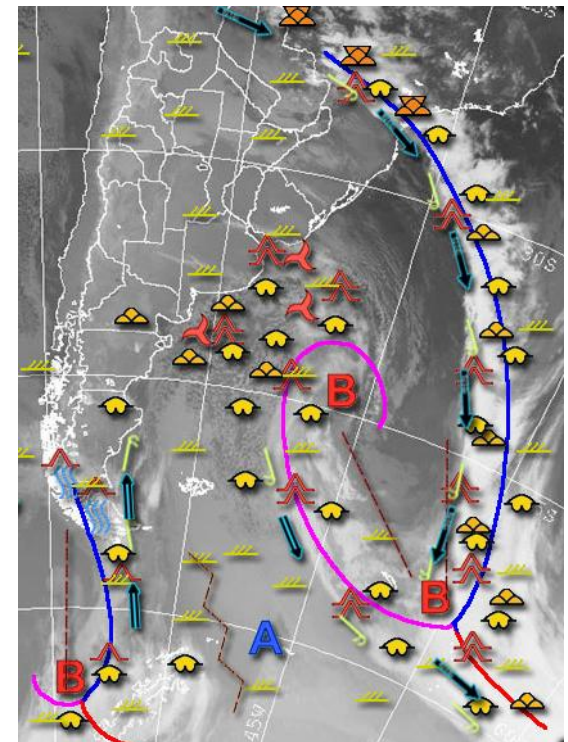
Vento em 850 hPa - Verão (1979-2008)



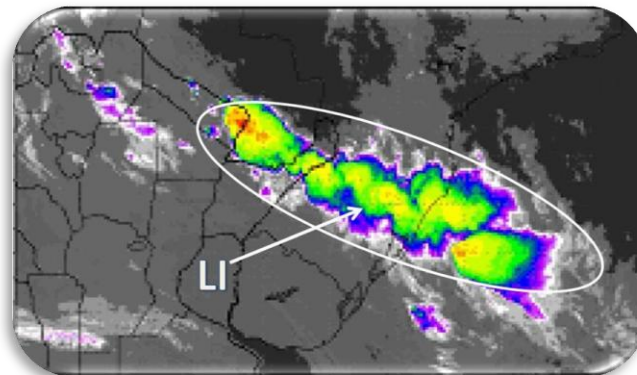
CCMs



Frentes



Linhas de Instabilidade



Referência

Reboita, M. S.; Gan, M. A.; da Rocha, R. P.; Ambrizzi, T., 2010: Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25 (2), 193-212.



Obrigada pela atenção!

Michelle Reboita

reboita@model.iag.usp.br

mireboita@gmail.com

www.grec.iag.usp.br