



# INTERAÇÃO OCEANO-ATMOSFERA NO ATLÂNTICO SUDOESTE

Resultados Preliminares

OCAT-BM, INTERCONF  
(GOAL)

Luciano Ponzi Pezzi

Divisão de Modelagem e Desenvolvimento (DMD)  
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)





## OCAT-BM \* (FAPESP), INTERCONF <sup>1</sup>(CNPq)

### Participantes

Luciano P. Pezzi\* - INPE

Ronald B Souza<sup>1</sup> - INPE

Carlos Garcia - FURG

Mauricio Mata - FURG

Carlos Lentini - UFBA

Marcelo Dourado – UFPel

Ricardo de Camargo - USP

### Colaboradores (Assimilação de Dados)

José A. Aravéquia, CPTEC-INPE

Luiz F. Sapucci, CPTEC-INPE

Dirceu L. Herdies, CPTEC-INPE

Simone S. Tomita, CPTEC-INPE



# Outline

## 1) Observacional

- Introdução
  - Ondas de Instabilidade Tropical (OIT)
  - Interação Oceano-Atmosfera
  - Atlântico Sudoeste
- Objetivos
- Rotas do *NApOc Ary Rongel* e Observações
- Resultados
  - Radiossondas, XBT's
  - Interação Oceano-Atmosfera
  - Medidas Meteorológicas Independentes
- Comentários Finais

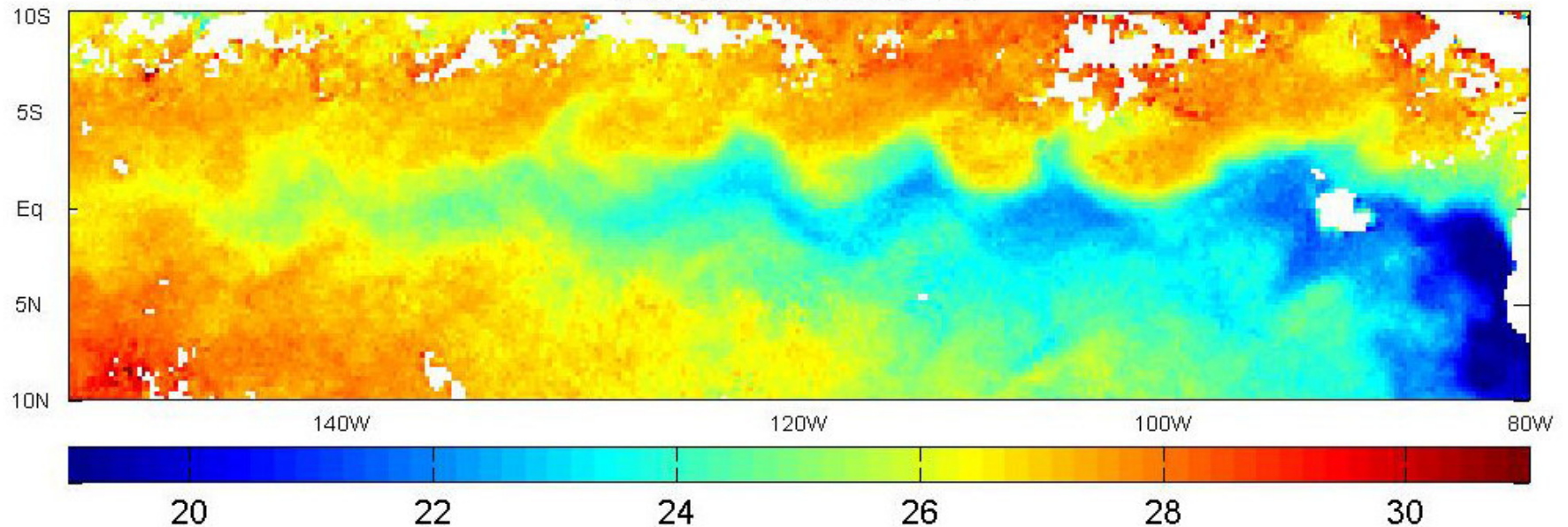
# Outline

## 2) Numérico (Assimilação de dados)

- Introdução Geral sobre o Atlântico Sudoeste
  - Clima
  - Previsões Climáticas: Conhecimento e Limitações
  - Interação Oceano-Atmosfera (OA)
- Metodologia
  - Os Modelos Global e Regional
  - Método de Assimilação dos Dados (PSAS)
  - Os Experimentos
- Resultados da Assimilação dos Dados
  - Observação X Modelo
  - Modelo **com Assimilação** X **sem Assimilação**
- Comentários Finais

## Ondas de Instabilidade Tropical (OIT ou TIWs)

SST TMI - PACIFIC 180



Elas são vistas como distorções (cristas e cavados) da frente oceanica. São perturbações de meso-escala, vistas nas correntes, e temperatura na parte superior dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical . Elas tem um papel crucial na mistura da água, no balanço de energia e calor. Misturam (e/ou re-distribuem) nutrientes.



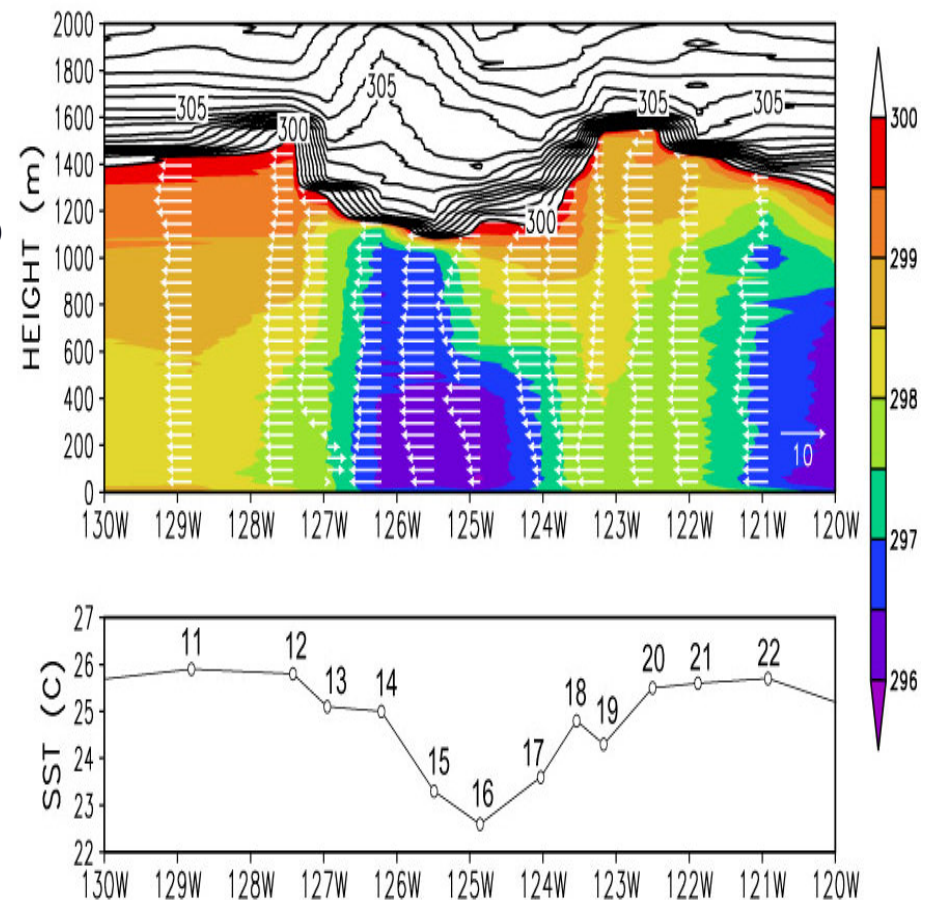
# Interações OA em regiões de forte gradiente de TSM

OITs são fenômenos oceânicos, entretanto existe um claro sinal da atividade delas dentro da Camada Limite Atmosférica (CLA)

## DOIS POSSÍVEIS MECANISMOS:

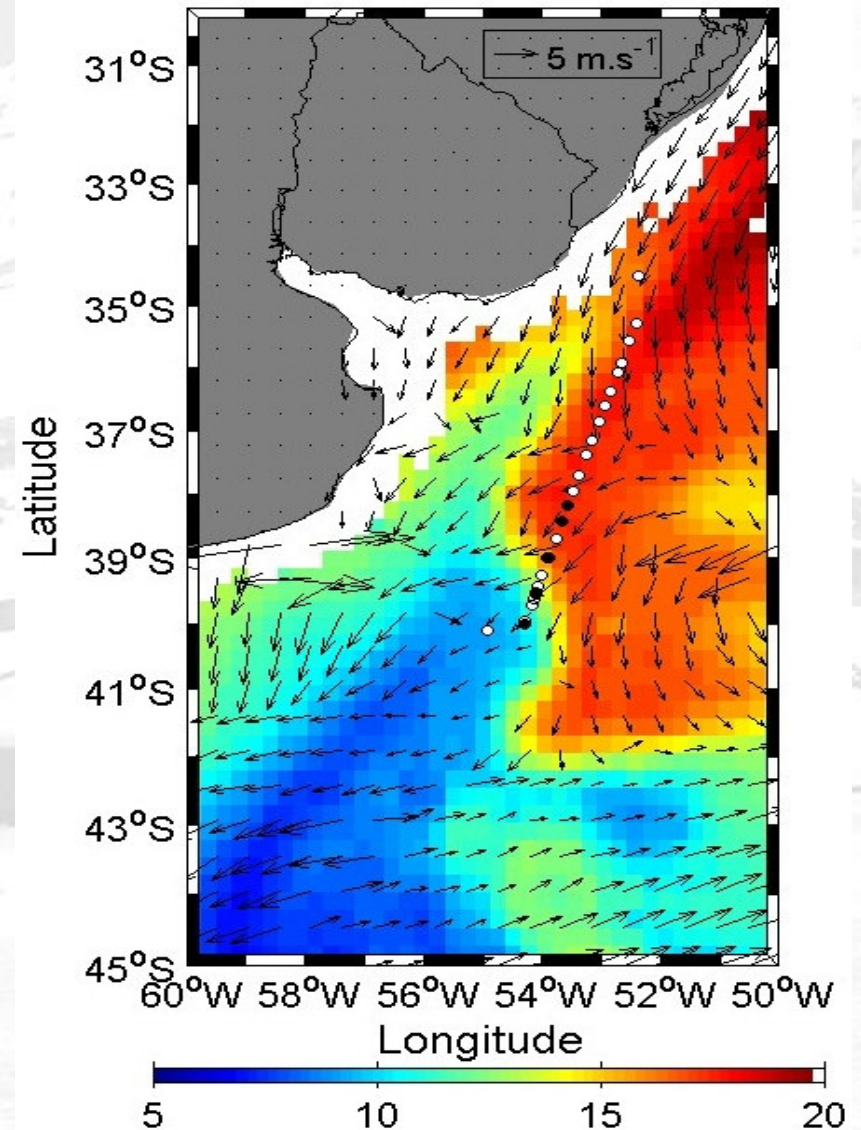
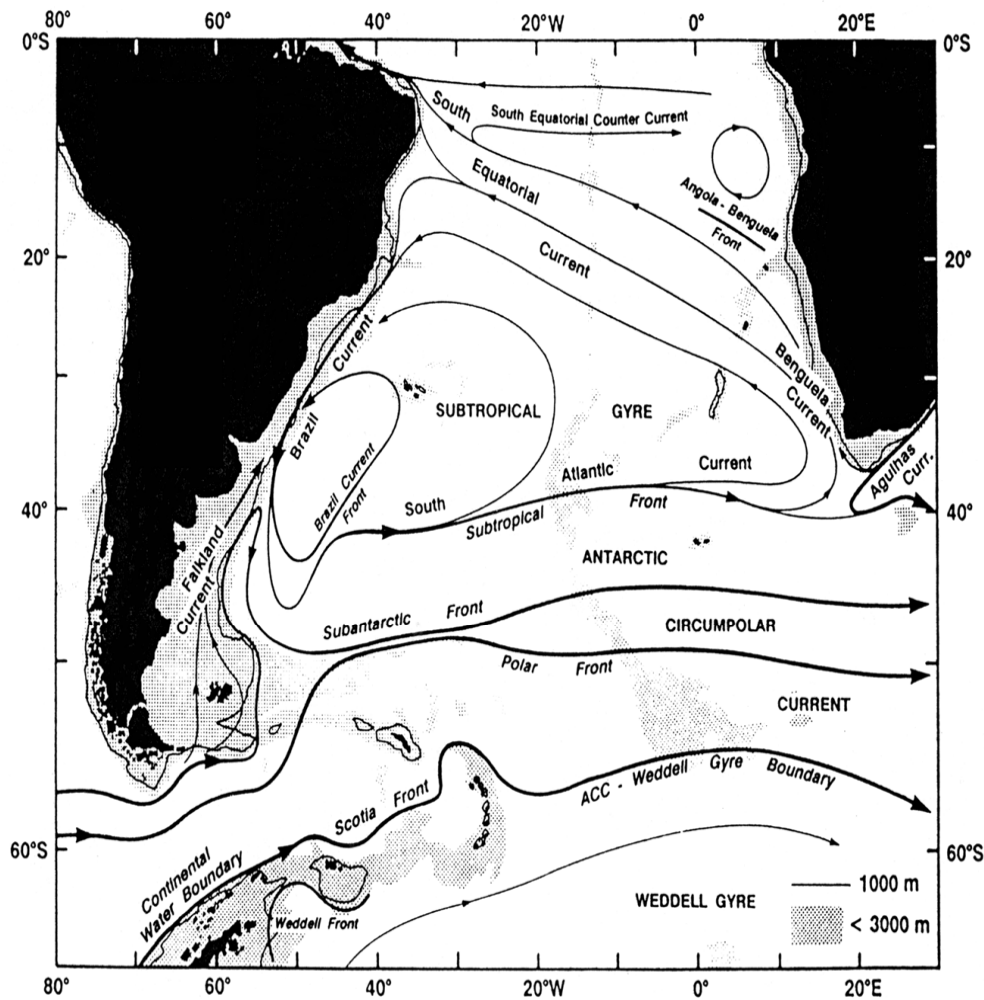
- 1) Lindzen and Nigan (1987), Wallace *et al* (1989) - vento em superfície é afetado pelo gradiente da Pressão ao Nível do Mar (PNM). **Estabilidade Hidrostática.**
- 2) Hayes *et al* (1989) - o vento em superfície é afetado pela turbulência da camada limite atmosférica. **Estabilidade Estática**

Recentemente vários autores tem sugerido que o 2<sup>nd</sup> mecanismo é o mais provável de estar ocorrendo. (Liu *et al*(2000), Chelton *et al*(2001), Pezzi *et al*(2004, 2005))



(Hashizume *et al.* 2002)

## Estrutura das Correntes Marinhas no Atlântico Sudoeste

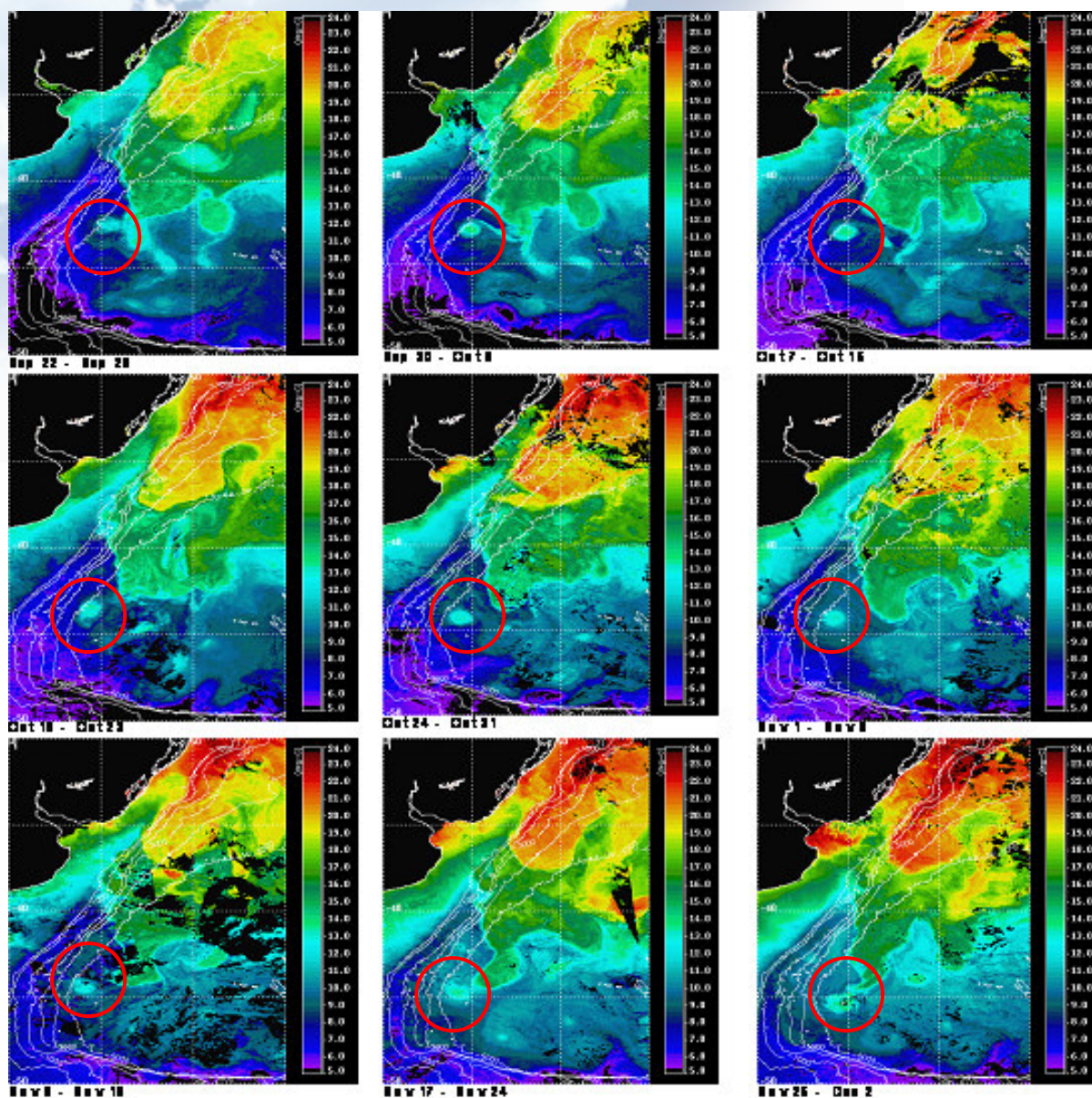


A Corrente Circumpolar Antártica origina as correntes das Malvinas e da Patagônia, que movem-se da região Antártica para o Norte. A corrente do Brasil move-se para o sul e quando encontra-se com a corrente das Malvinas, origina a região da CBM.

AMSR-E – TSM  
Quick-Scat - Vento



# Vórtices no Atlântico Sudoeste: Souza et al. (2005)



Modis - TSM média semanal 6 a 10 de setembro 2002



## Outline

- Introdução
  - a) Motivação: Ondas de Instabilidade Tropical (OIT)  
Interação Oceano-Atmosfera
  - b) Area de Estudo: Atlântico Sudoeste
- **Objetivos do projeto**
- Rotas do *NAPOC Ary Rongel* e Observações
- Resultados
  - a) Radiossondes, XBT's
  - b) Interação Oceano-Atmosfera
  - c) Medidas Meteorológicas Independentes
- Comentários Finais



## Objetivos

Assim como em outras regiões frontais oceânicas do mundo o que se quer saber é:

*O forte gradiente de TSM da CBM tem alguma influência na estrutura vertical da camada limite atmosférica?*

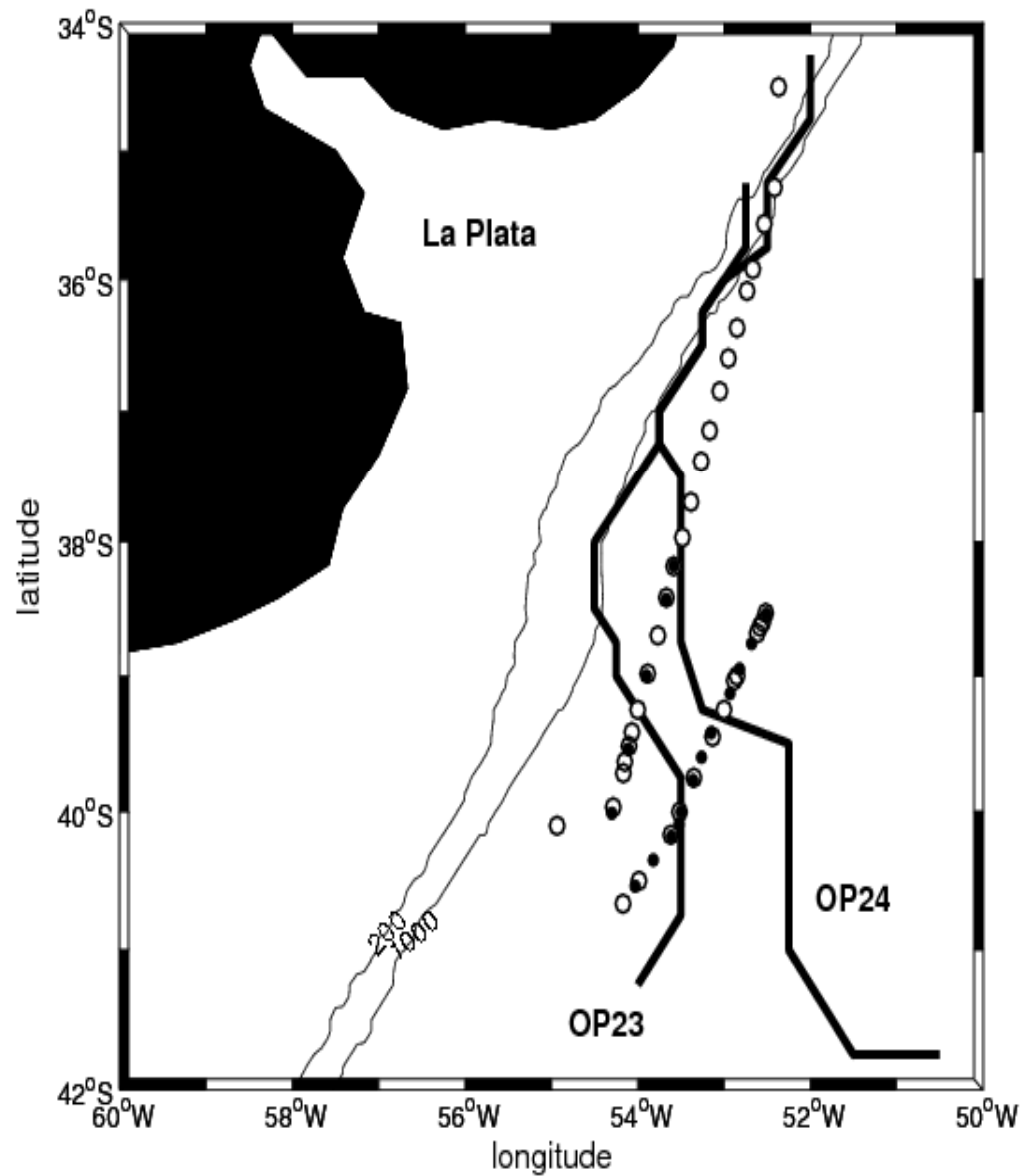
## Método

Dados Observados *in situ* de dois cruzeiros (PROANTAR)

- OPERANTAR 23-24 - Novembro 2004 e 2005
- Radiossondas (sondas atmos.), XBT's (sondas oceânicas)
- Medidas da Estação Meteo. Embarcada
- Dados de Satélite (TSM-AMSRE and wind-QuikScat)



# Rotas do NApOc Ary Rongel, posições das observações e da frente termal – OP23 e OP24



- - XBT
- - Radiosondes





# Lançamento das Radiossondas no navio:

12 em Novembro 2005

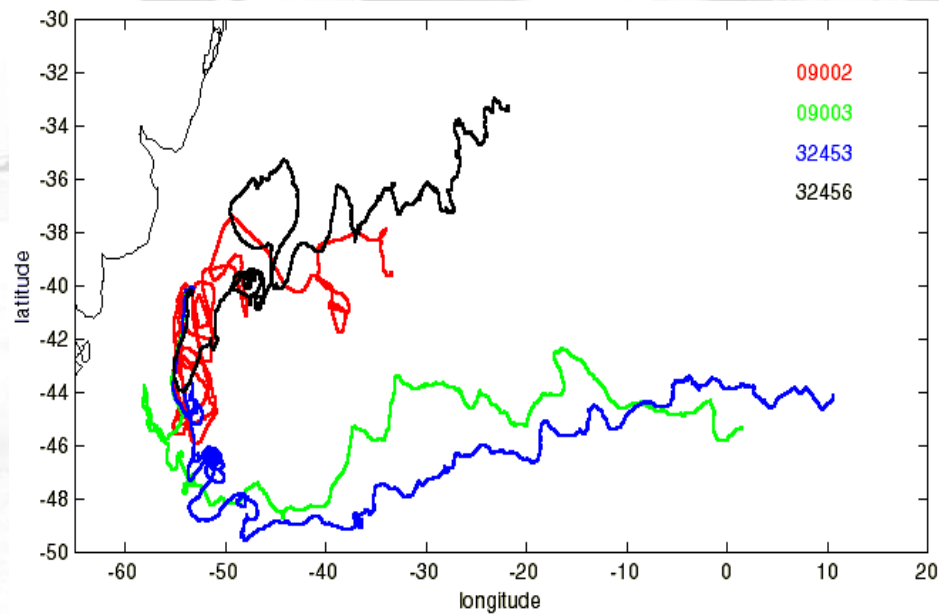
5 em Novembro 2004

e vários XBTs



Lançamento de bóias de deriva  
em Novembro 2005:

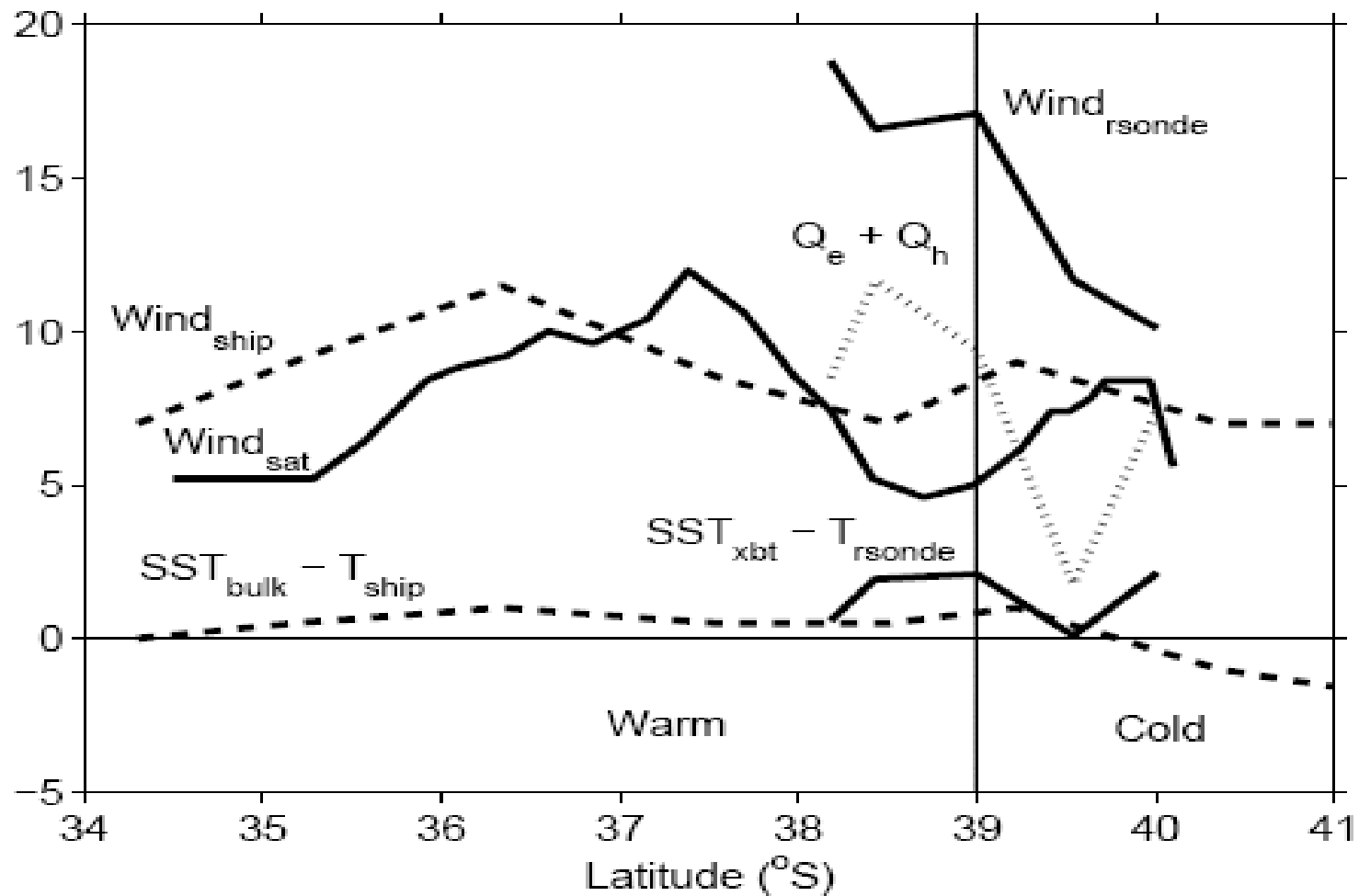
Confluência Brasil-Malvinas  
Parede de um vórtice



← Trajetória de algumas boias do GOAL  
entre Novembro 2003 e 2004.

## Resultados:

Independent satellite and ship-borne Met measurements - OP23  
5<sup>th</sup> November 2004



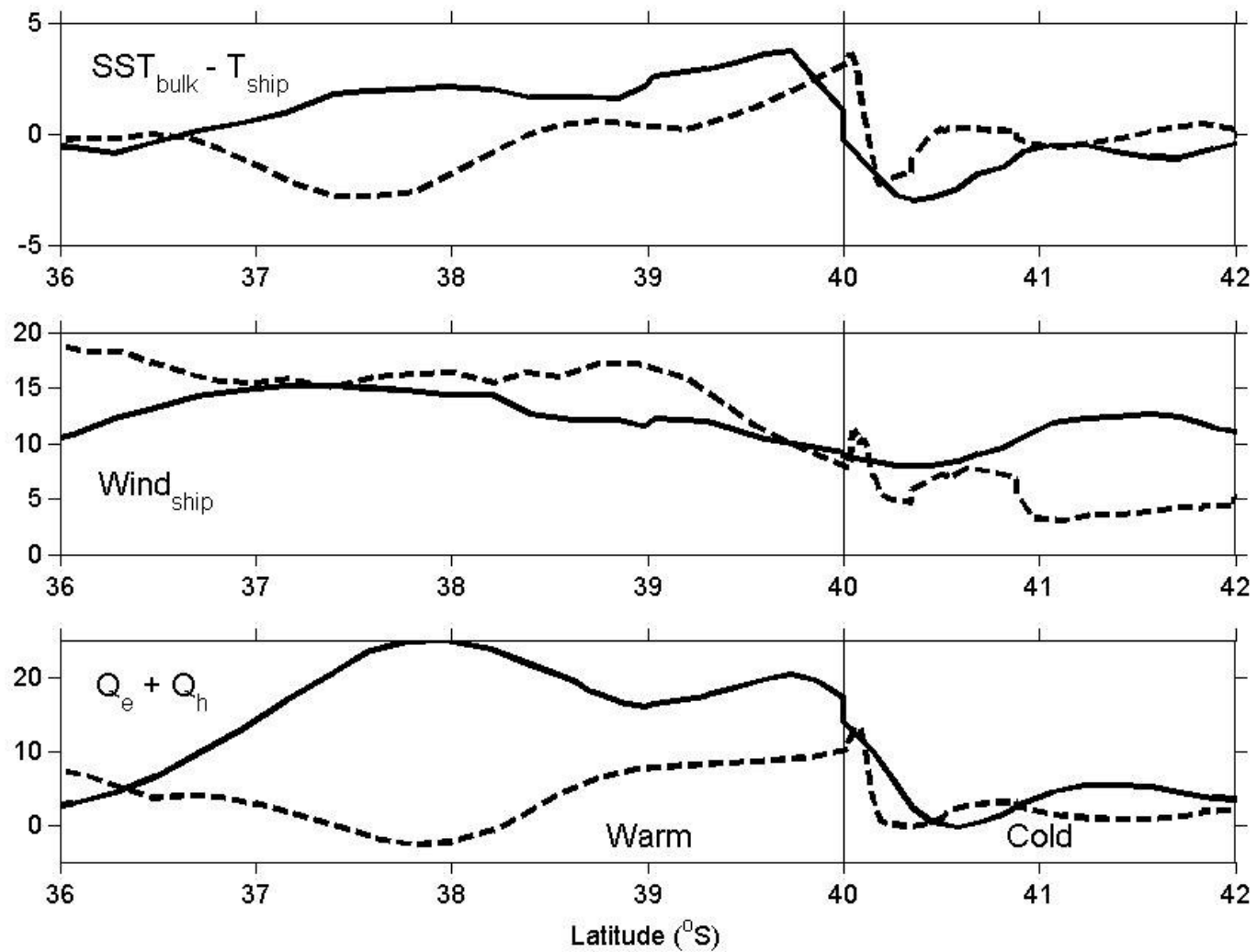


# Resultados:

## Comparison of Independent ship-borne Met measurements between OP23 and OP24

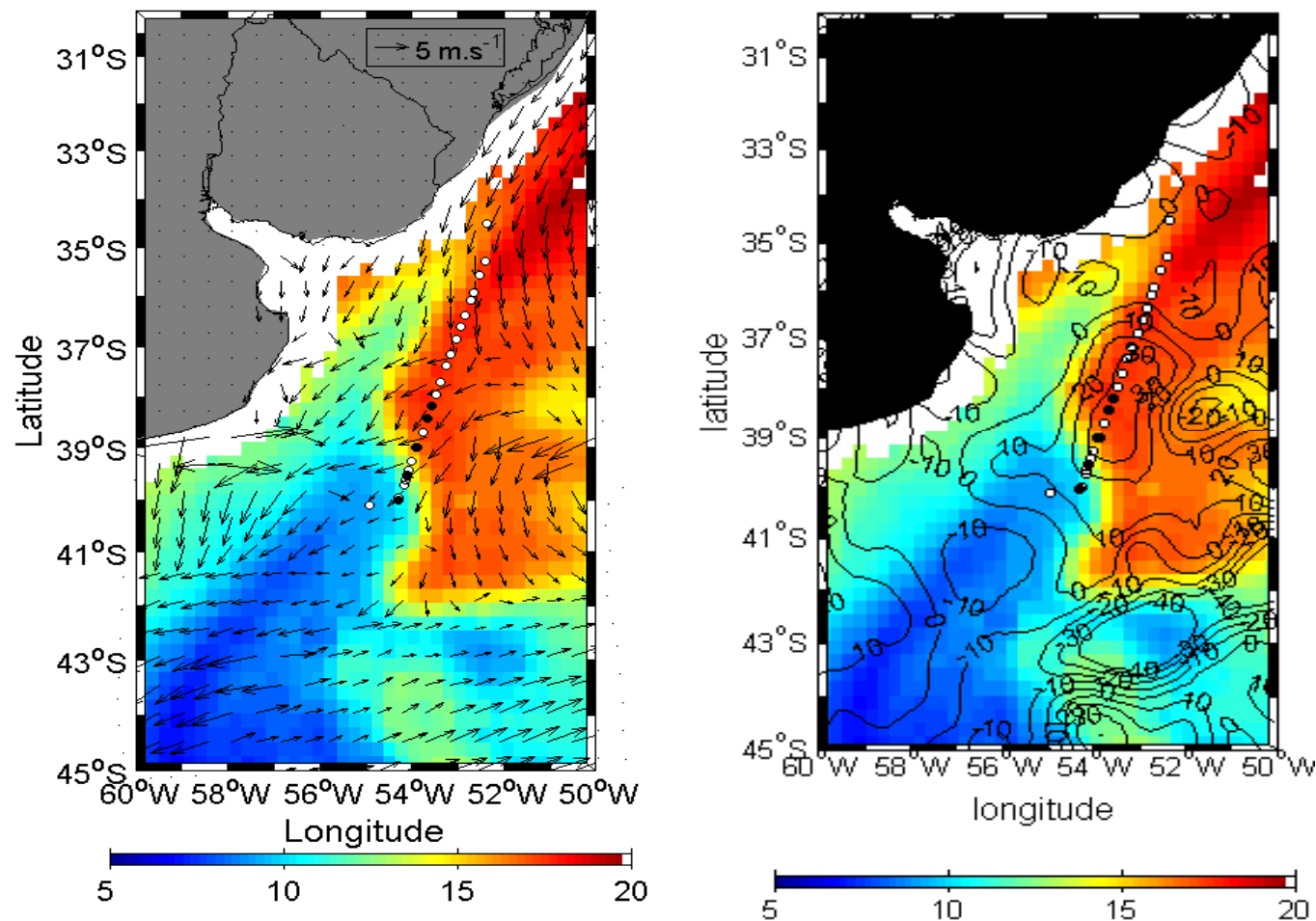
OP23 ---

OP24 —



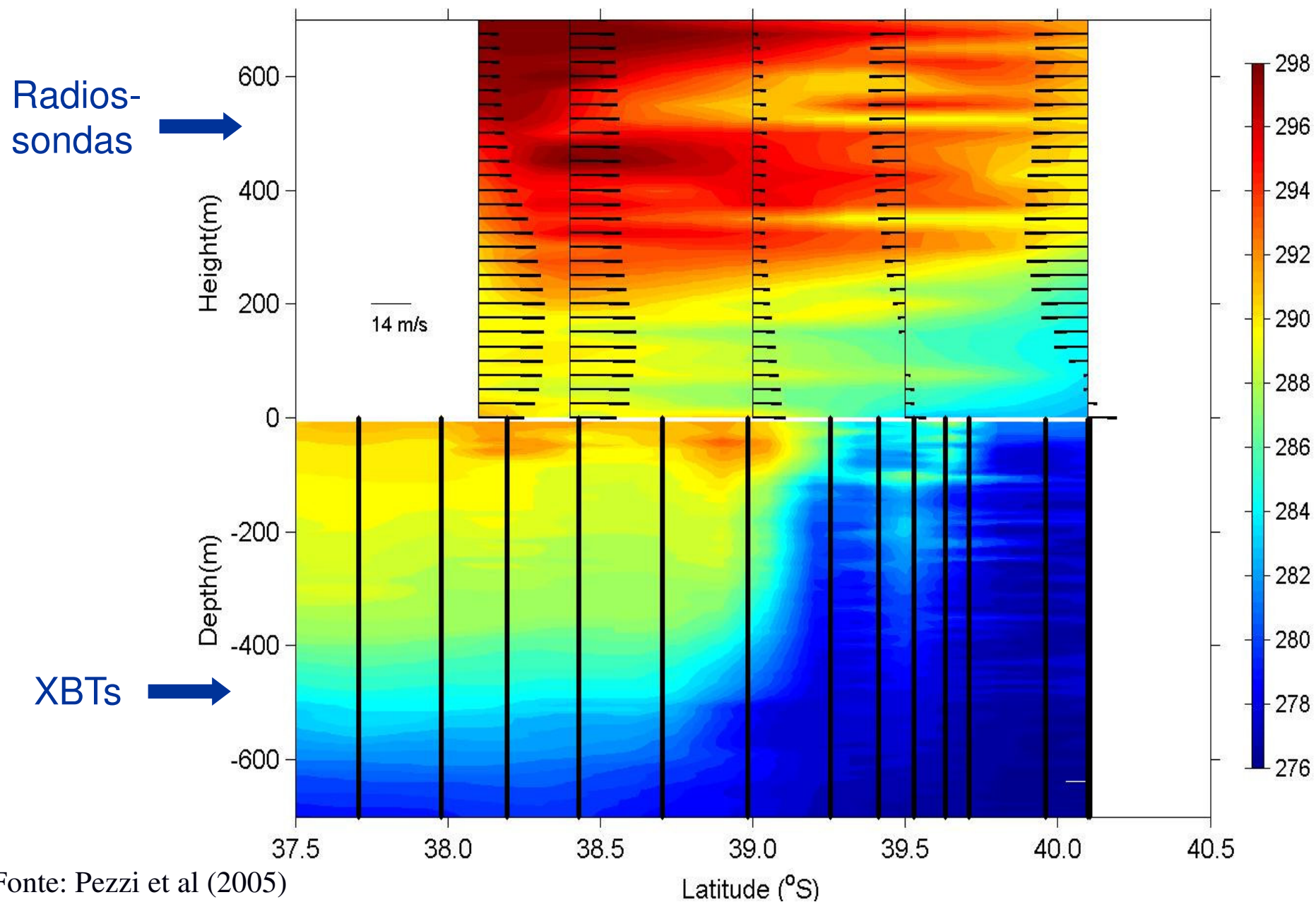
# Resultados:

## Interação Oceano-Atmosfera na CBM em Novembro 2004 - OP23



Pezzi, L. P., R. B. Souza, M. S. Dourado, A. E. Garcia, and M. M. Mata, 2005: Ocean-atmosphere *in situ* observations at the brazil-malvinas confluence region. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, doi:10.1029/2005GL023866, L22603.

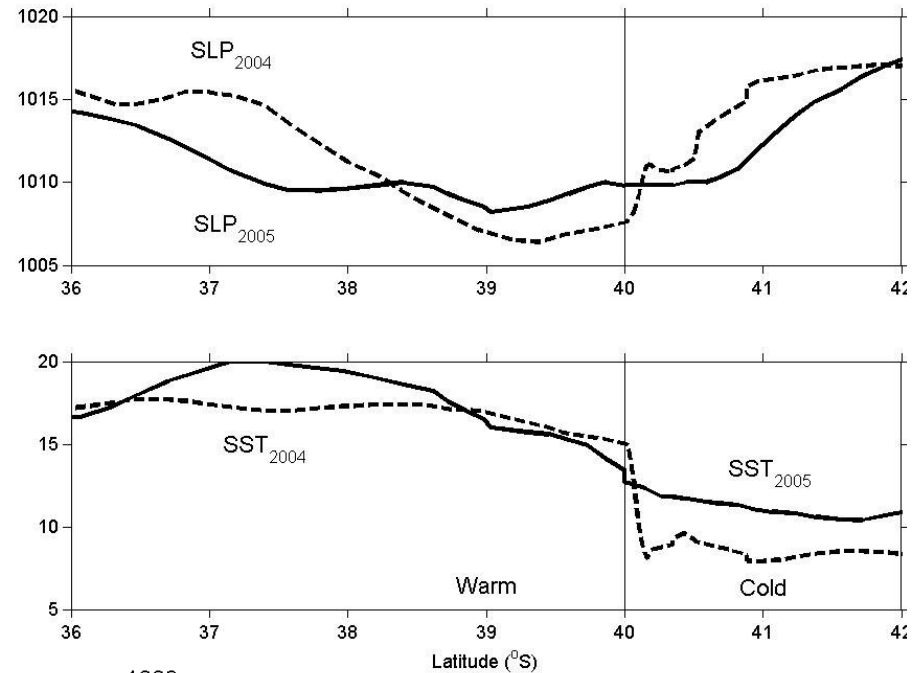
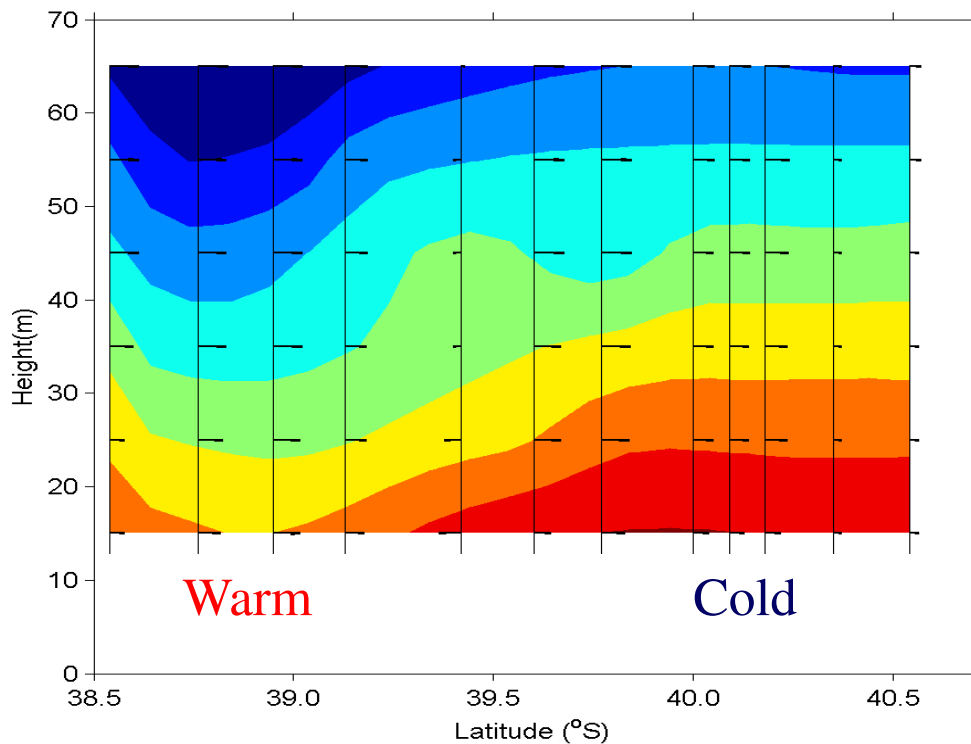
## Observações simultâneas (*in situ*) na CBM. Novembro 2004 - OP23





E a pressão tem algum papel  
na interação OA?

O primeiro mecanismo,  
**Estabilidade Hidrostática**  
aparece aqui!!!



Ship-borne Met data

Radiosonde data

## Comentários Finais da Parte Observacional

- A pesquisa indica que Camada Limite Atmosférica (CLA) é modulada pelo forte gradiente de TSM presente na região da CBM.
- O Processo de Estabilidade Estática é proposto como uma explicação da interação OA na CBM, assim como em outras regiões frontais.
- Mesmo tendo baseado nossa análise em dois cruzeiros e poucos dias de dados de satélite, nós mostramos evidências que podem explicar a modulação da CLA pela TSM na região da CBM.
- Nossas observações sugerem que a pressão também tem um papel nesta história!
- Poucos estudos foram feitos até o momento sobre este tema nesta região (Tokinaga et al, 2005, fez um usando dados climatológicos de superfície de baixa resolução COADS High-Res)



## 2) Assimilação de Dados de Radiossondagens na Região da CBM

Resultados Numéricos Preliminares

### Colaboradores

José A. Aravéquia, CPTEC-INPE

Luiz F. Sapucci, CPTEC-INPE

Dirceu L. Herdies, CPTEC-INPE

Simone S. Tomita, CPTEC-INPE





# Outline

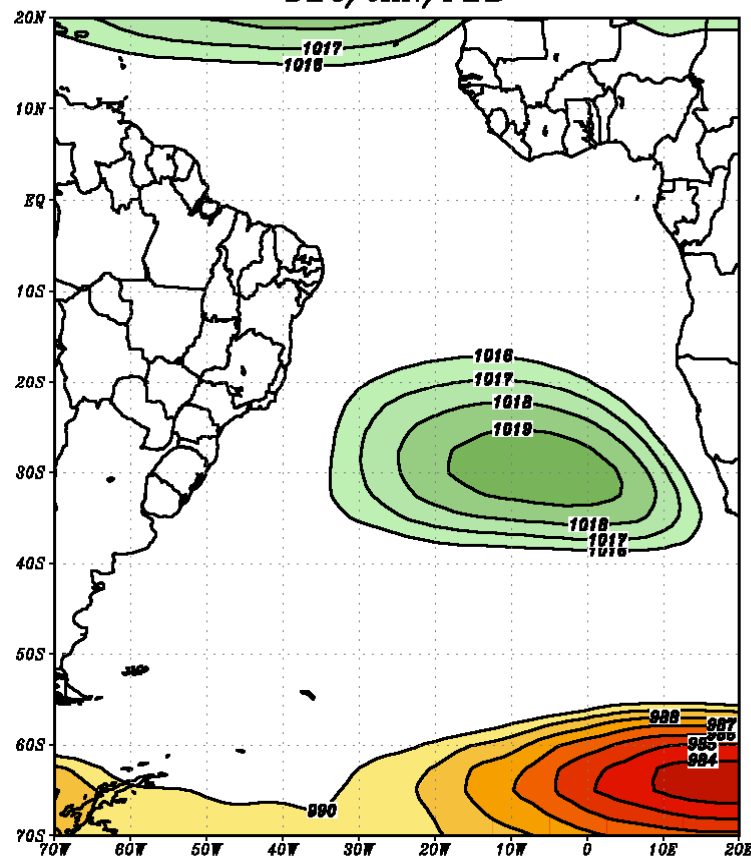
- Introdução Geral sobre o Atlântico Sudoeste
  - Clima
  - Previsões Climáticas: Conhecimento e Limitações
  - Interação Oceano-Atmosfera (OA)
- Metodologia
  - Os Modelos Global e Regional
  - Método de Assimilação dos Dados (PSAS)
  - Os Experimentos
- Resultados da Assimilação dos Dados
  - Observação X Modelo
  - Modelo com Assimilação X sem Assimilação
- Comentários Finais

# Introdução:

O Clima atmosférico Atlântico apresenta uma sazonalidade climática marcante

Verão

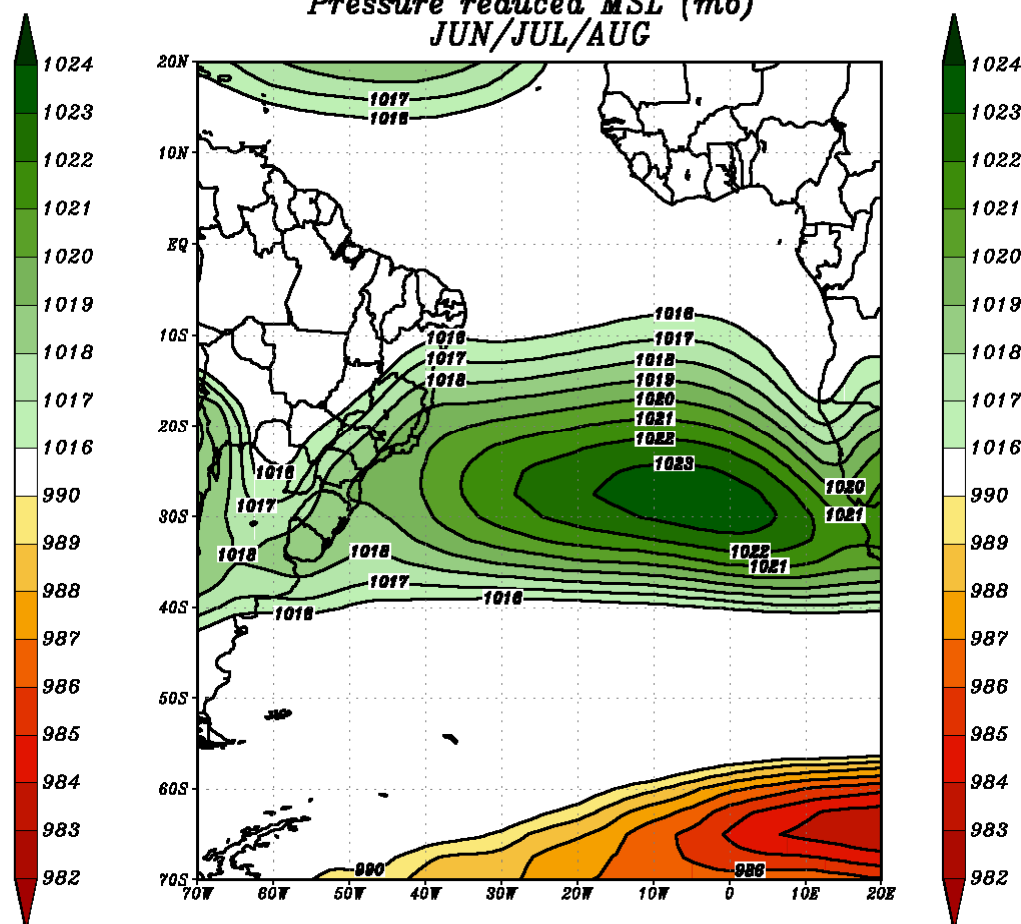
Pressure reduced MSL (mb)  
DEC/JAN/FEB



**Verão:** anticiclone + fraco  
e deslocado mais para o SUL

Inverno

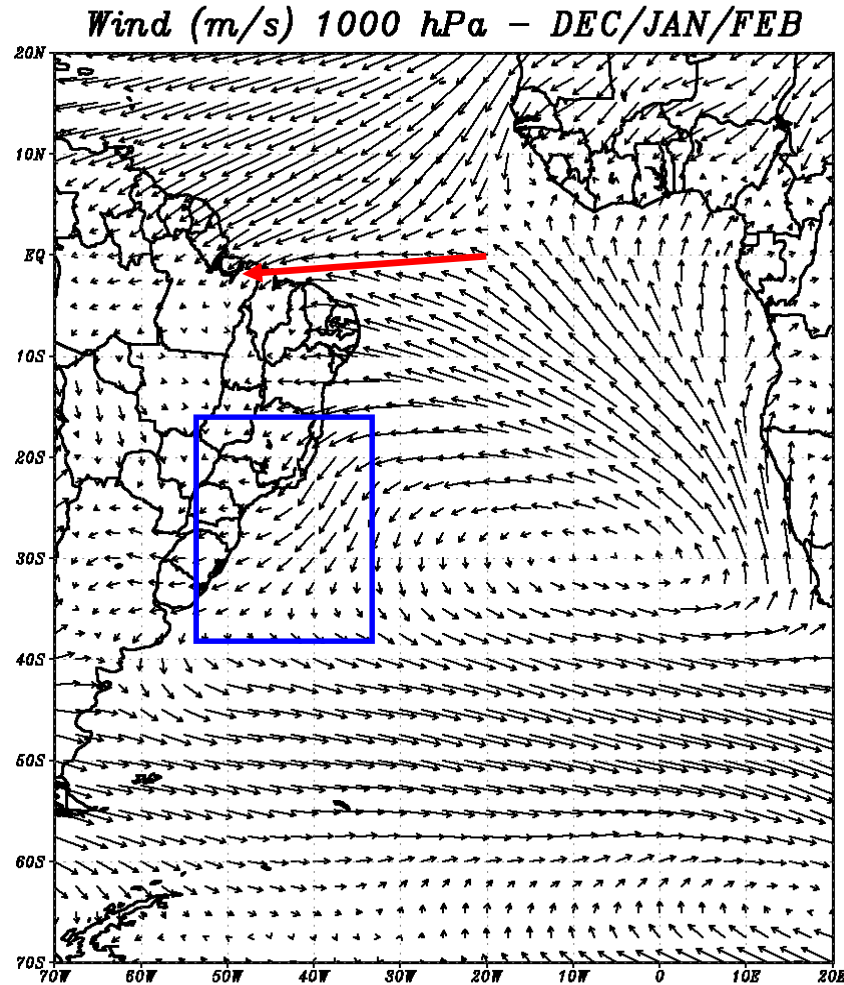
Pressure reduced MSL (mb)  
JUN/JUL/AUG



**Inverno:** anticiclone + intenso  
e deslocado mais para o NORTE

## O vento em superfície acompanha a variabilidade sazonal

Verão

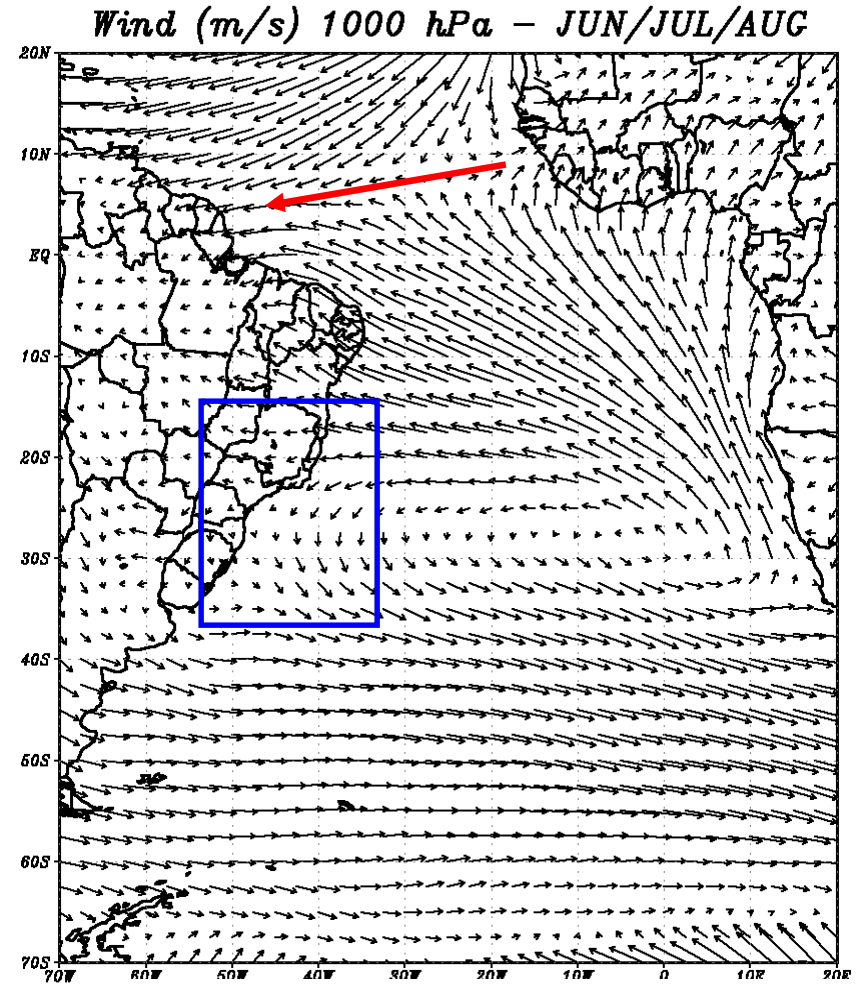


**Verão: Sudoeste + fraco**  $\overrightarrow{10}$

**ZCIT + ao Sul**

**Norte na BMC + forte**

Inverno



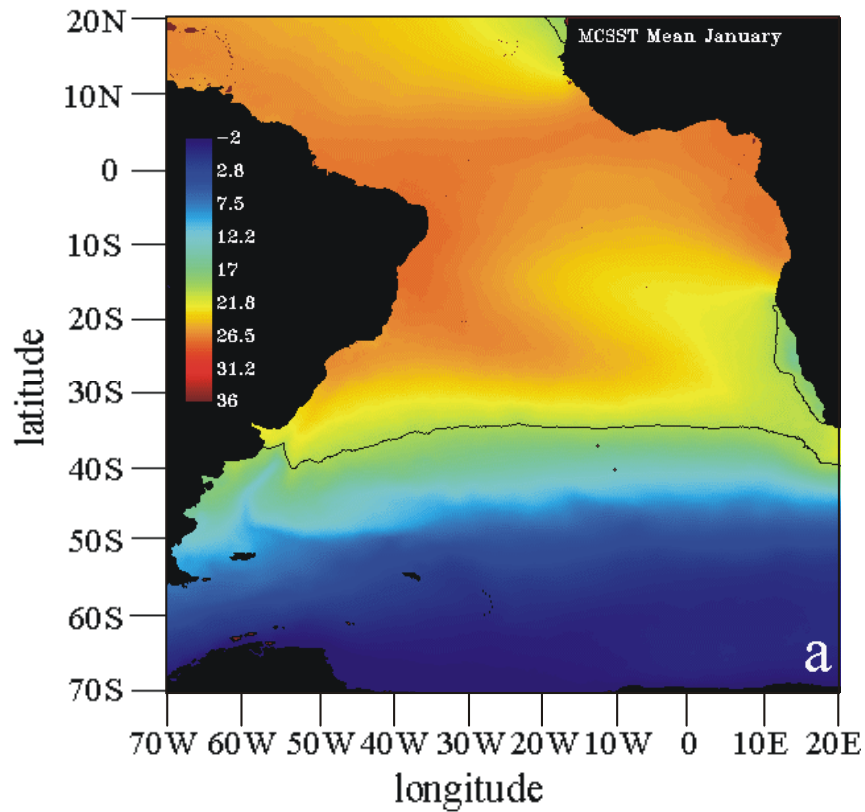
**Inverno: Sudoeste + forte**

**ZCIT + ao Norte**

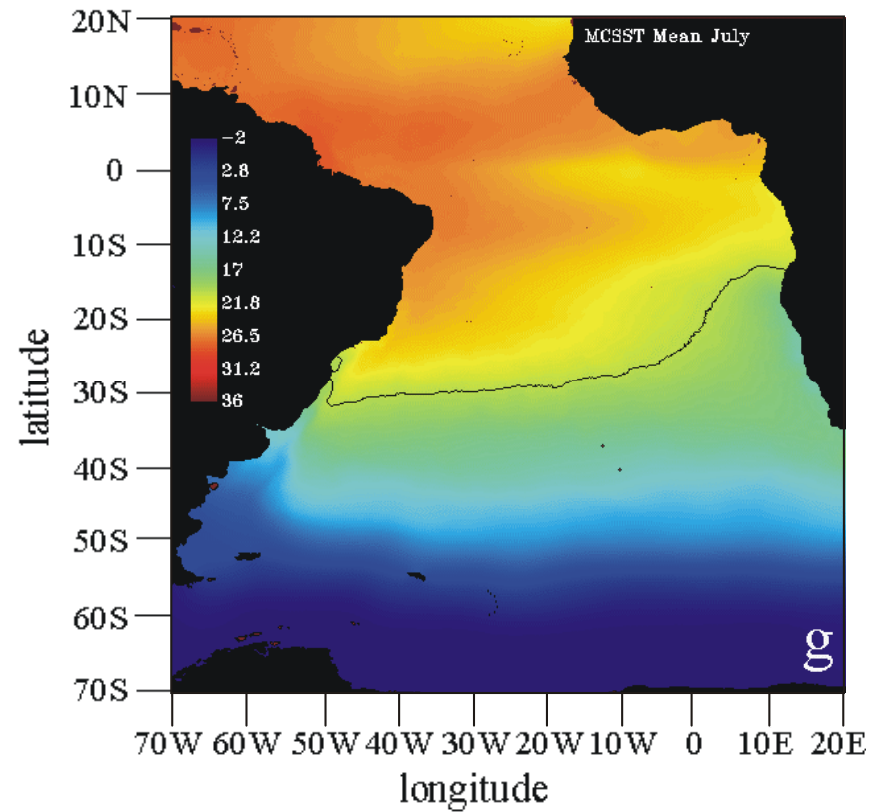
**Norte na BMC + fracos**

## O campo médio de TSM no Atlântico Sudoeste

Verão



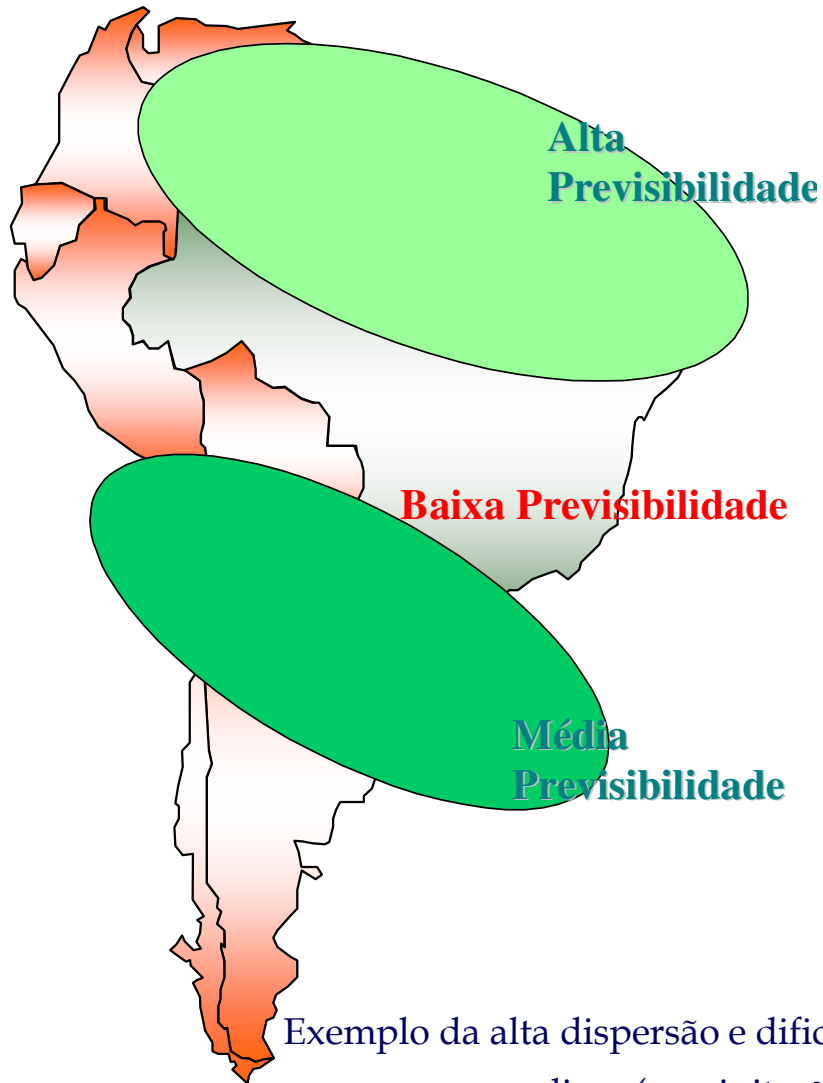
Inverno



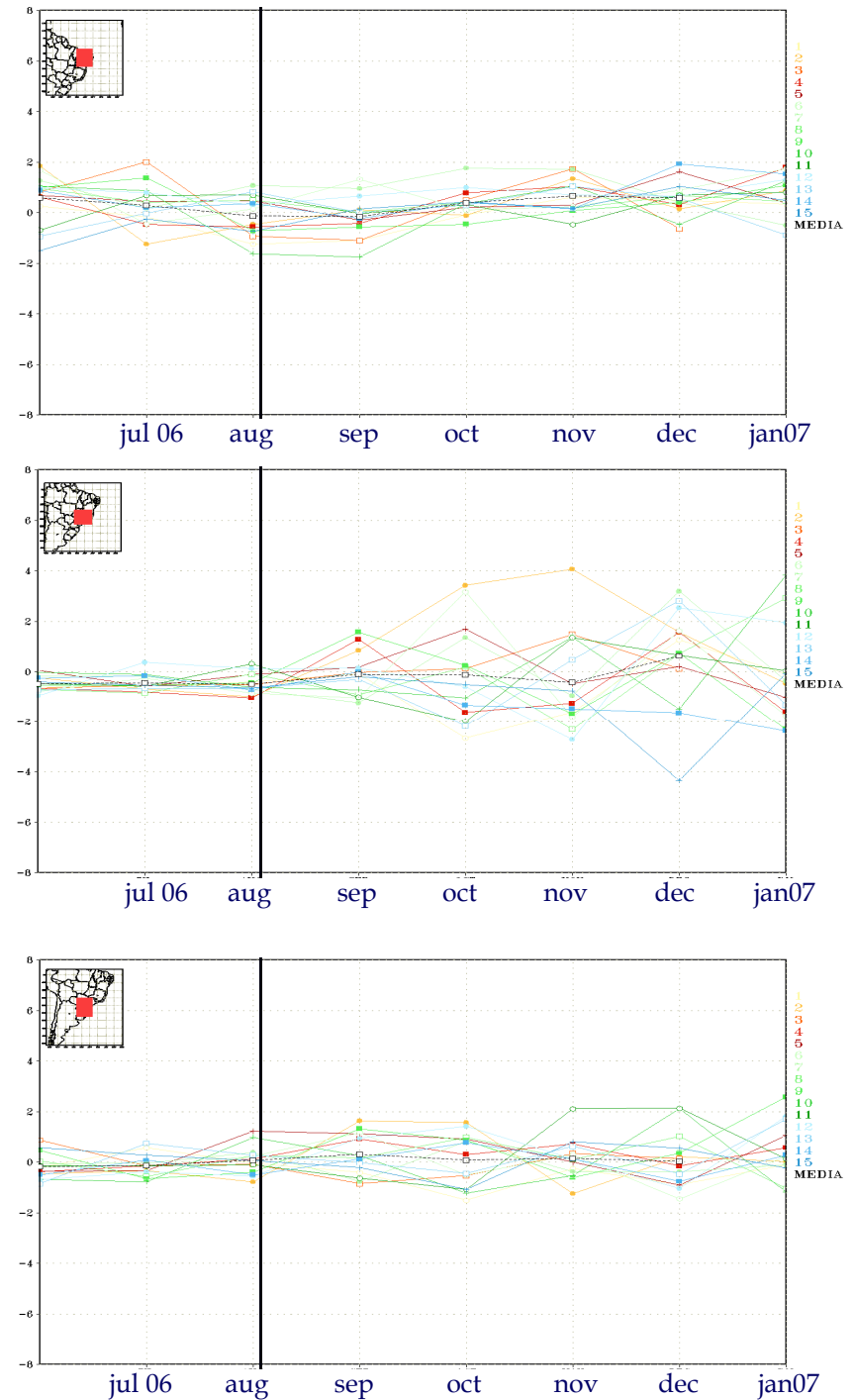
**Imagens de TSM médias climatológicas mensais: dados originais MCSST entre 1982 e 1995.**



# Previsão Climática (1 á 6 meses)



Exemplo da alta dispersão e dificuldade em se prever o clima (precipitação) para a região SE do Brasil com um Modelo de Circulação Global Atmosférico (MCGA).



## Limitações e conhecimentos das Previsões

- Regiões que **tem** uma forte conexão com os **oceanos tropicais** a previsão sazonal funciona melhor. Tanto com modelos **estatísticos** quanto **dinâmicos**  
Ex: Norte e NEB,  
Sul do Brasil,  
Nordeste da Argentina
- Regiões que **não tem** uma forte conexão com os oceanos a previsão sazonal ainda é um grande desafio.  
Ex: Sudeste do Brasil
- **Papel do ATL Sudoeste no Clima do Brasil é ainda uma questão controversa!** Tem impactos, porém não são claros como o ATL e PAC Tropical (**El Niño**, La Niña, Dipolo do ATL)

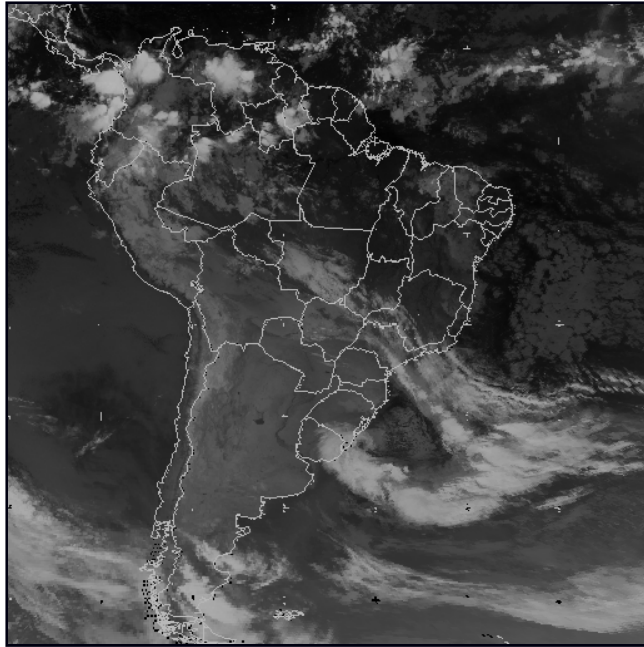
## Interação Oceano-Atmosfera (OA)

- Storm Track , Ciclogênética Frontogenética

- Acentuado Grad TSM
- Energética

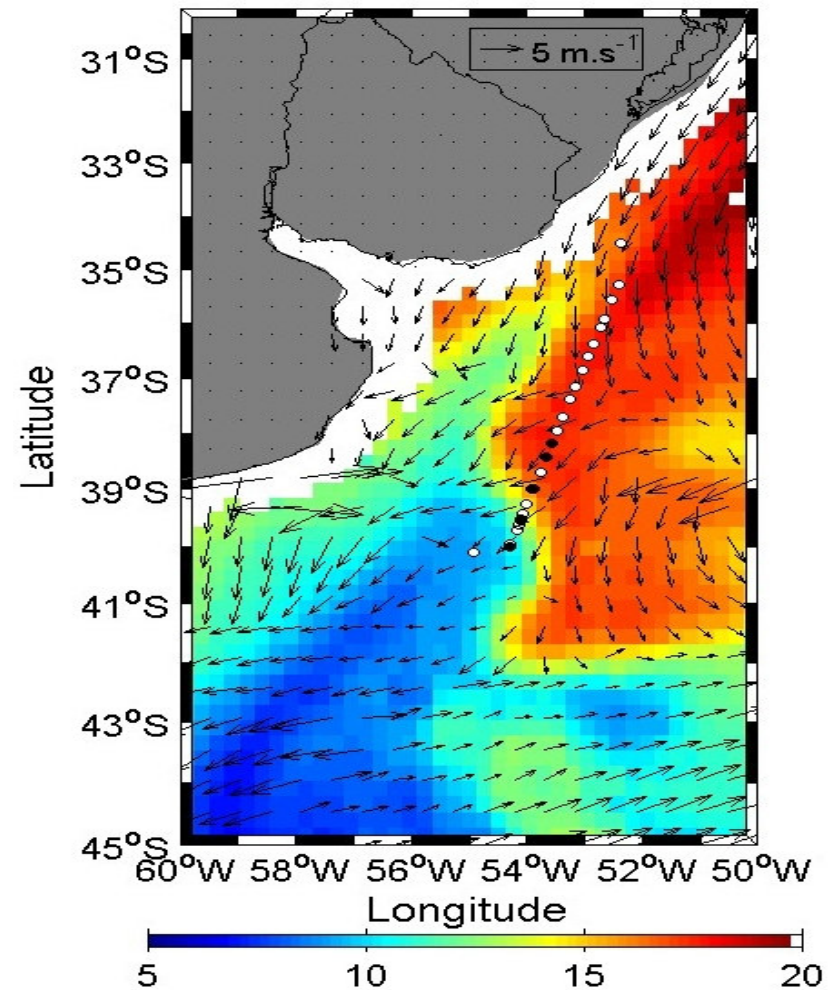
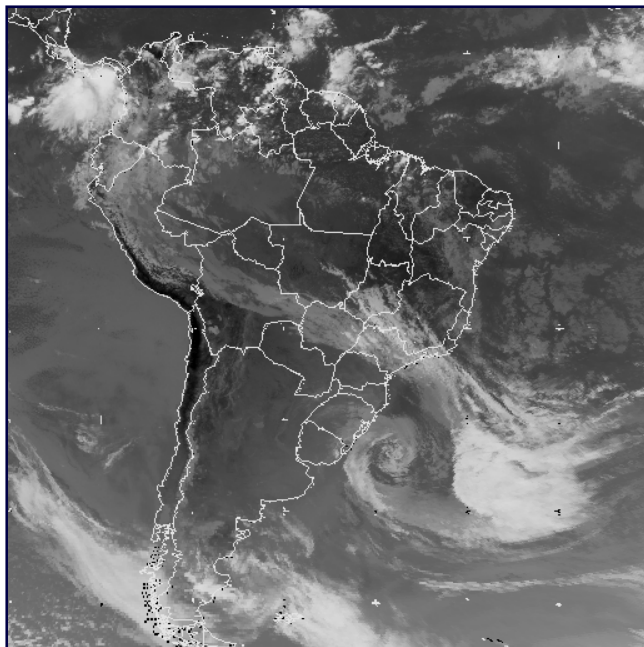
09 UTC  
do dia

13/07/1993



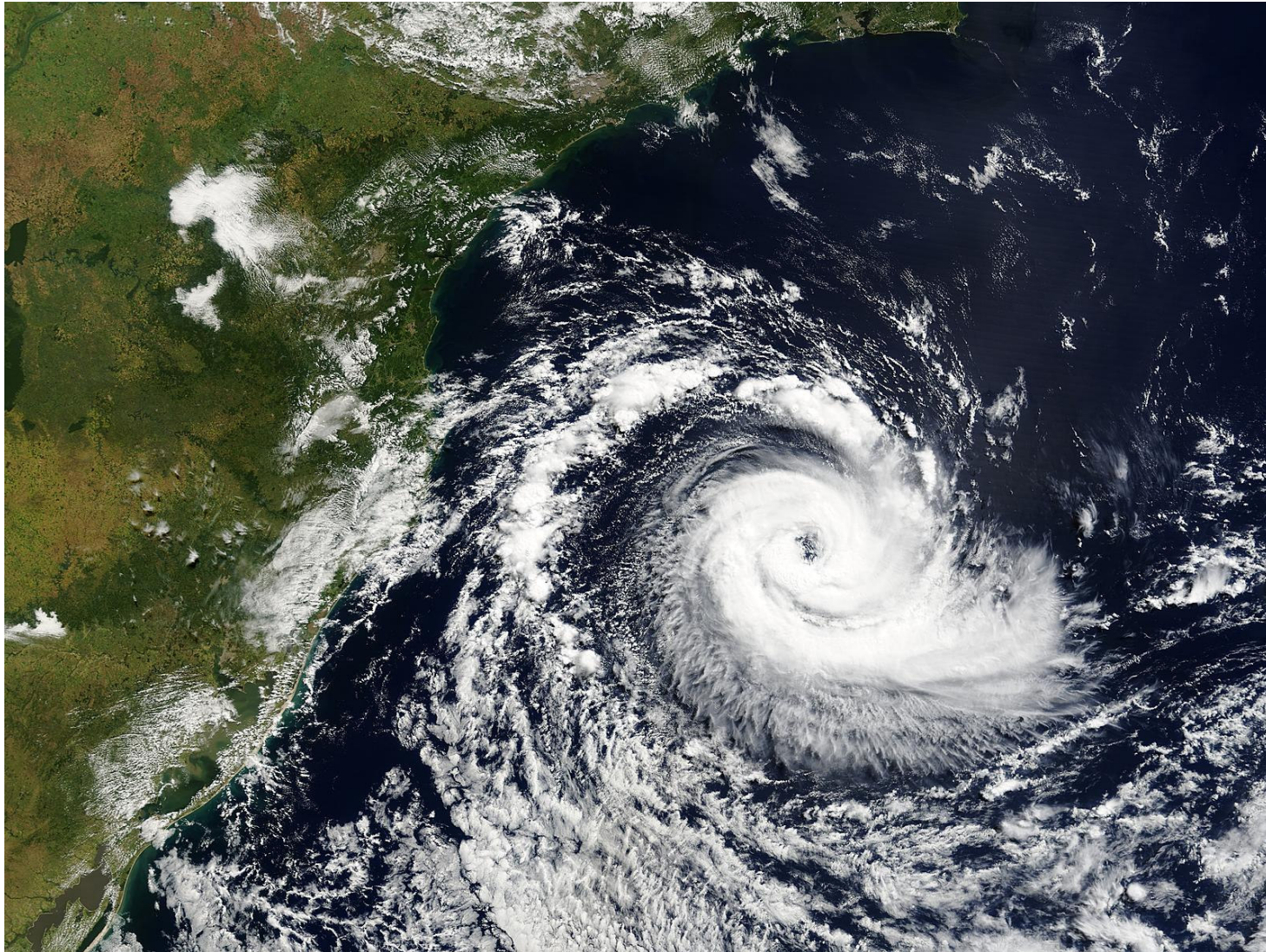
09 UTC  
do dia

14/07/1993





Além da ocorrência dos já conhecidos Ciclônes Extra-Tropicais, as vezes ocorrem **eventos extremos!!**



Catarina – Março de 2004



## Destacam-se 3 caminhos para se melhorar previsões numéricas de tempo e clima

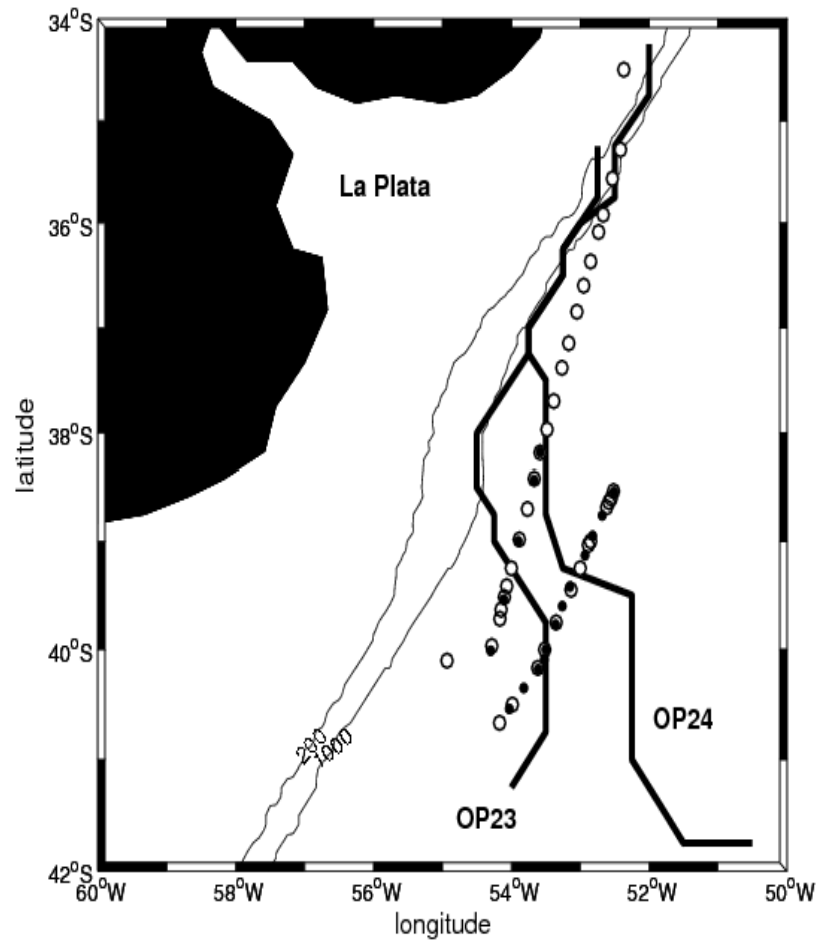
- 1- Parameterizações físicas dos modelos numéricos
- 2- Pós-processamento estatístico de previsões dinâmicas
- 3- Melhorar a inicialização das integrações numéricas, via assimilação de dados

Um outro objetivo do OCAT-BM e INTERCONF...

- *Qual o impacto das observações in situ em **simulações numéricas da Atmosfera?***

*....tanto no estudo da física da interação OA, quanto em validações de modelos numéricos (atmosféricos)*

# Rotas do NApOc Ary Rongel, posições das observações e da frente termal – OP23 e OP24

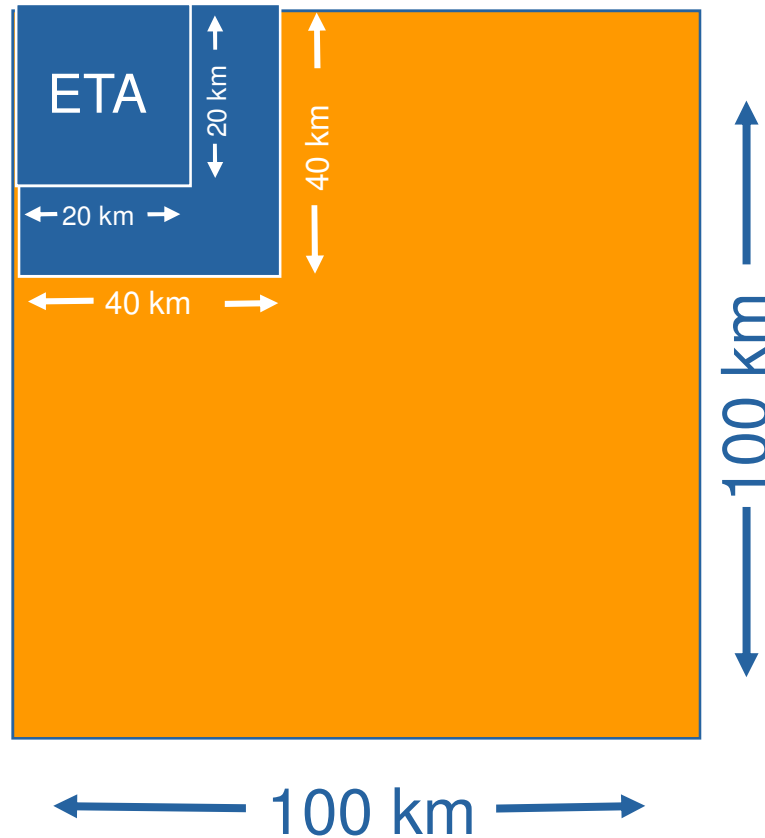


○ - XBT

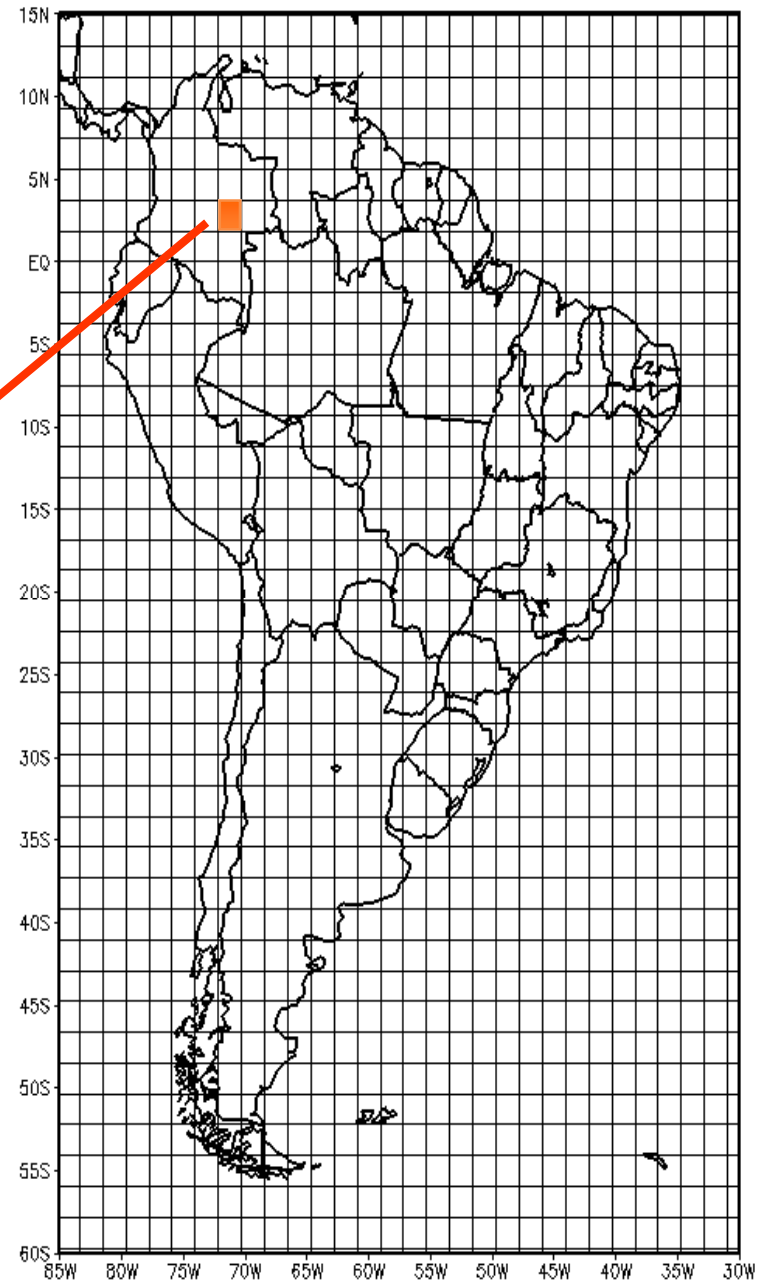
● - Radiosondas



# Grades do Modelo Global e ETA

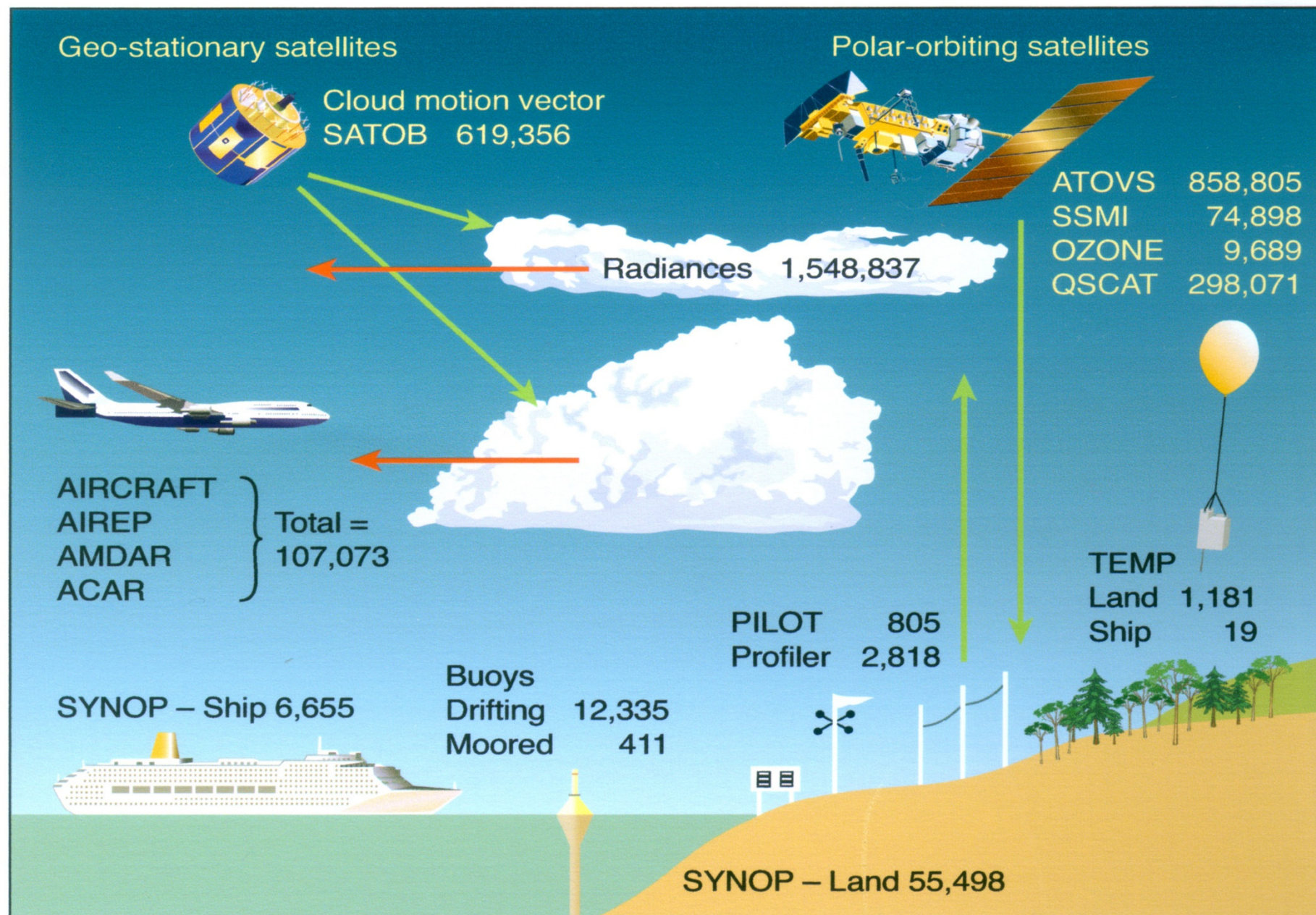


Número de níveis na vertical  
Global - 28  
ETA - 38





## Observações usadas nos modelos numéricos (assimilação de dados)

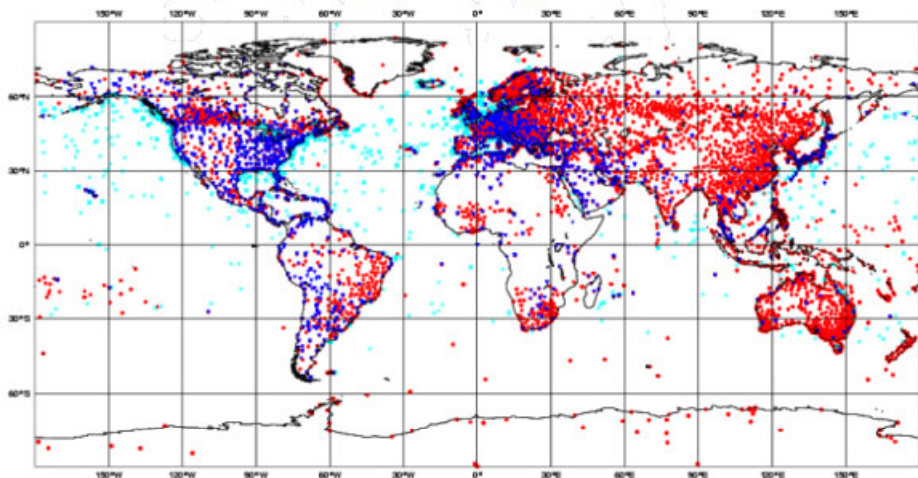




# Observações usadas nos modelos numéricos (assimilação de dados)

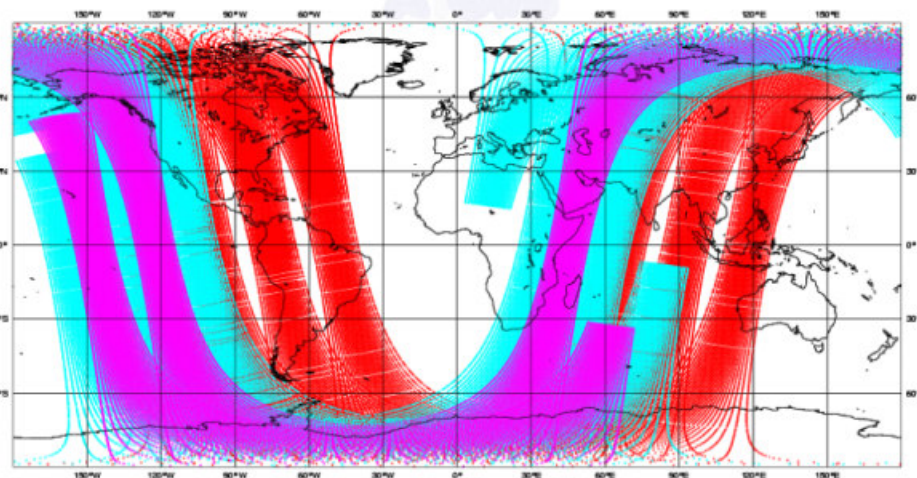
Estações, Navio, Boia, Avião

**SYNOP/SHIP/METAR**

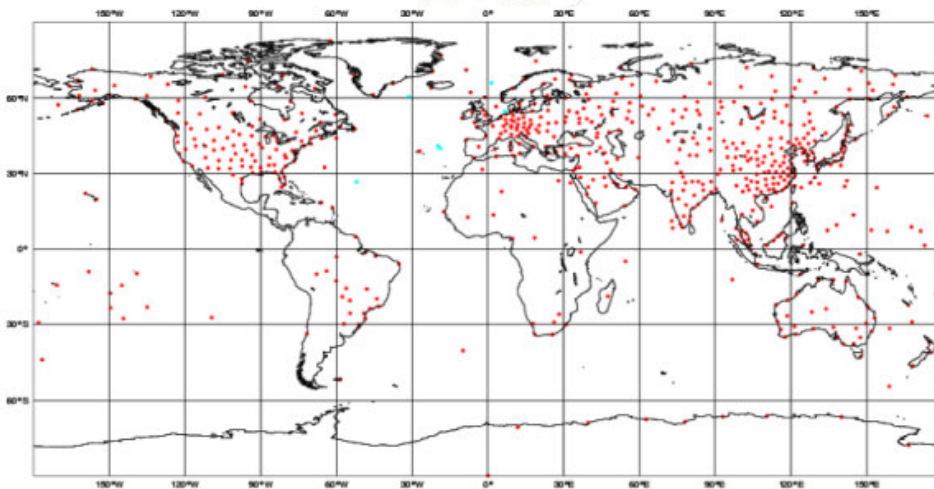


Satélites (sondagens, vento)

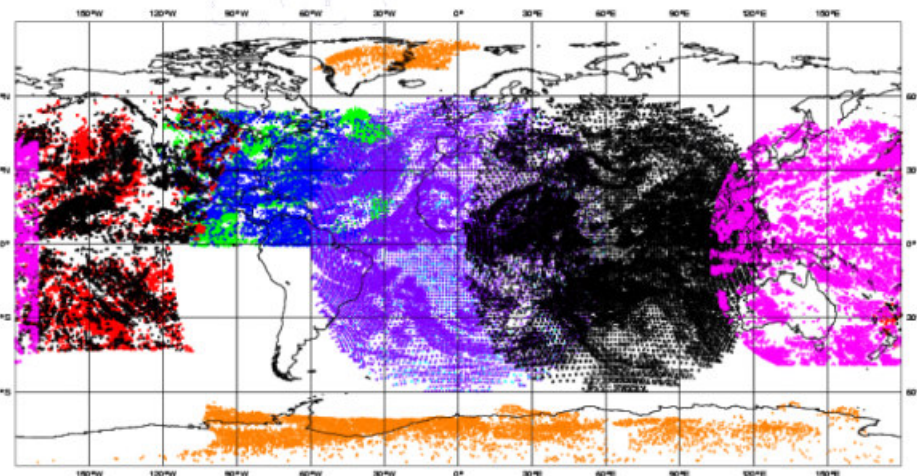
**ATOVS**



**TEMP**



**SATOB**



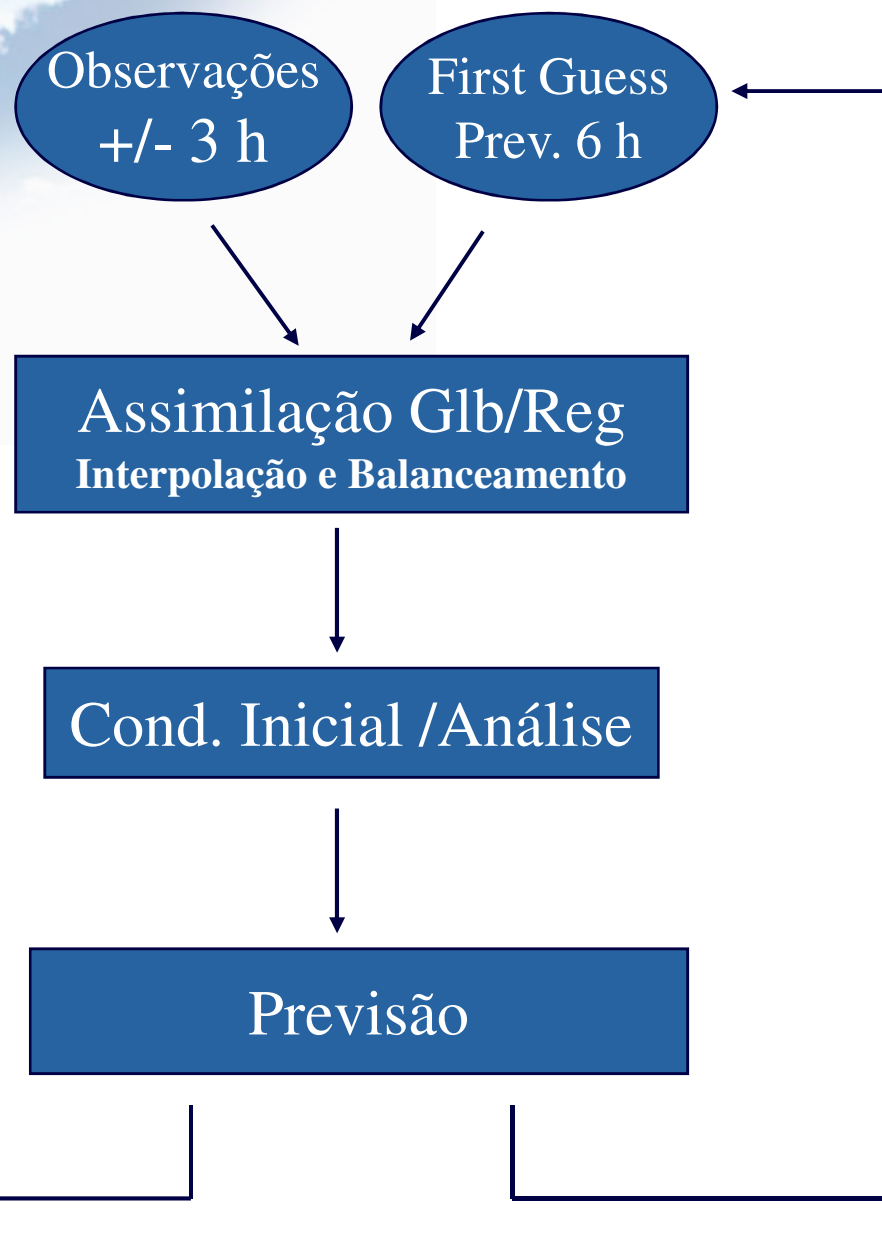
# A Assimilação de Dados

É uma técnica que **combina** as informações de **modelo** (First Guess) e as **observações**.

modelo ( $x_b$ ) X observação ( $y$ )

A solução do PSAS é:

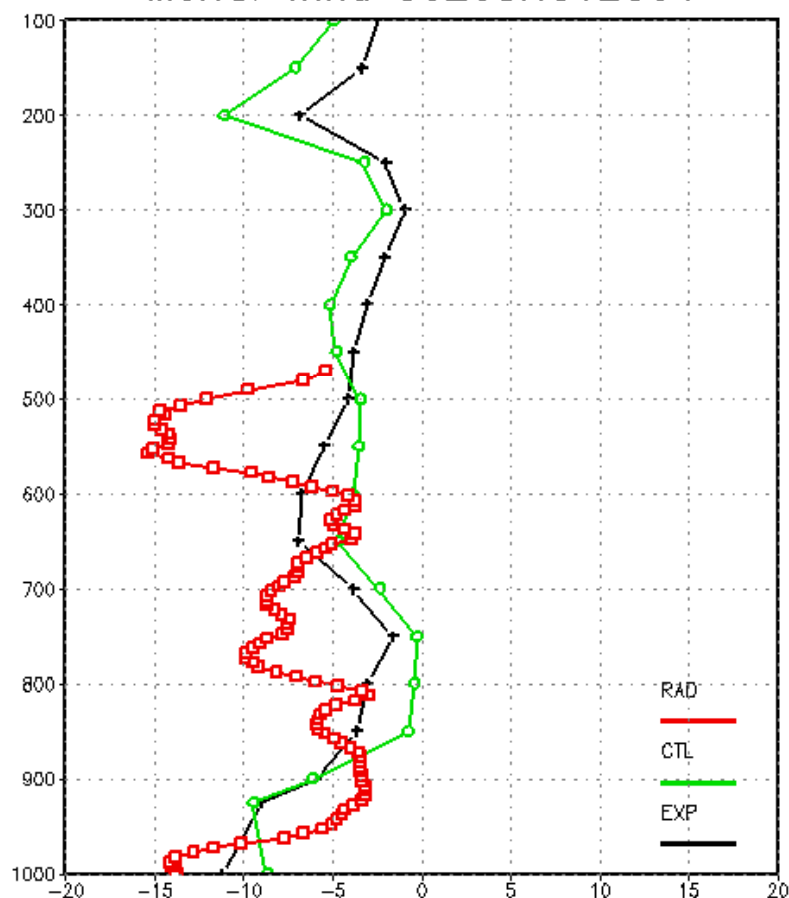
$$x_a = x_b + K [y - H(x_b)]$$



# Assimilação das Radiossondas ...

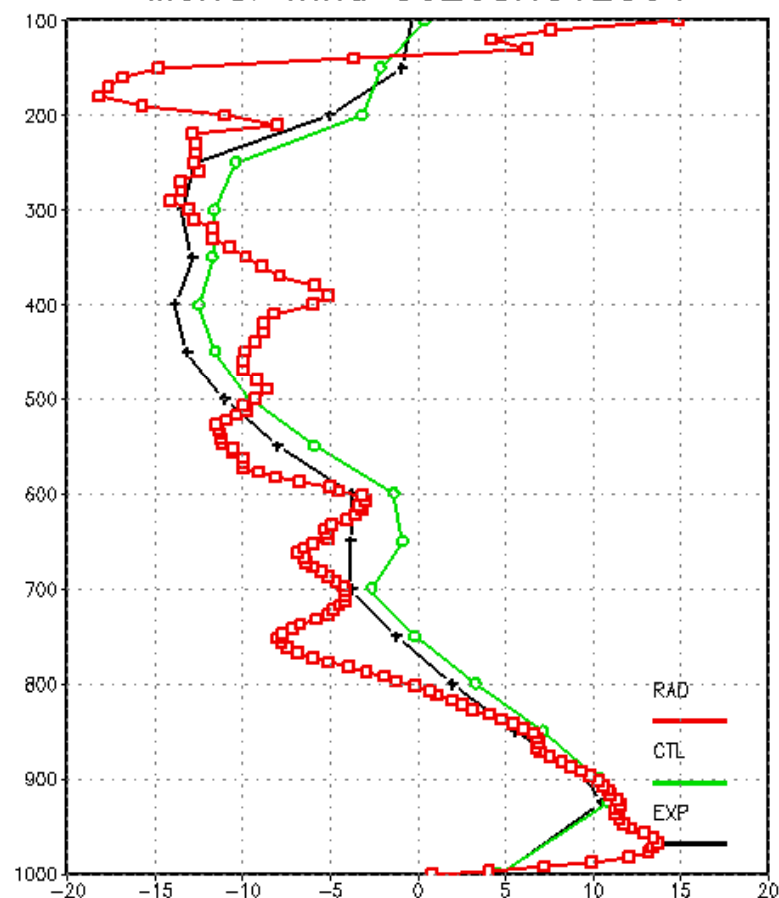
Modelo Regional Atmosférico ETA (CPTEC-INPE)  
com resolução de 40 Km:

Merid. Wind 00Z03NOV2004



com 1 rad

Merid. Wind 06Z03NOV2004



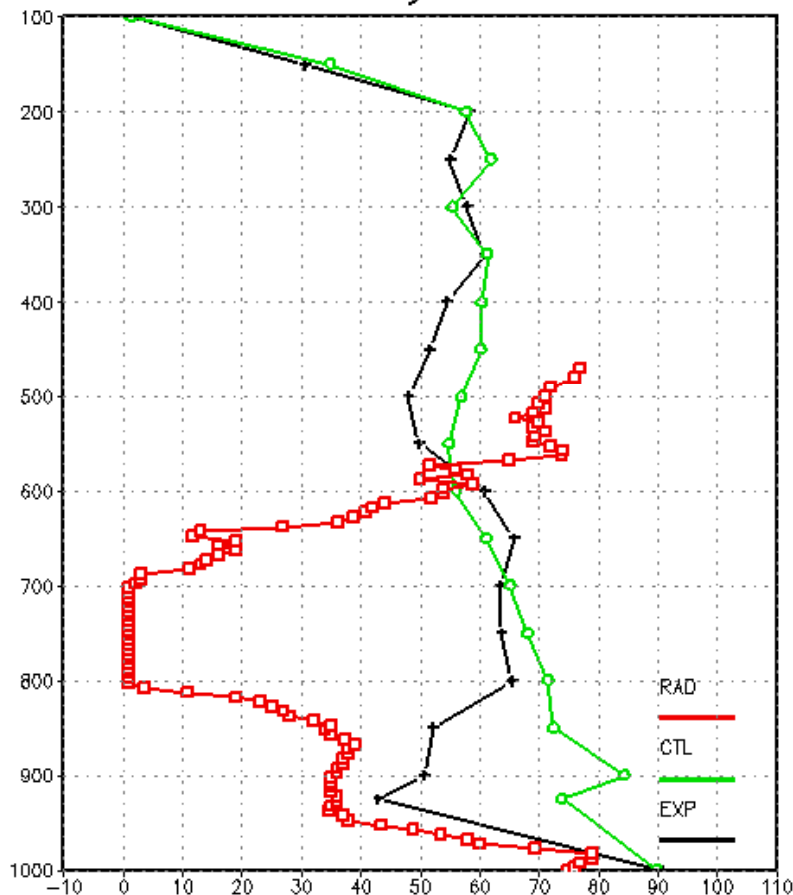
com 5 rad



# Assimilação das Radiossondas ...

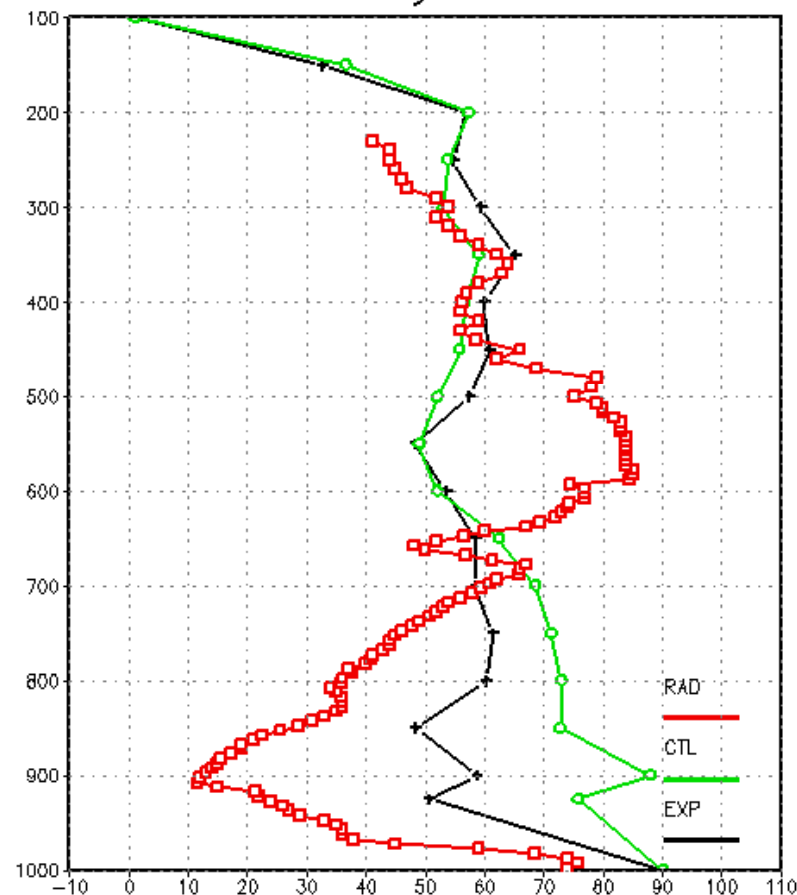
## Modelo Regional Atmosférico ETA (CPTEC-INPE) com resolução de 40 Km:

Relative Humidity 00Z03NOV2004



com 1 rad

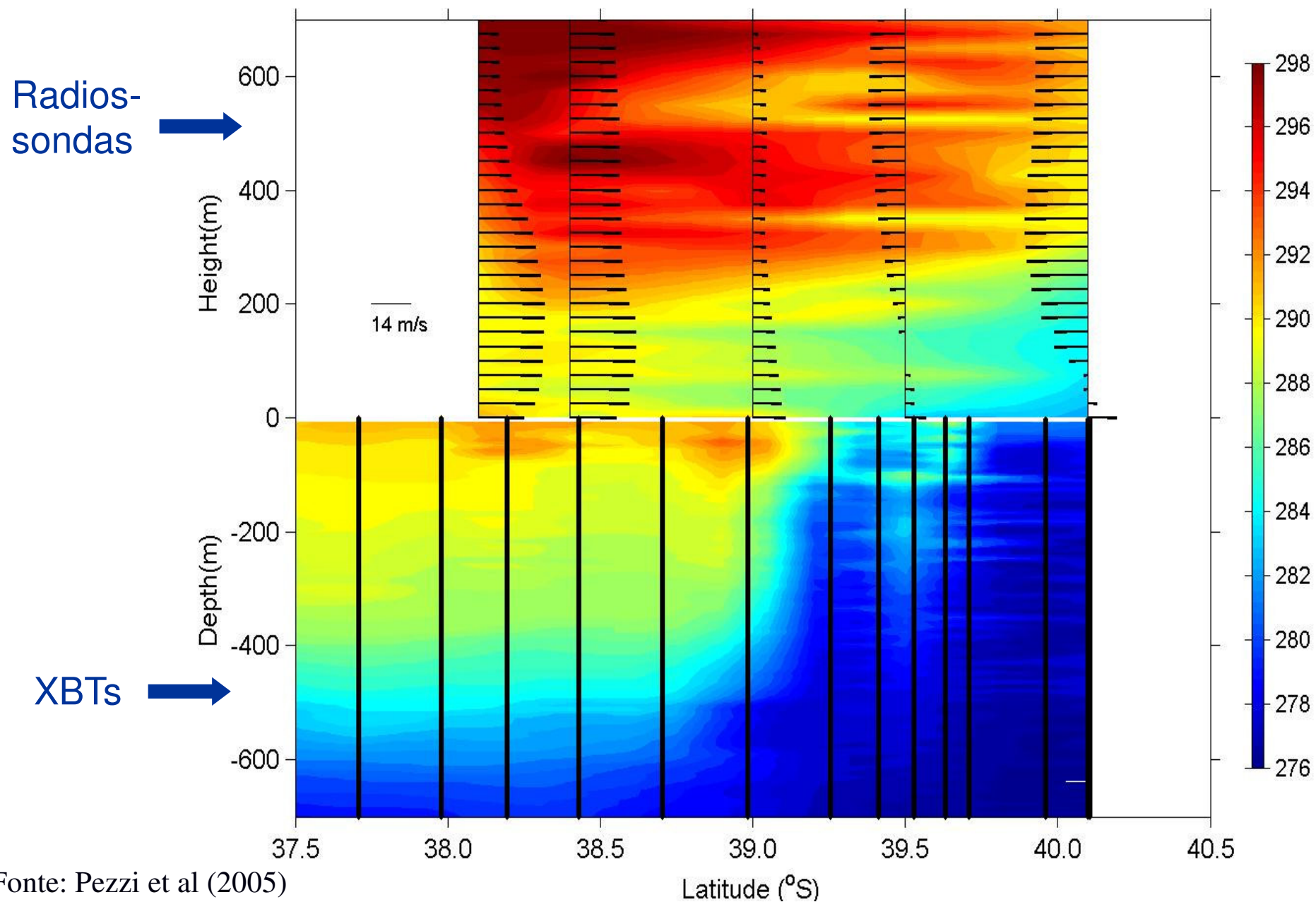
Relative Humidity 00Z03NOV2004



com 3 rad



## Observações simultâneas (*in situ*) na CBM. Novembro 2004 - OP23

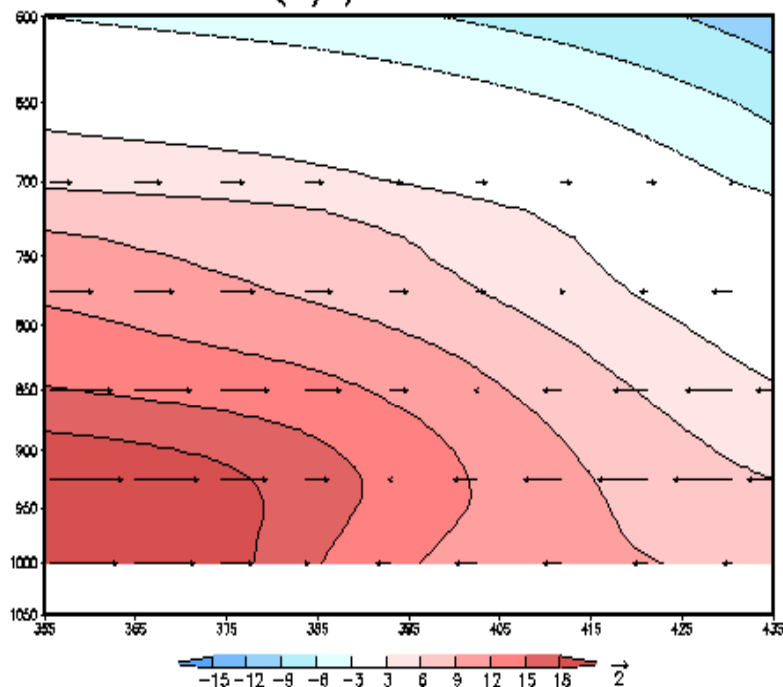


# Simulação da OA na BMC ...

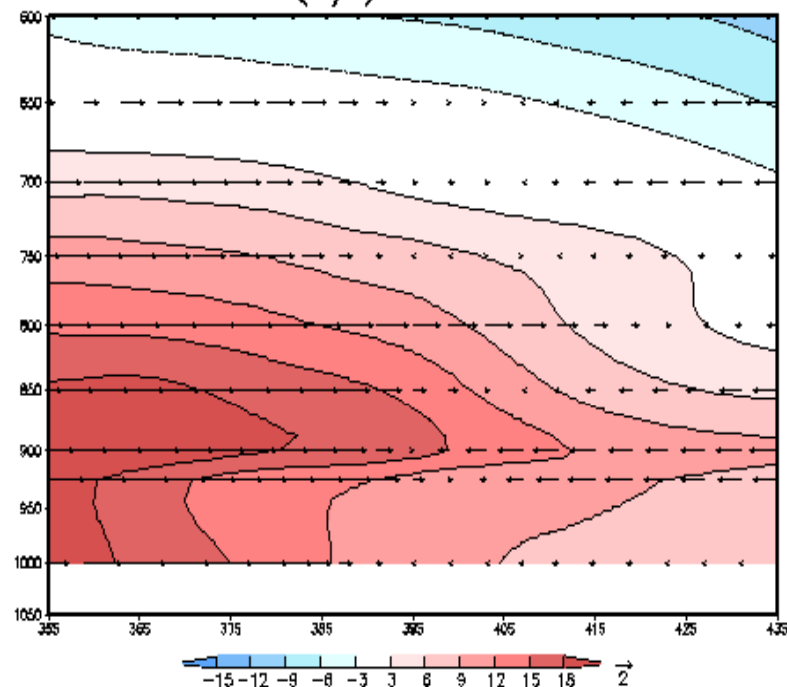
Global ~ 100 km

Regional ~ 40 km

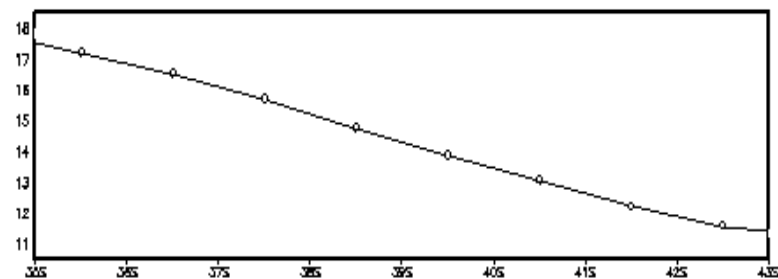
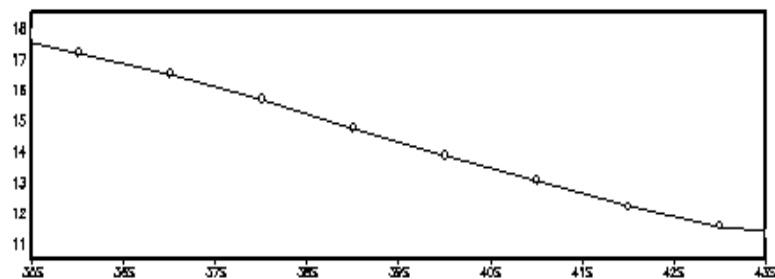
V Wind (m/s) 55W - EXP T126L28



V Wind (m/s) 55W - EXP 40Km



weekly OI-SST      Blended Sat+Obs      weekly OI-SST

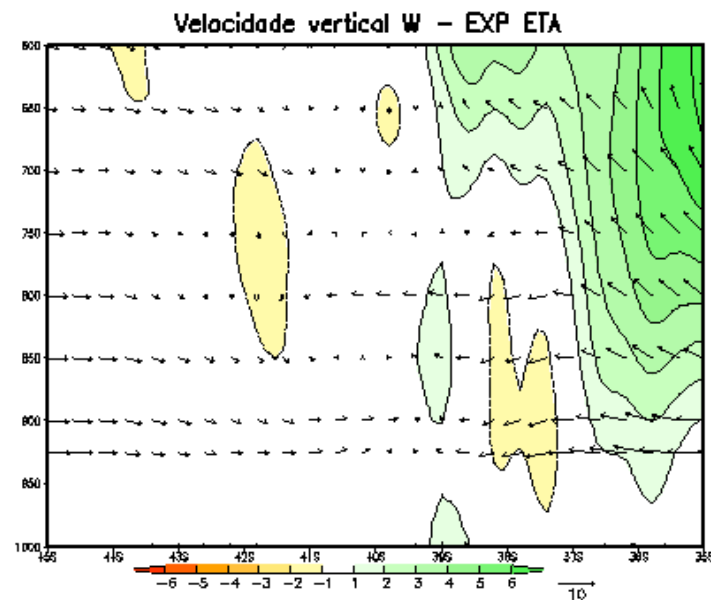
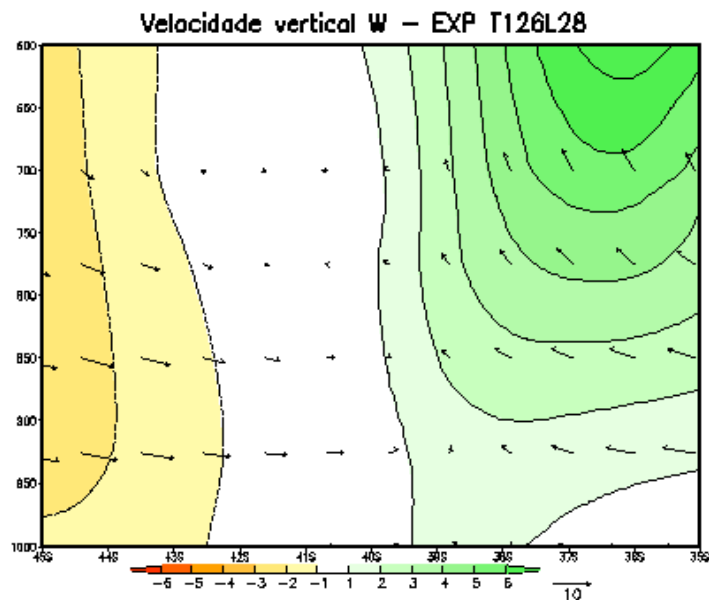


# Movimento Vertical...

Global ~ 100 km

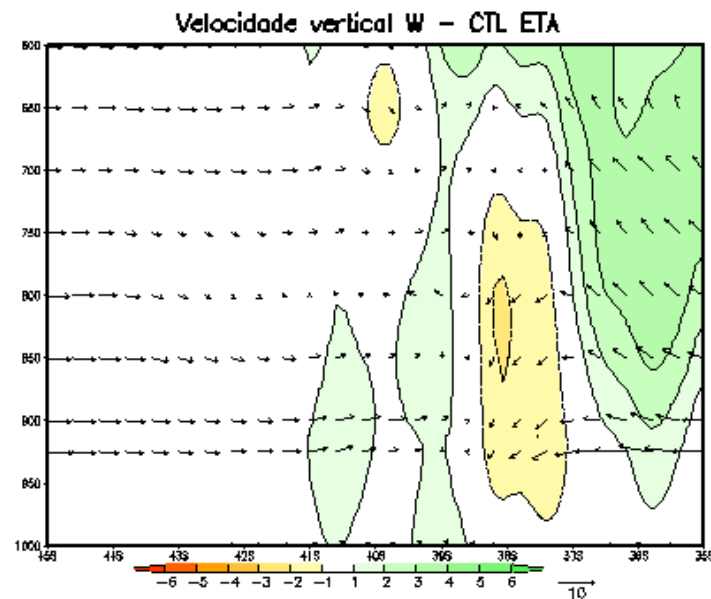
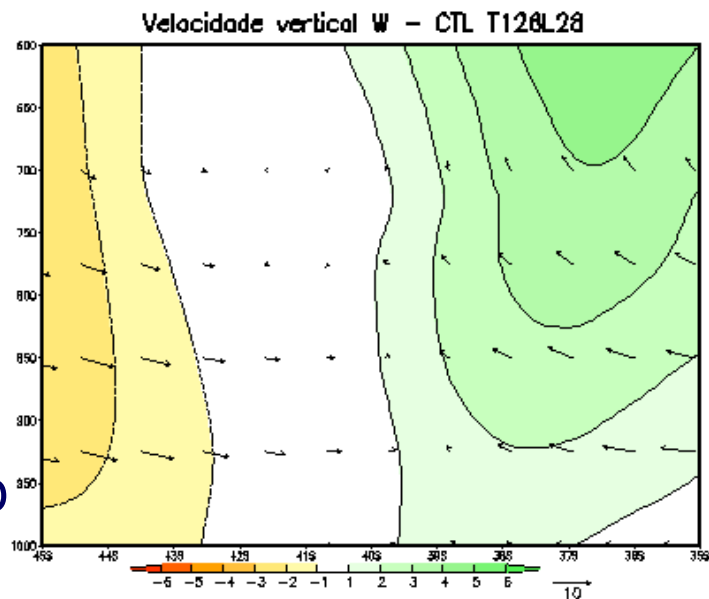
Regional ~ 40 km

Com  
Assimilação

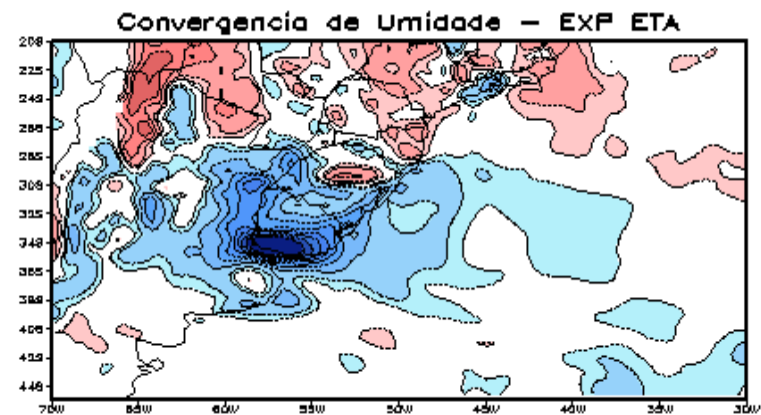
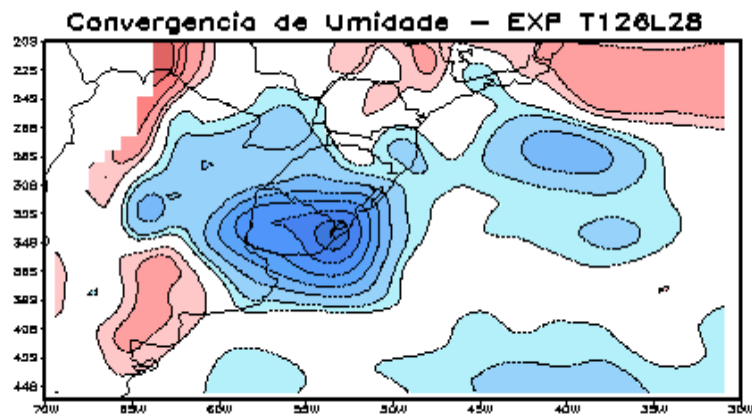


Sem  
Assimilação

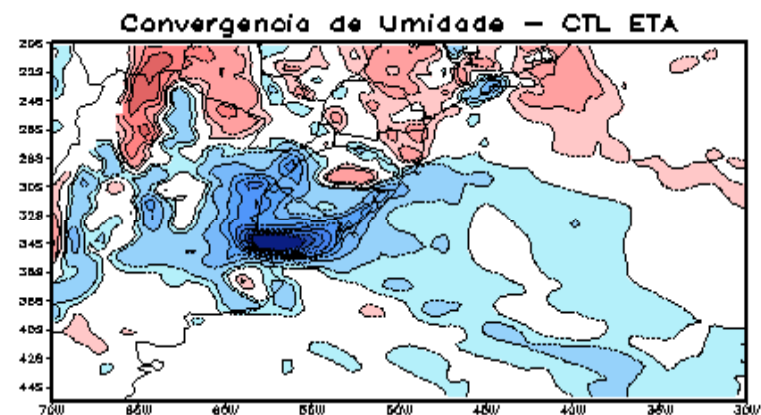
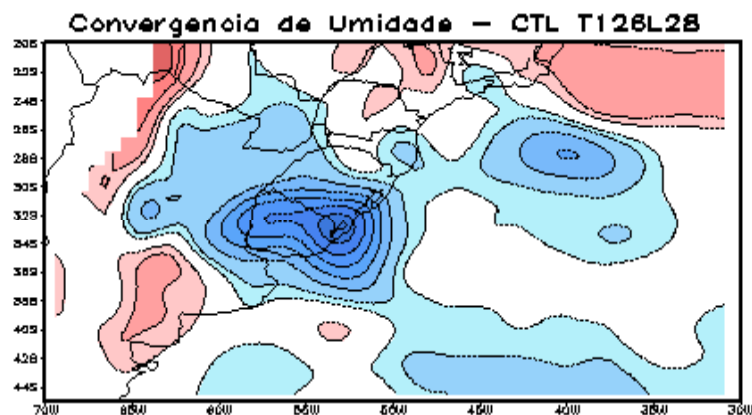
w é  
subestimado



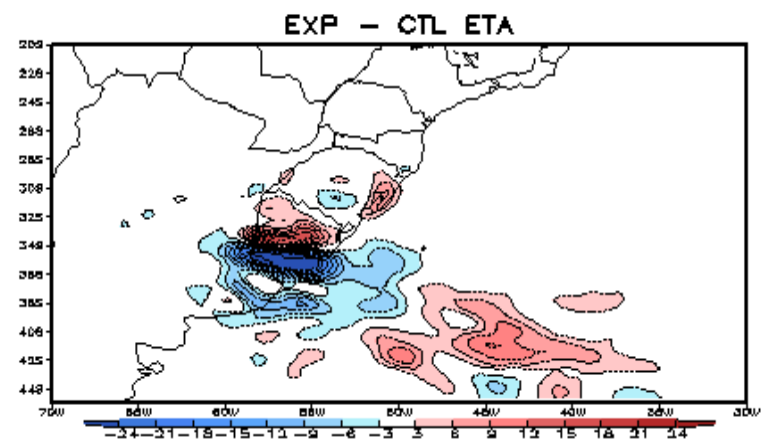
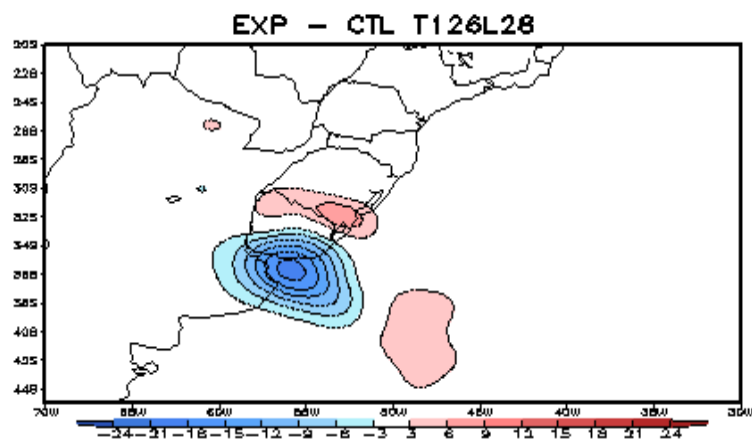
Com  
Assimilação



Sem  
Assimilação



Diff  
CAs-SAs





## Comentários Finais

- A investigação numérica local da CBM mostrou que o **forte gradiente de TSM modula a camada limite atmosférica**, ventos em superfície e estrutura vertical da CLA.
- O **papel do Atlântico Sudoeste no clima da América do Sul ainda não é completamente entendido**. Existem poucos trabalhos na literatura, e em alguns casos os resultados são controversos.
- Os dados meteorológicos, **observações in situ**, devem ser considerados nos **estudos numéricos**, tanto para **validar modelos** quanto no **estudo de processos físicos**
- Dados meteorológicos devem ser considerados em análises oceanográficas.

## Comentários Finais

O conhecimento atual, indica que o Clima deve ser entendido como um sistema único, e estudado sob esta perspectiva, considerando as componentes Oceano-Atmosfera-Terra



Estudos climáticos, simulações e previsões numéricas precisam considerar todos estes efeitos

## Agradecimentos

- INMET proveu parte das radiossondas usadas.
- Comandante do NApOc Ary Rongel e sua tripulação
- NOAA proveu os XBTs
- FAPESP financiou o OCAT-BM
- CNPq financia o INTERCONF