

Dinâmica 17/11/2020 a 11/11/2020

Arrasto Por Onda De Gravidade

**Arrasto Por Onda De
Gravidade**

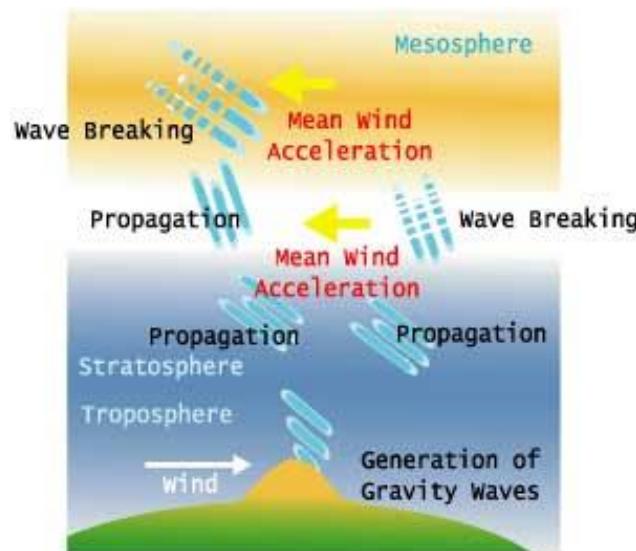
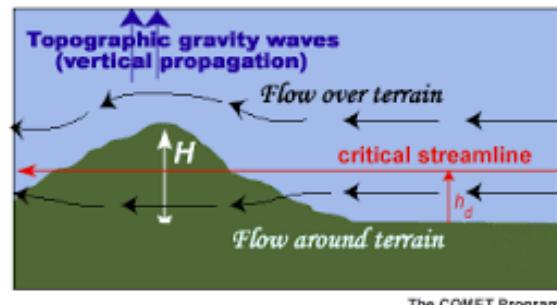
Dinâmica 17/11/2020 a 11/11/2020

Arrasto Por Onda De Gravidade



Gravity Wave Drag

Parameterized Sub-grid Scale Flow Over Topography



Arrasto Por Onda De Gravidade

Os modelos PNT ou Climáticos não podem resolver todas as escalas dos movimentos atmosféricos.

Na prática escala dos fenômenos atmosféricos que não podem ser resolvidas devido a resolução horizontal:

$$10\text{km} < \text{PNT} > 100\text{ km}$$
$$100\text{km} < \text{Climáticos} > 1000\text{ km}$$

Muitos Processos Atmosféricos de sub-grade tem escalas horizontais mais curtas em relação a resolução dos modelos e estes processos afetam a larga escala e tem um papel importante na definição da circulação

Se não podem ser resolvidos por modelos de grande escala devem ser parametrizados

Arrasto Por Onda De Gravidade

Onda de Gravidade da Atmosfera são processo não resolvidos pelos modelos

Propagação do Grupo de ondas de Gravidade

Amplitude e forma das ondas de Gravidade

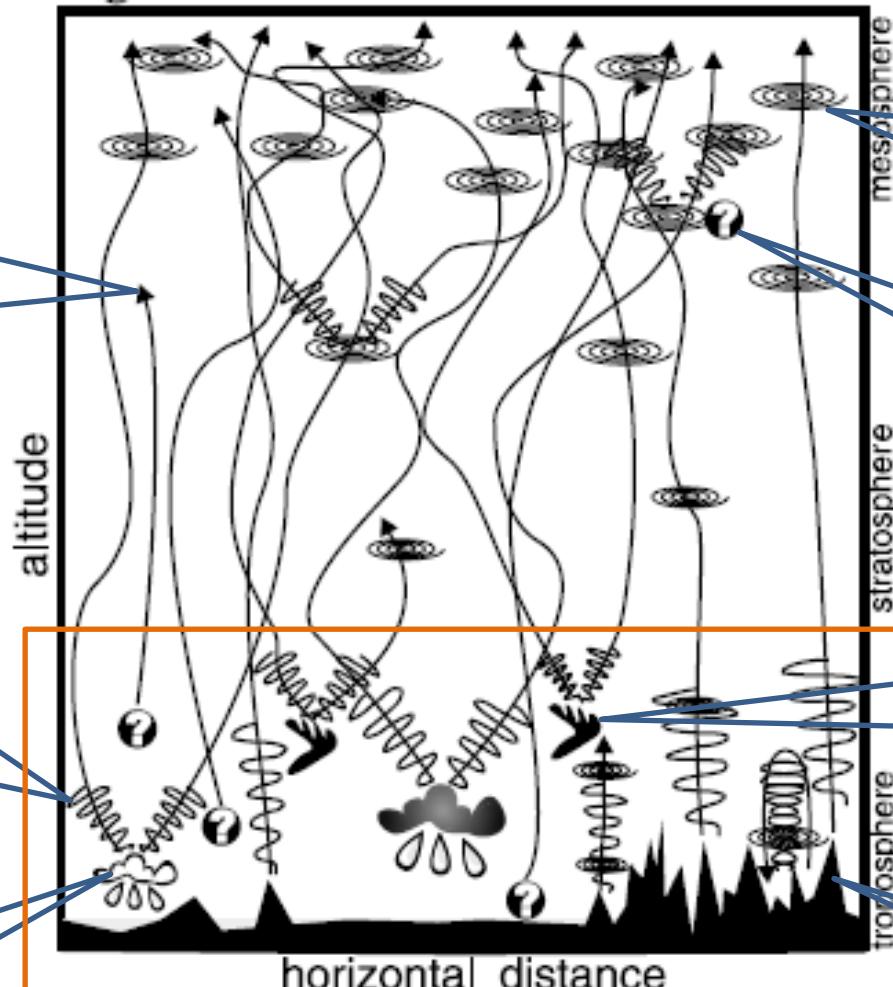
Convecção profunda

Quebra de GW e Arrasto

Fontes não definida de GW

Instabilidade das correntes de Jatos

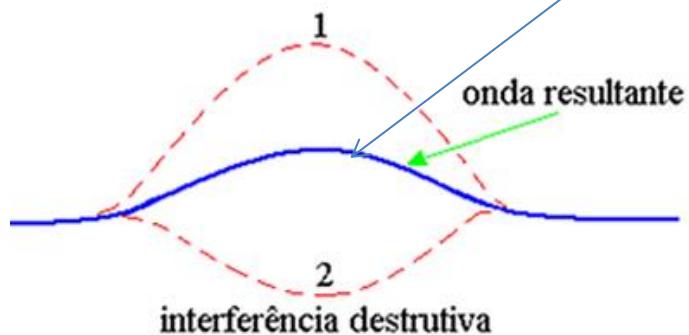
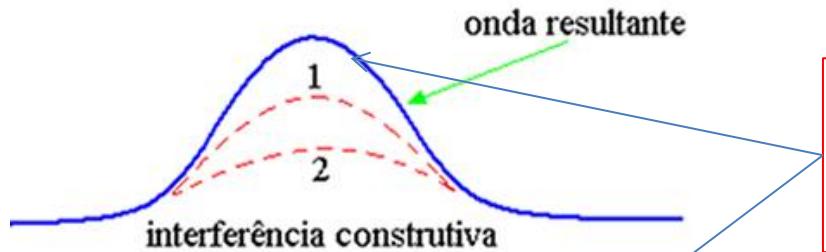
Orografia



Fontes de GW

Arrasto Por Onda De Gravidade

A dissipação de **GW** (5 - 500km) produz uma força sobre escala sinótica que atua no escoamento atmosférico



Esta interação é conhecida como
Arrasto Por Onda De Gravidade
GWD

O Termo **Drag** implica na **desaceleração** do escoamento onde a força sobre o escoamento produzida pela **dissipação** de **GW** sempre **acelera ou desacelera (retarda ou reverte)** os escoamento.

Arrasto Por Onda De Gravidade

GWDO : GWD induzida pela Orografia

GWDC : GWD induzida pela Convecção

4.1 Conceito

Este esquema inclui o efeito do arrasto induzido pelas ondas gravitacionais devido a montanha a partir da orografia da sub-grade, incluindo quebra por convecção, quebra por cisalhamento e presença de níveis críticos. Os efeitos são fortes na presença de forte cisalhamento vertical do vento e camada termicamente estável.

Quantidade de arrasto de onda no nível de referência:

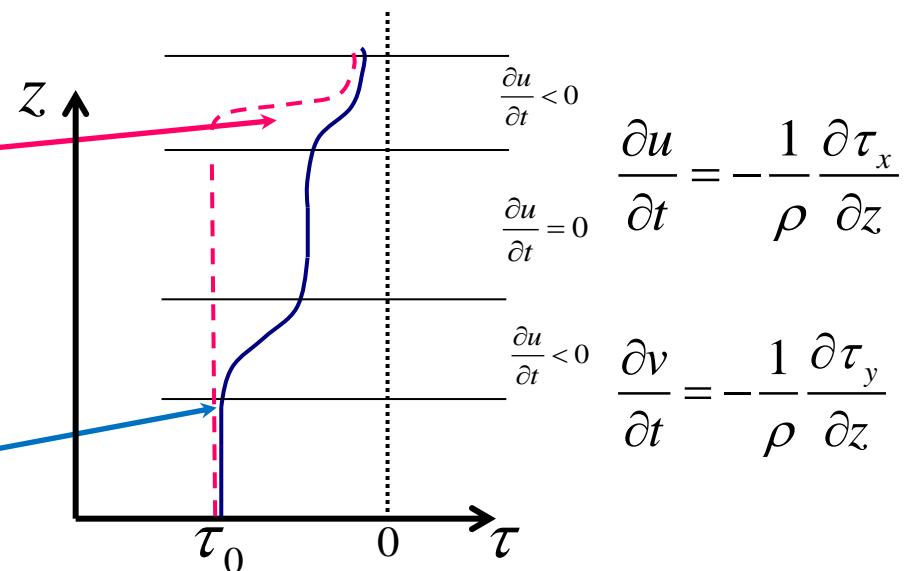
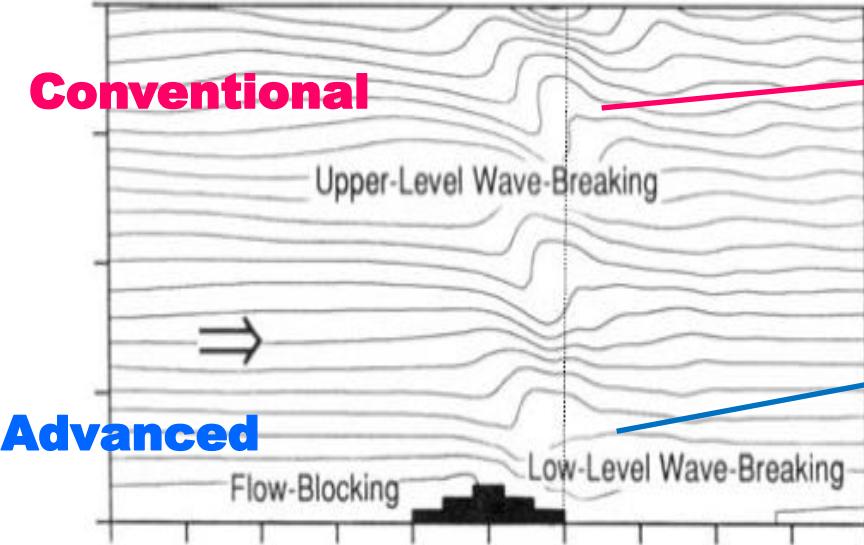
$$\tau_{GWD} = -E \frac{m}{\Delta x} \frac{\rho_0 U_0^3}{N_0} \frac{Fr^2}{Fr^2 + C_G / OC} \quad E \equiv (OA + 2) C_E Fr_0 / Fr_c$$

Conventional : O convencional é baseado no R_i mecanismo de quebra de onda usando a hipótese de saturação que trabalha principalmente na atmosfera superior.

Advanced: o novo mecanismo de quebra de onda é baseado na estatística da orografia usando conceito (meio) teórico (Scorer parameter $\sim \frac{BVF^2}{U^2}$) e (meio) empírico obtido da simulação de ondas de montanha de mesoescala. Trabalha principalmente na baixa atmosfera. A quebra do escoamento foi também introduzido recentemente.

Arrasto Por Onda De Gravidade

4.2 Arrasto de ondas de gravidade na baixa troposfera (Kim and Arakawa 1995)



Stress no nível de referencia $\tau_0 = -E \frac{1}{\Delta x} \frac{\rho_0 U_0^3}{N_0} \frac{Fr^2}{Fr^2 + \frac{0.5}{OC}}$ $\Rightarrow U_0 = \frac{1}{h} \int_{k=1}^{k=k_{pbl}} U dz$

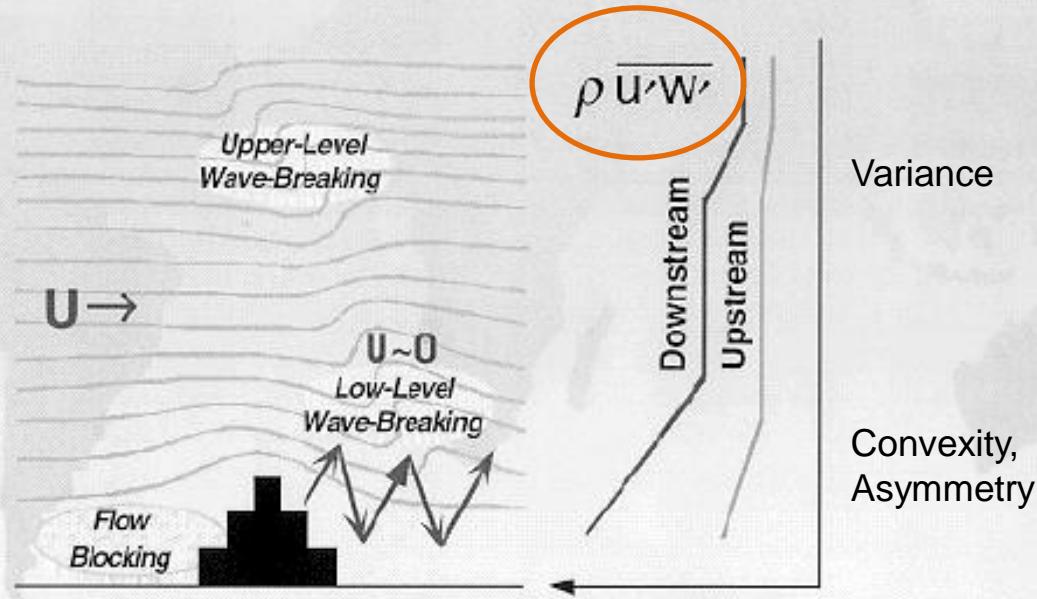
Nível de referencia(KA95) : Max (2, KPBL)

Arrasto Por Onda De Gravidade

PARAMETERIZATION OF OROGRAPHIC GRAVITY WAVES

by Kim and Arakawa (1995) & Kim (1996)

τ_0



Young-Joon Kim, JPL

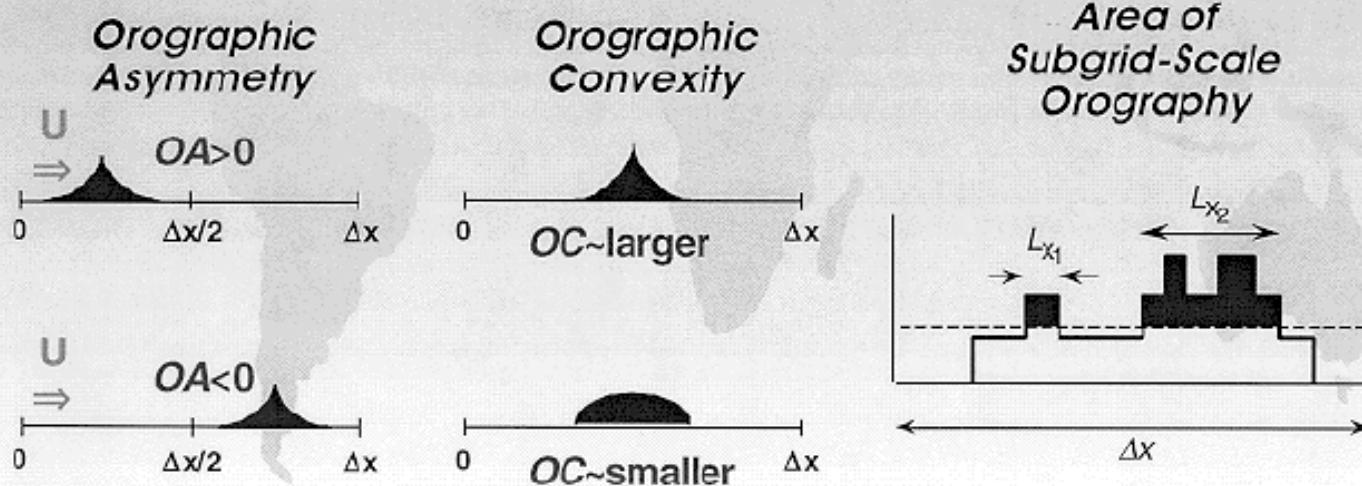
Arrasto Por Onda De Gravidade

PARAMETERIZATION SCHEME FOR OROGRAPHIC GRAVITY-WAVE DRAG

by Kim and Arakawa (1995)

 τ_0

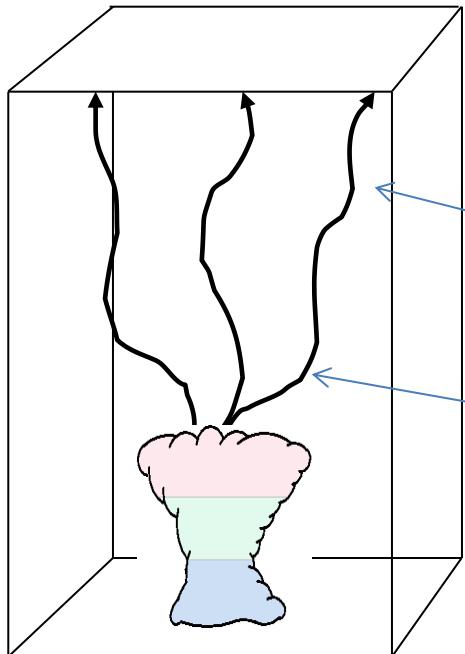
$$\tau_0 = f(t(\rho_o, U_o, N_o, SD, OA, OC, L_x)) \quad \& \quad \frac{\tau}{\tau_0} \approx \frac{\ell^2}{\ell_0^2} \quad \text{for } OA > 0$$



Young-Joon Kim, JPL

Arrasto Por Onda De Gravidade

$$\tau_0 = -E \frac{1}{\Delta x} \frac{\rho_0 U_0^3}{N_0} \frac{Fr^2}{Fr^2 + \frac{0.5}{OC}} \implies U_0 = \frac{1}{h} \int_{k=1}^{k=k_{pbl}} U dz$$



$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_x}{\partial z}$$

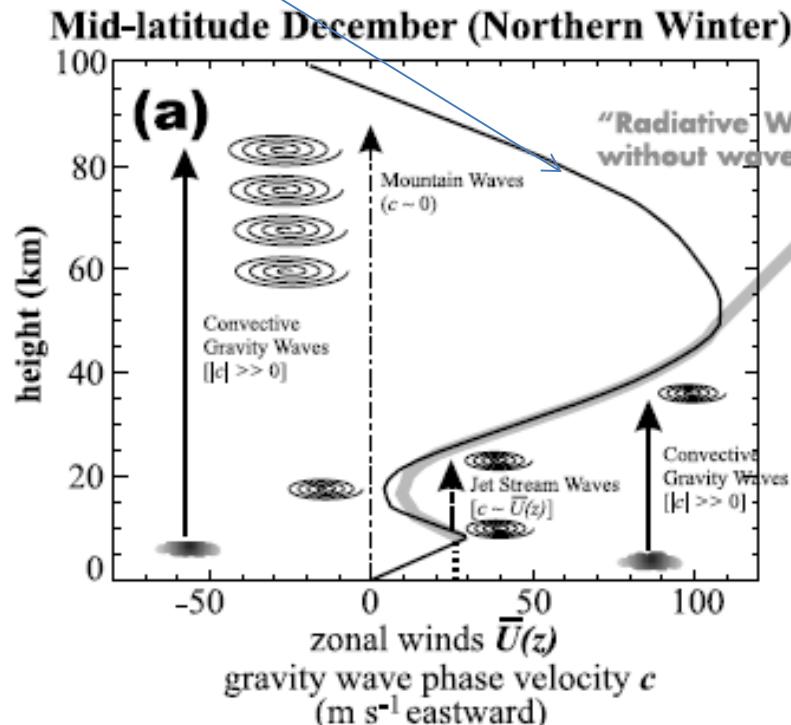
$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_y}{\partial z}$$

Arrasto Por Onda De Gravidade

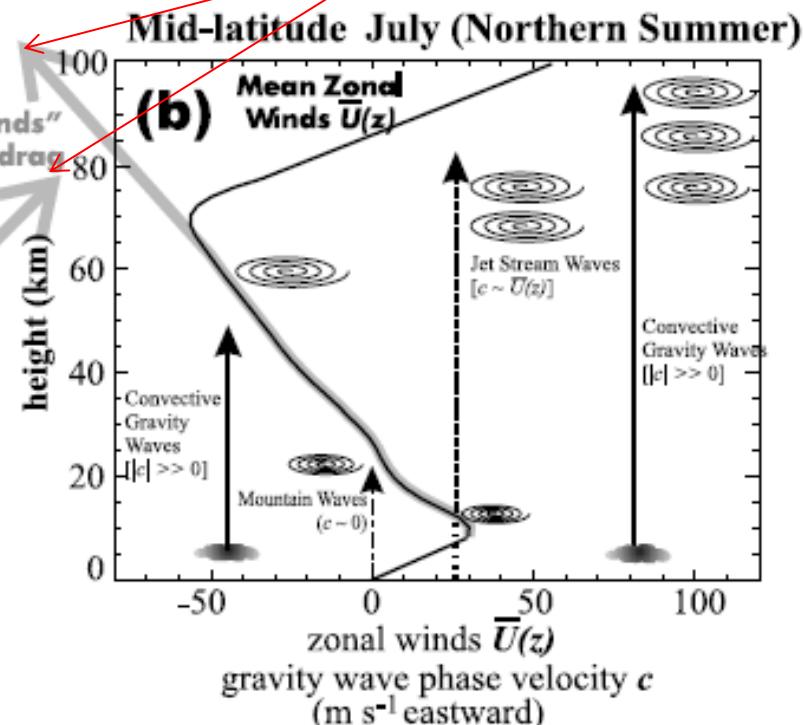
Mecanismos de amortecimento deturpados em modelos

Atmos em Equilíbrio Radiativo

Vento observado



Vento Sem Parametrização do GWD



c = velocidade de fase da onda de gravidade

$c = 0$ **Ondas de gravidade de Montanhas**

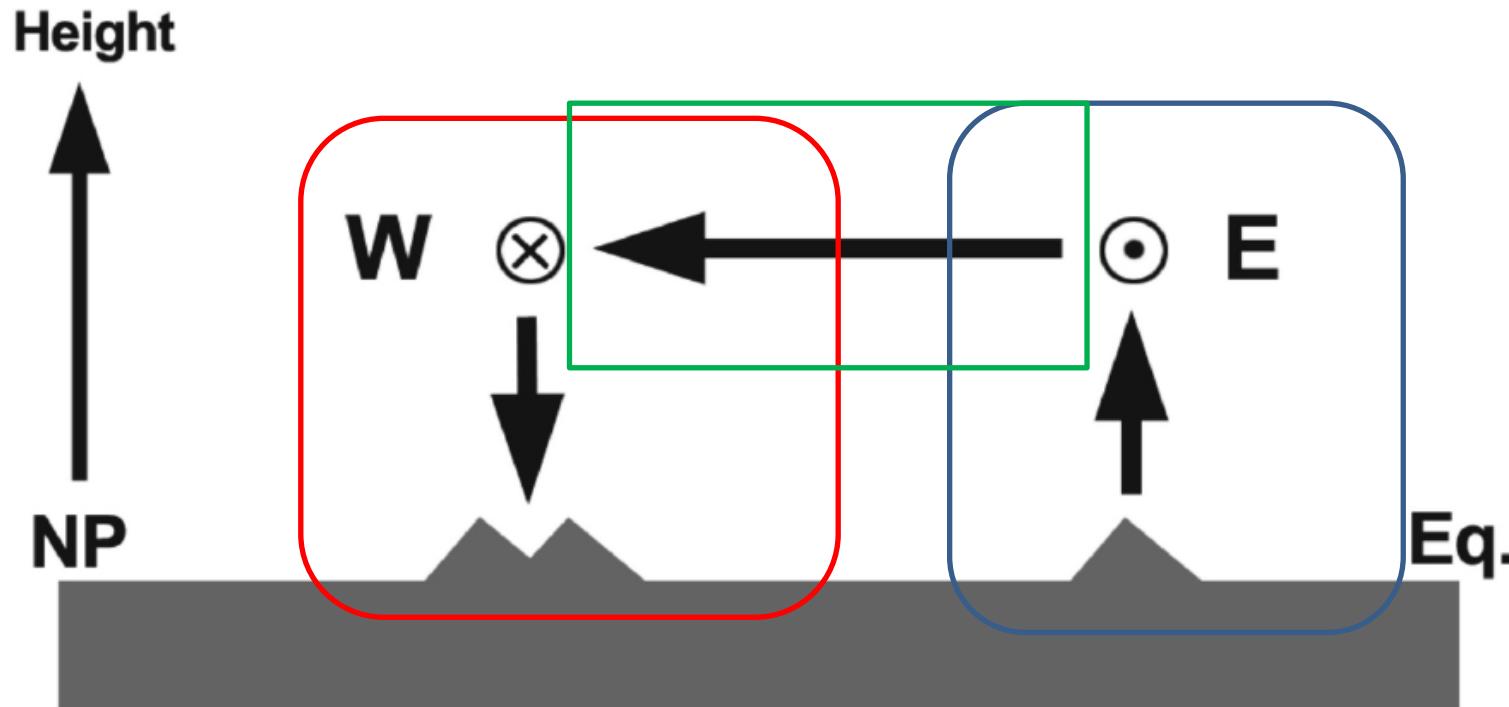
$|c| \gg 0$ **Ondas de gravidade Convectiva**

$c \sim \bar{U}(z)$ **Ondas de gravidade de Correntes de Jatos**

Arrasto Por Onda De Gravidade

Orografia aprimorada e os efeitos no arrasto por ondas de gravidade

Transporte de Momentum Angular entre a Atmosfera e Superfície Hemisfério Norte



O momento angular é transportado verticalmente de oeste para o solo sobre uma área montanhosa em latitudes médias e do solo para leste em baixas latitudes.

Para equilibrar a perda de momento na região oeste e o ganho na região leste, o transporte de momento meridional surge para manter a continuidade da massa.

Arrasto Por Onda De Gravidade

Orografia aprimorada e os efeitos no arrasto por ondas de gravidade

Transporte de Momentum Angular entre a Atmosfera e Superfície Hemisfério Norte

As melhorias na simulações dos modelos obtidas com o aprimoramento da orografia:

- Vieram em sua maior parte de uma maior geração de ondas de Rossby,
- Os efeitos parametrizados das ondas gravitacionais em escala de sub-grade tem pouca contribuição

(embora as informações na orografia de sub-grade sejam usadas para criar a orografia em escala de grade).



Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Os estudos subsequentes aos discutidos na seção anterior logo evoluíram para uma consideração explícita da quebra de propagação vertical de ondas de gravidade “internas”

As primeiras parametrizações foram para:

ondas de gravidade geradas pelo fluxo sobre orografia em sub-grade (também chamada de ondas da montanha),

ondas horizontais de propagação horizontal, mas verticalmente “retidas”

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Os estudos subsequentes aos discutidos na seção anterior logo evoluíram para uma consideração explícita da **quebra de propagação vertical de ondas de gravidade “internas”**

As primeiras parametrizações foram para:

Com o **topo** dos modelos estendendo-se para cima, surgiu uma nova necessidade de parametrizar o arrasto nos níveis superiores devido à dissipação das ondas de gravidade “não estacionárias”;

Em **regiões tropicais**, ondas gravitacionais e ondas planetárias tropicais (por exemplo, ondas Kelvin) geradas por convecção profunda são consideradas as principais fontes de **arrasto não estacionário de ondas que impulsiona a variabilidade atmosférica na estratosfera e acima.**

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Parametrização de arrasto por onda de gravidade orográfica

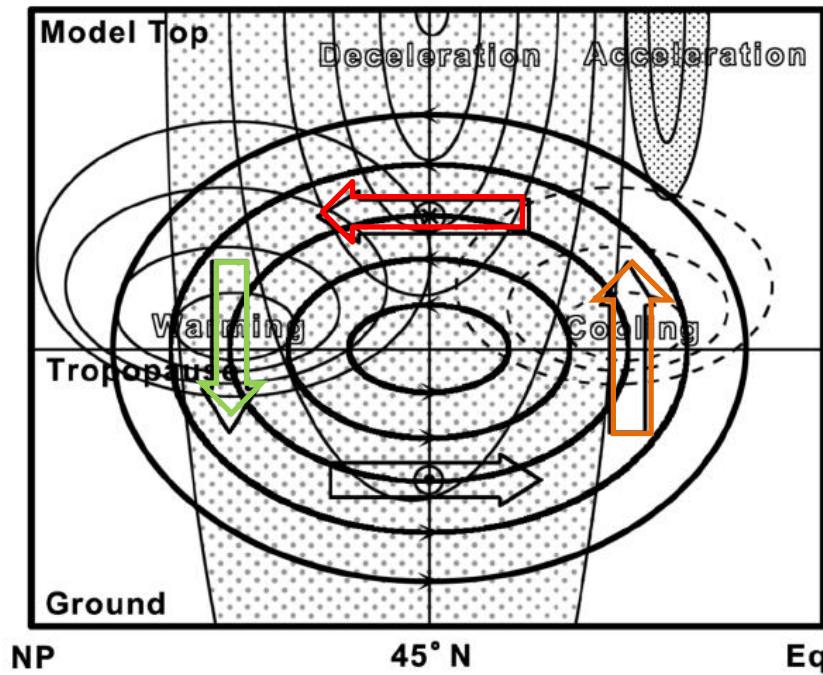
As primeiras formulações foram parametrizações de uma simples onda baseadas na teoria bidimensional linear de onda gravitacional hidrostática não rotativa de onda (2D) a "hipótese de saturação" (Lindzen, 1981):

Uma das principais funções desses esquemas era separar o jato noturno polar estratosférico do jato subtropical troposférico, reduzindo a magnitude geral dos jatos e criando um cisalhamento do vento de leste mais forte na troposfera superior.

Um impacto típico desses esquemas é o arrasto estratosférico muito grande, de latitude média, que impacta diretamente o jato estratosférico e também tem um impacto indireto à superfície através da circulação secundária induzida pelo arrasto estratosférico

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Um impacto de um sumidouro de momento estratosférico na circulação em larga escala com média zonal para o inverno do Hemisfério norte.

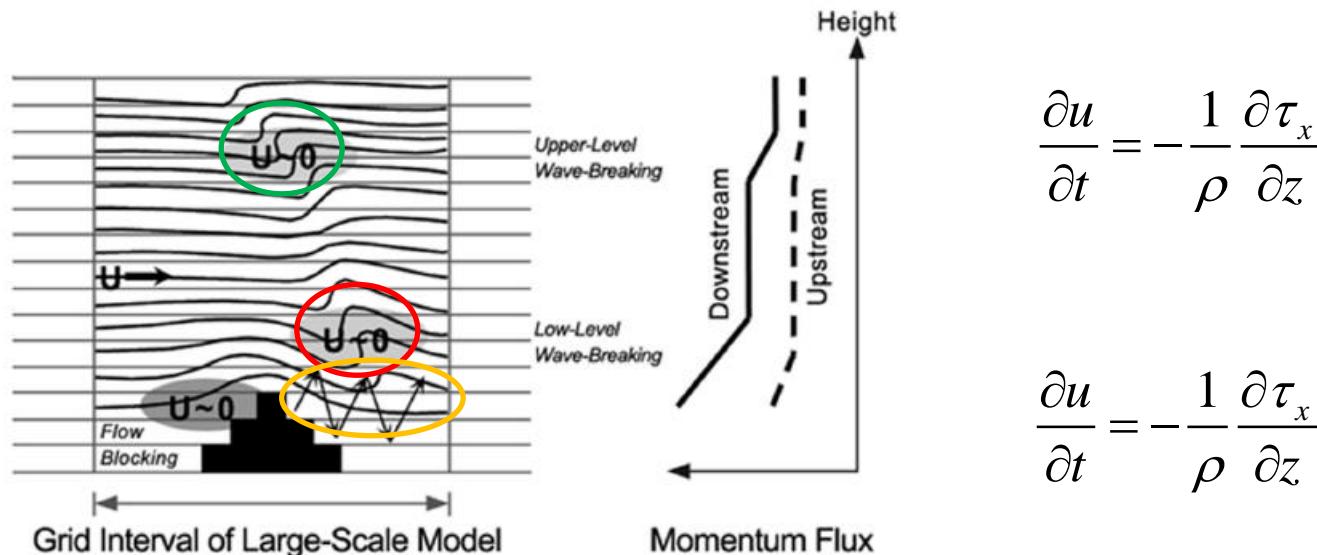


$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_x}{\partial z}$$

O arrasto estratosférico na latitude média é desviado para o Polo Norte devido à força de Coriolis, e para a troposfera, em altas latitudes e de volta à estratosfera nas baixas latitudes, enquanto induz aquecimento/resfriamento adiabático nas altas/baixas latitudes e desaceleração dos ventos em toda a atmosfera em latitudes médias.

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Um impacto de um sumidouro de momento estratosférico na circulação em larga escala com média zonal para o inverno do Hm. norte.



$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_x}{\partial z}$$

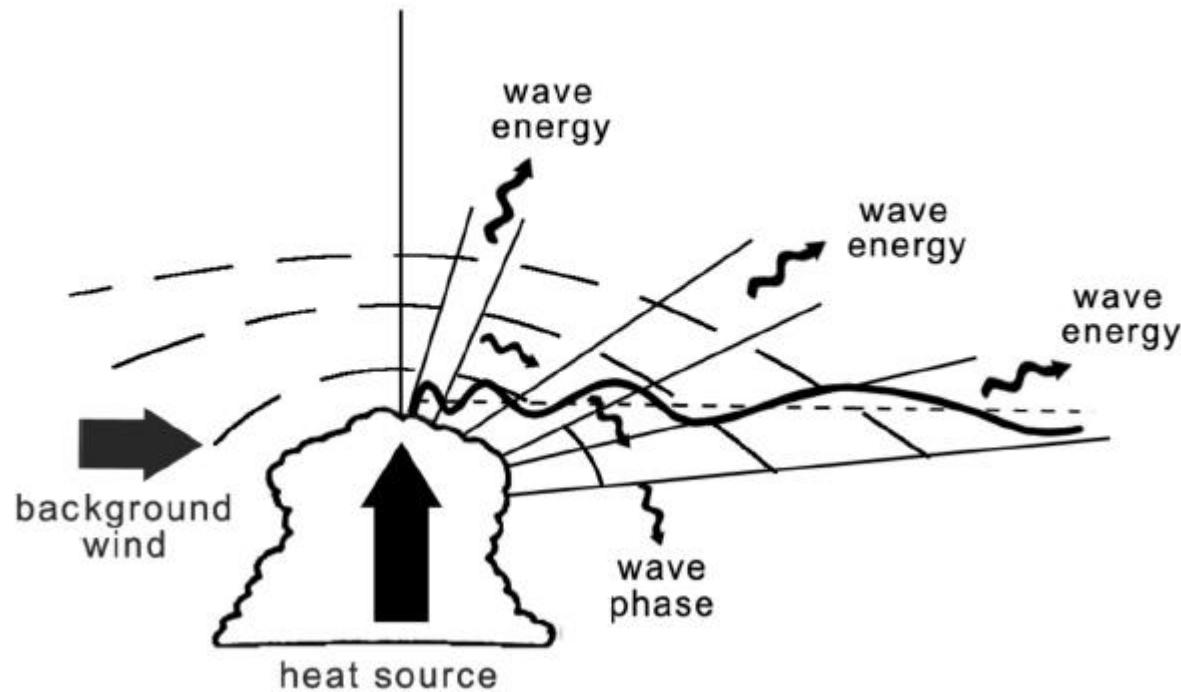
$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_x}{\partial z}$$

Figura esquemática mostrando pontos de estagnação $U \sim 0$ e quebra de ondas em baixo nível gerados em um modelo por amplificação ressonante das ondas de montanha entre a superfície e uma camada crítica induzida por ondas perto do topo das montanhas no Downstream. Também é mostrada uma região de quebra de ondas em nível superior devido à quebra de ondas de montanha que se propagam verticalmente e uma região de bloqueio de fluxo no Upstream. (Direita) Um perfil típico de fluxo de momento vertical com média horizontal correspondente às regiões a Upstream e a Downstream da figura esquemática à esquerda.

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Parametrização por arrasto de onda de gravidade convectivas

72 / Young-Joon Kim et al.



Ondas de gravidade geradas por convecção penetrante na presença de vento de fundo.

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Parametrização por arrasto de onda de gravidade convectivas

IMPORTÂNCIA

É observada há muitos anos que As ondas tropicais geradas covectivamente induz uma forçante na oscilação equatorial estratosférica semestral(semi-anual) (SAO) e na oscilação quase bienal (QBO)

Mas a **importância relativa** da escala planetária, de escala intermediária e de pequena escala (ondas de escala (subgrids)) para o blalanço de momento equatorial **ainda são debatidas.**

Modelos globais podem ser usados para testar isso até certo ponto, uma vez que **ondas em escala planetária** podem ser explicitamente simuladas, enquanto o **GWD**, devido a ondas de menor escala, pode ser parametrizado separadamente.

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Parametrização por arrasto de onda de gravidade convectivas

Atualmente, existem três mecanismos de geração propostos na literatura

O **primeiro mecanismo** considera as nuvens convectivas em termos de sua forçante "diabática" ou "térmica".

O **segundo mecanismo** supõe que o aquecimento por convecção nas nuvens produz "obstáculos" ao fluxo na forma de protuberâncias verticais de camadas isentrópicas acima da região convectiva.

O **Terceiro mecanismo** é chamado de “mechanical oscillator” (Clark et al., 1986; Fovell et al., 1992; Lane et al., 2001).

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Parametrização por arrasto de onda de gravidade convectivas

Atualmente, existem três mecanismos de geração propostos na literatura

O primeiro mecanismo considera as nuvens convectivas em termos de sua forçante "diabática" ou "térmica".

Nesta situação, termos de forçagem térmica dentro das nuvens convectivas irradiam ondas de gravidade na atmosfera estratificada acima das nuvens.

Os comprimentos de onda verticais das ondas de gravidade geradas pela convecção são aproximadamente o dobro da profundidade de aquecimento.

Portanto, as velocidades de fase intrínseca dessas ondas são determinadas principalmente pela profundidade vertical da região de aquecimento.

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Parametrização por arrasto de onda de gravidade convectivas

Atualmente, existem três mecanismos de geração propostos na literatura

O segundo mecanismo supõe que o aquecimento por convecção nas nuvens produz "obstáculos" ao fluxo na forma de protuberâncias verticais de camadas isentrópicas acima da região convectiva.

As ondas de gravidade são geradas pelo **fluxo relativo sobre esses obstáculos convectivos**, um processo análogo à geração de ondas de gravidade orográfica (Clark et al., 1986)

Esse mecanismo foi identificado em observações de ondas acima da camada limite convectiva (Kuettner et al., 1987)

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Parametrização por arrasto de onda de gravidade convectivas

Atualmente, existem três mecanismos de geração propostos na literatura

O Terceiro mecanismo é chamado de “mechanical oscillator” (Clark et al., 1986; Fovell et al., 1992; Lane et al., 2001).

Aqui, **movimentos oscilatórios dentro de um sistema convectivo colidem com a tropopausa** e geram ondas de gravidade em regiões estáveis acima das nuvens sob condição de vento de fundo = zero em relação ao sistema convectivo.

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Parametrização por arrasto de onda de gravidade convectivas

Atualmente, existem **três mecanismos** de geração propostos na literatura

Embora esses **três mecanismos** sejam freqüentemente discutidos e investigados, existe uma **pergunta fundamental** sobre se **esses mecanismos** são realmente distinguíveis ou se são apenas maneiras diferentes de olhar para o mesmo mecanismo.

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Nível Crítico de Filtragem de ondas de gravidade

As ondas gravitacionais geralmente se **dissipam totalmente** e são absorvidas pelo ecoamento à medida que se aproximam de seu **nível crítico Z_c** .

Z_c é onde a **velocidade** de fase horizontal intrínseca e o **comprimento de onda vertical desaparecem**.

Este “nível crítico de filtragem” das ondas gravitacionais é importante na parametrização GWD de atmosfera média.

Evolução do Arrasto Por Onda De Gravidade

Nível Crítico de Filtragem de ondas de gravidade

“ciclo de vida”
"nascimento" - "evolução" - “dissipação”

As parametrizações concentram-se nos **efeitos de arrasto produzidos pela dissipação** das ondas gravitacionais, importantes para os modelos NWP e climáticos.

Isso representa o **estágio final do ciclo de vida da onda**, mas para descrevê-lo com precisão, as **parametrizações também devem descrever os estágios anteriores de "nascimento" e "evolução"** que levam a ele.

Esse paradigma básico de “**ciclo de vida**” em três estágios para uma onda de gravidade sustenta a construção da maioria dos esquemas de parametrização de GWD.



Aprimoramento na Baixa troposfera gwdd em um MCGA-PNT

Aprimoramento na Baixa troposférica do arrasto de ondas gravitacionais em um modelo de previsão atmosférica espectral global

Song-You Hong, Jung Choi, Eun-Chul Chang, Hoon Park,
And Young-Joon Kim (2008, Wea. Forecasting)

Revised KA95 scheme

- **Esquema KA95: determinado como nível de referência = altura do PBL.**

Os resultados são sensíveis ao esquema de parametrização PBL.

Utilizando o novo método de determinação do nível de referência proposto em Kim & Doyle 2005.

$$\text{Ref. Lv} = 2 * h$$

h: Desvio padrão das alturas das montanhas em escala de sub-rede

Teste de Sensibilidade ao Nível de Referencia

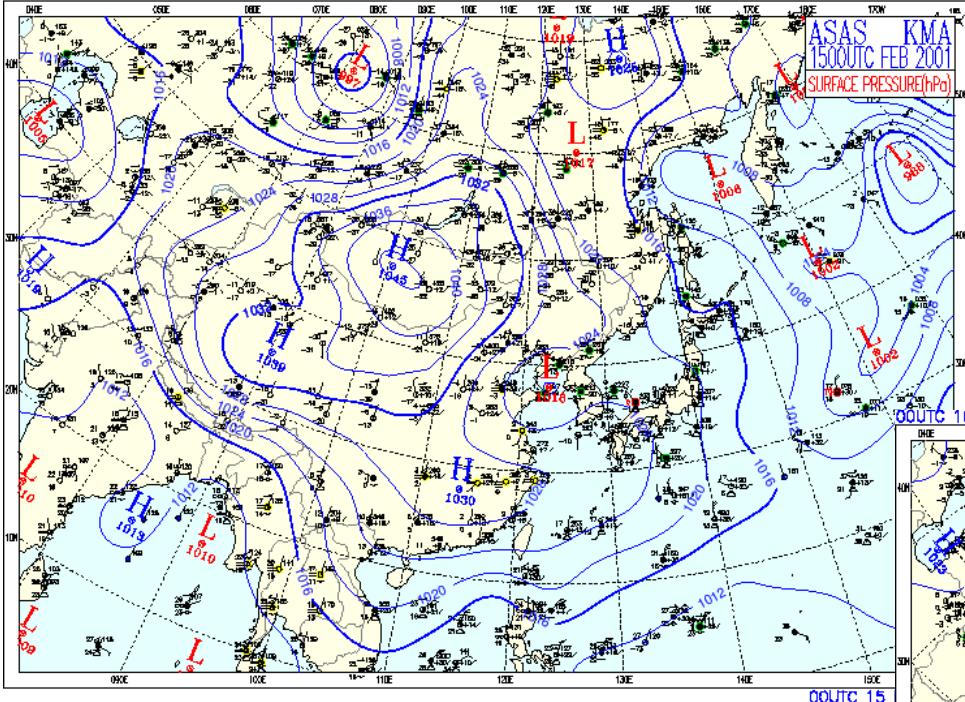
- Modelo: YOURS GSM T62L28
- YSUPBL

Exp.	Descrição
UPGWD	O Tipico GWDO, referencia lv. = 0.7(6) (Alpert et al., 1988).
LOGWD	Nível de referencia aprimorado GWDO, reference lv. = PBL (Kim and Arakawa, 1995).
LOGWD_KD	O mesmo experimento LOGWD mas, reference lv= $2 \cdot \sigma_h$ (Kim and Doyle, 2005). σ_h = Desvio padrão das alturas das montanhas e m escala de sub-rede
LOGWD_MX	Reference lv. = Max (KA95 , KD05)

Dinâmica 17/09/2019 a 11/10/2019

Case – Snowstorm case

00UTC 15 FEB 2001

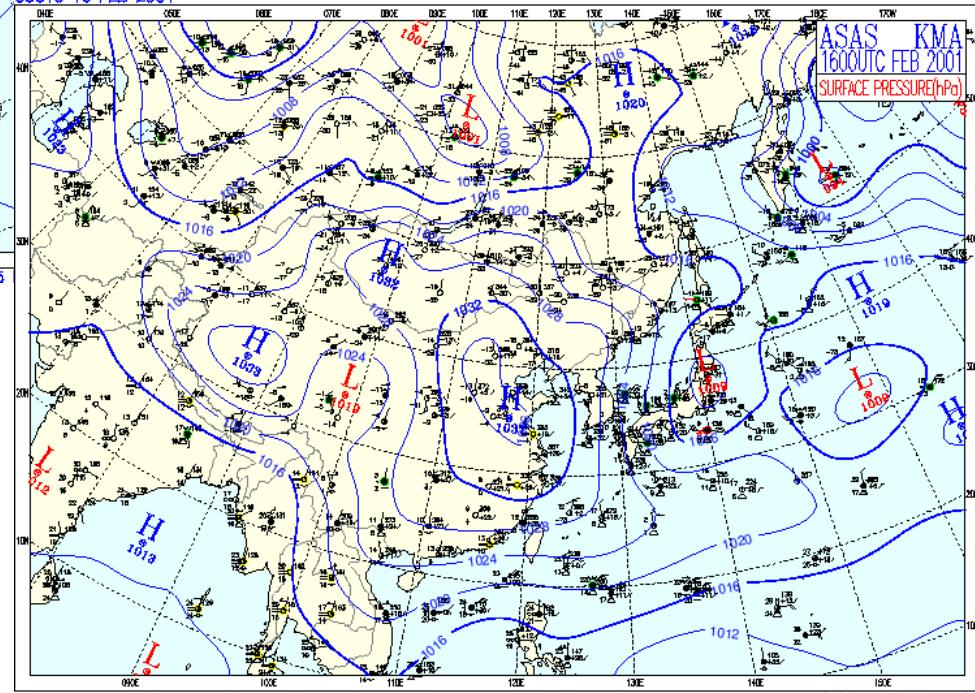


- 2001. 2. 15~16

Seoul : 23.4 cm

Kang-Wha : 27.2 cm

00UTC 16 FEB 2001



- Model run

2001. 2. 13. 00UTC
~2. 18. 00UTC (120-hr)

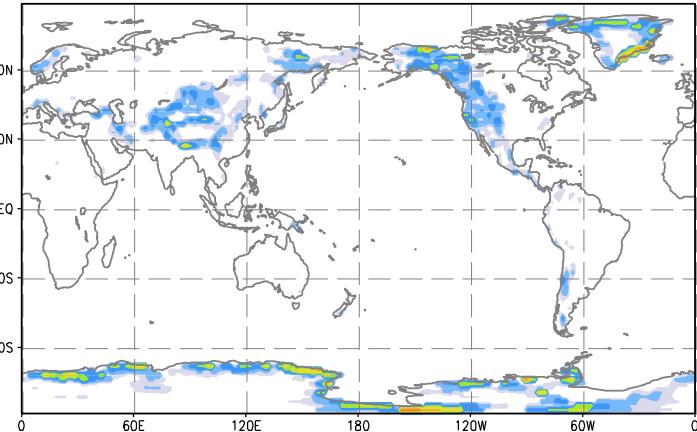
Dinâmica 17/09/2019 a 11/10/2019



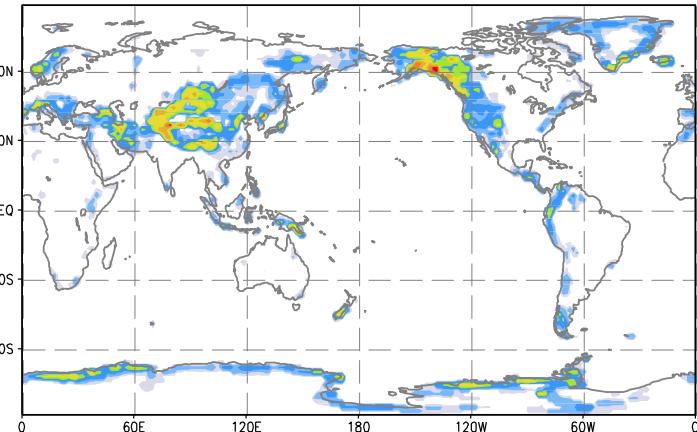
Case – Snowstorm case

Drag stress – spatial distribution (120hr mean)

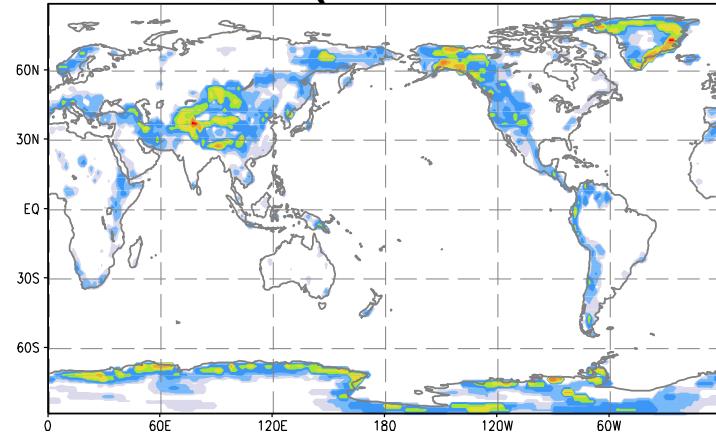
- LOGWD(Kim95 reference lv. = PBL



- UPGWD(Alpert referencia lv. = 0.7(6))

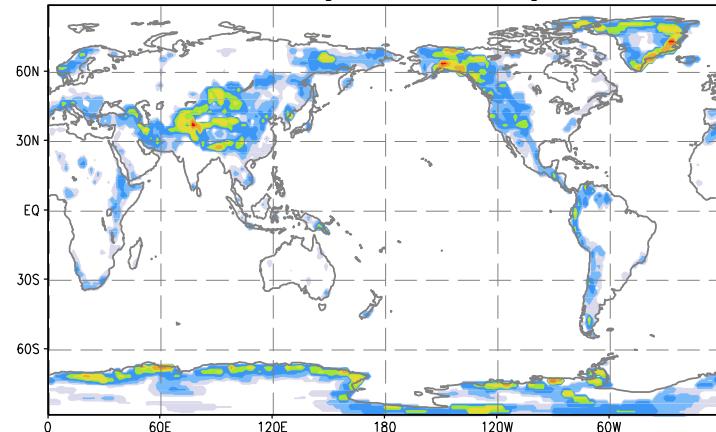


- LOGWD_KD(Kim05 reference lv= $2 \cdot 6_h$)



Similar!

- LOGWD_MX(Kim_new)



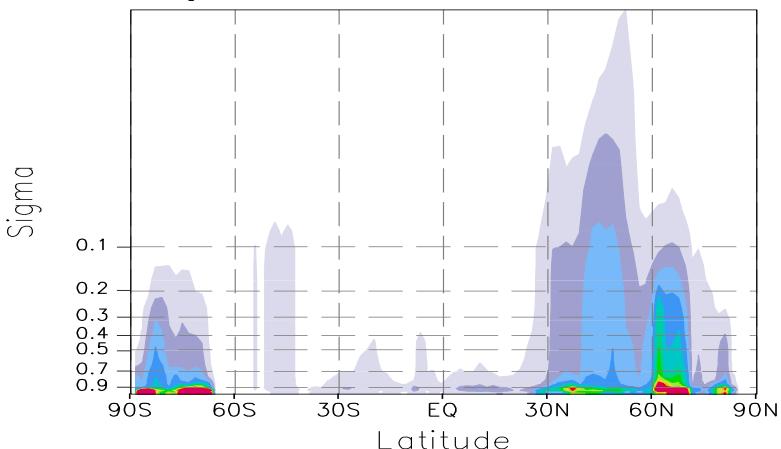
➤ Simula bem a distribuição do momento causado pela montanha.

Dinâmica 17/09/2019 a 11/10/2019

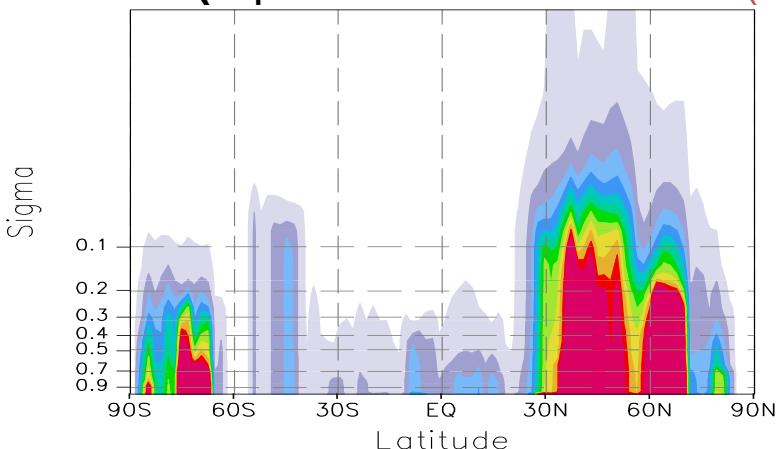
Case – Snowstorm case

Zonal mean Drag Stress [10^{-2} Nm $^{-2}$] (120hr mean)

- LOGWD(Kim95 reference lv. = PBL

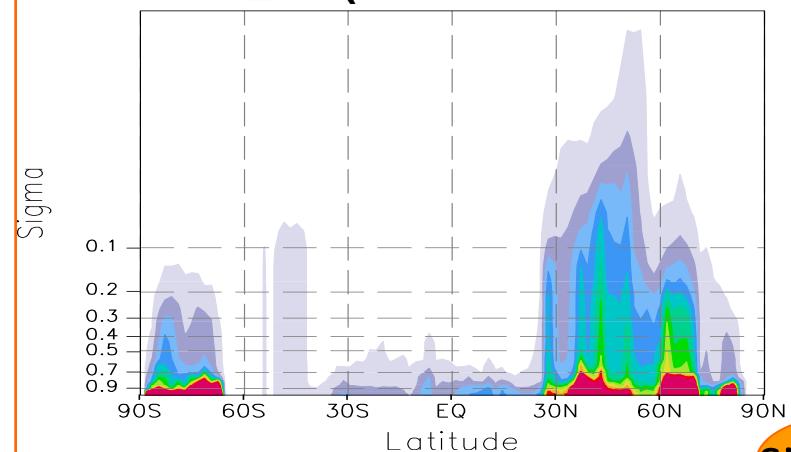


- UPGWD(Alpert referencia lv. = 0.7(σ)

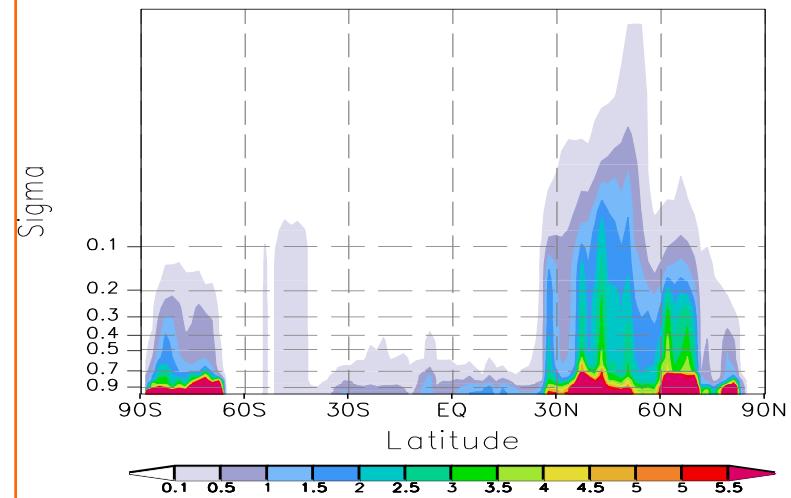


➤ UPGWD > LOGWD_MX,KD > LOGWD
(0.7σ > 2^*SD_h > PBL)

- LOGWD_KD(Kim05 reference lv= 2^*6_h -



- LOGWD_MX(Kim_new)



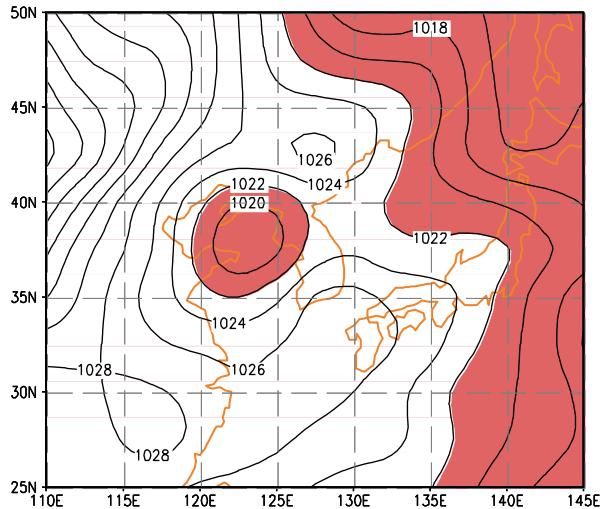
Dinâmica 17/09/2019 a 11/10/2019



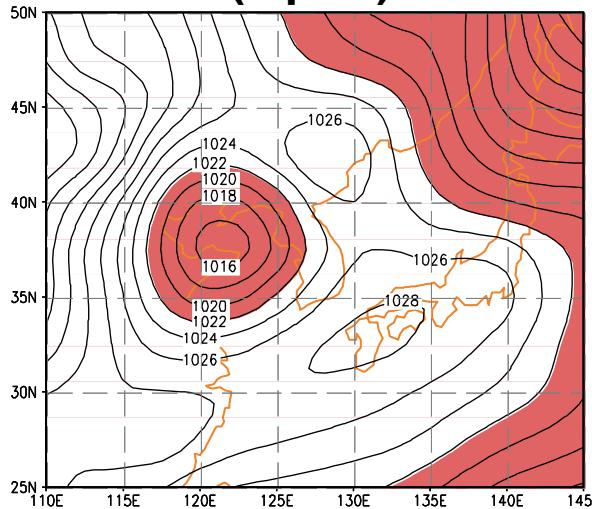
Case – Snowstorm case

SLP at 00z15Feb (48-hr fcst)

▪ RA2



▪ UPGWD(alpert)



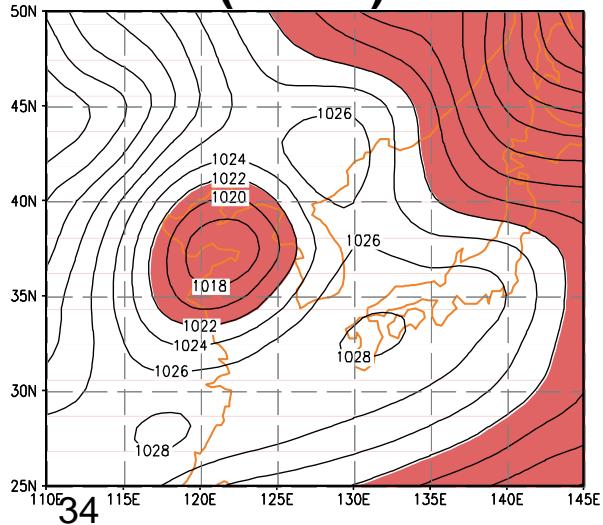
▪ LOGWD_KD(Kim05)

reference lv= $2 \cdot 6_h$

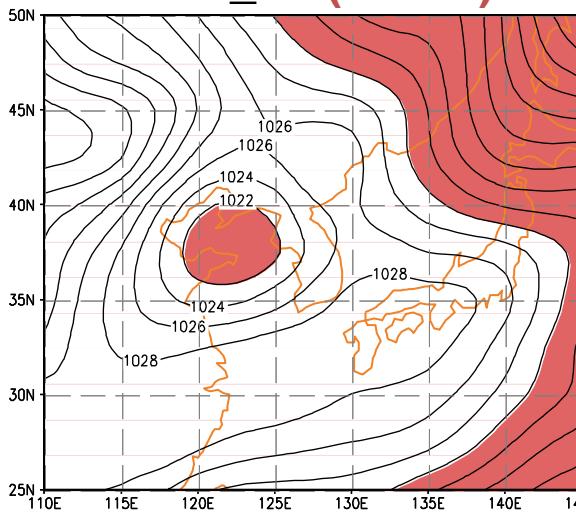
▪ UPGWD(Alpert referencia lv. = 0.7(6)

▪ LOGWD(Kim95 reference lv. = PBL

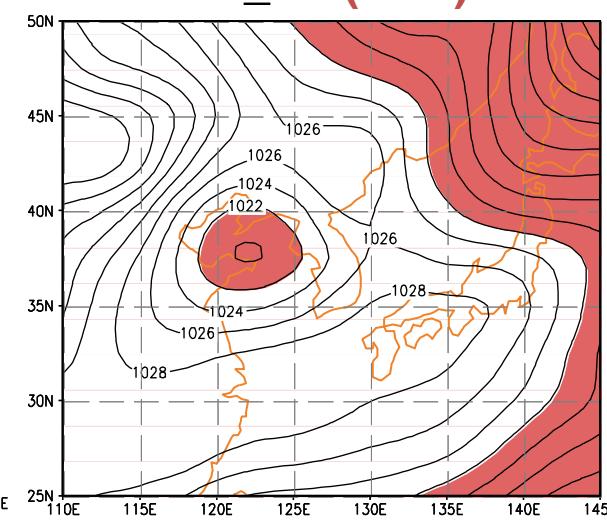
▪ LOGWD(kim95)



▪ LOGWD_KD(kim05)



▪ LOGWD_MX(new)



Case – Snowstorm case

Tendência SLP at 00z15Feb (48-hr fcst)

- Error Table

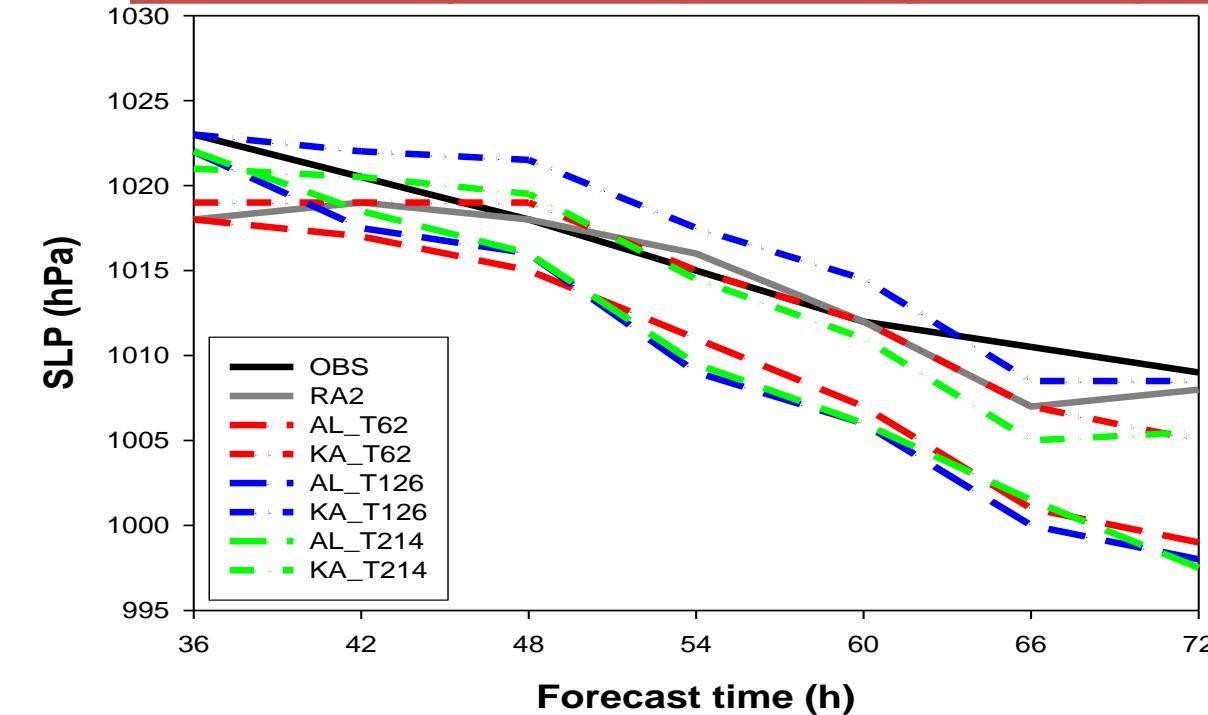
- LOGWD(Kim9
5 reference lv. =
PBL)

- LOGWD_KD(
Kim05reference
lv= $2 \times 6_h$)

- UPGWD(Alpert
referencia lv. =
0.7(6))

- Resolution Test

Time	48-h forecast		72-h forecast	
	RMSE	PC	RMSE	PC
NOGWD	2.34	0.89	4.33	0.88
UPGWD	2.23	0.91	4.79	0.85
LOGWD	2.12	0.91	4.28	0.84
LOGWD_KD	2.29	0.93	3.04	0.92
LOGWD_MX	2.19	0.93	2.95	0.92



Simulação Sazonal

- Nosso GSM T62L28
- 1996, 1997, 1999 DJF
(Normal, Elnino, Lanina yr * 3 ensemble member)

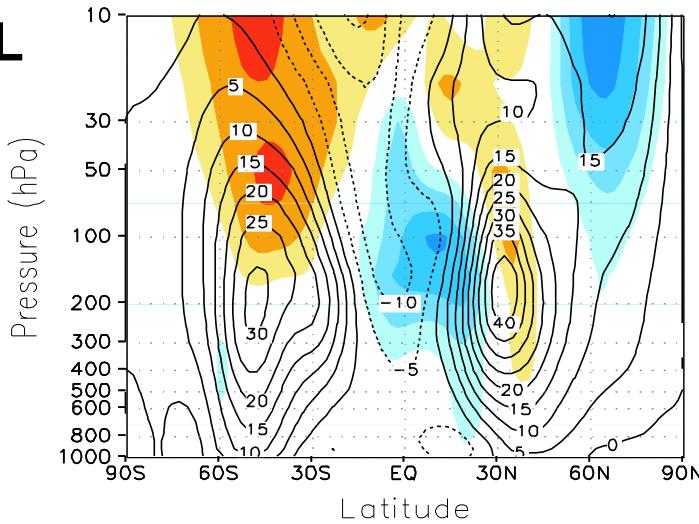
Exp.	Description
AL	The typical GWDO forcing in the upper troposphere (Alpert et al. 1988).
KA	Kim & Arakawa 1995 (reference heights = Kim and Doyle 2005) $\langle \text{LOGWD_MX} \rangle$

Dinâmica 17/09/2019 a 11/10/2019

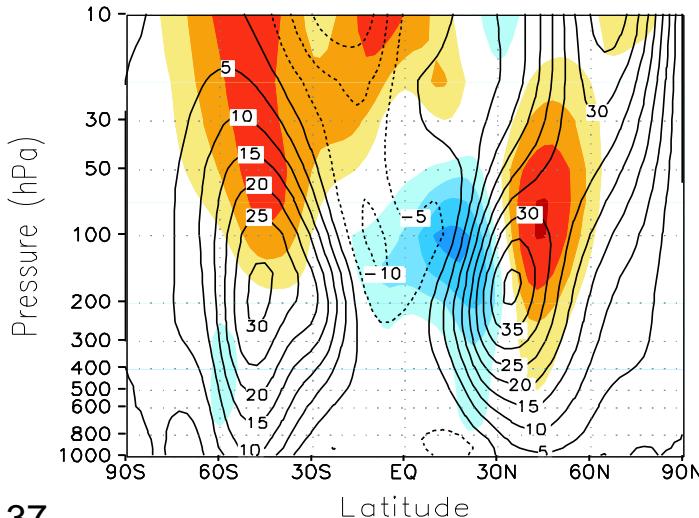
Simulação Sazonal

(a)

■ AL



■ KA



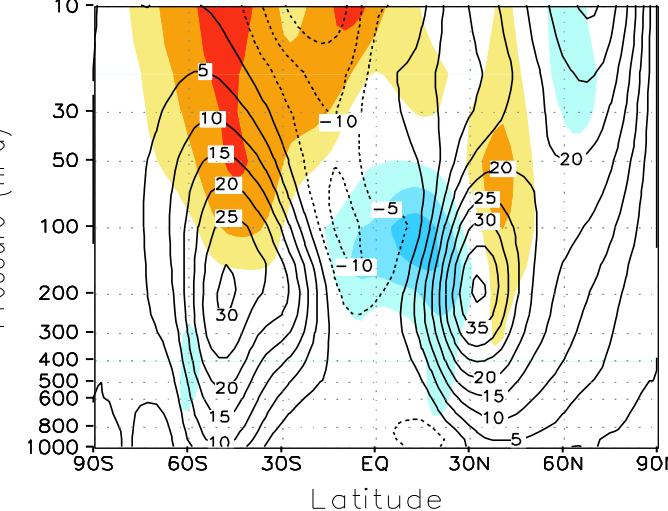
Zonal mean Zonal wind

Contour: Model output

Shading: BIAS= Model – RA2



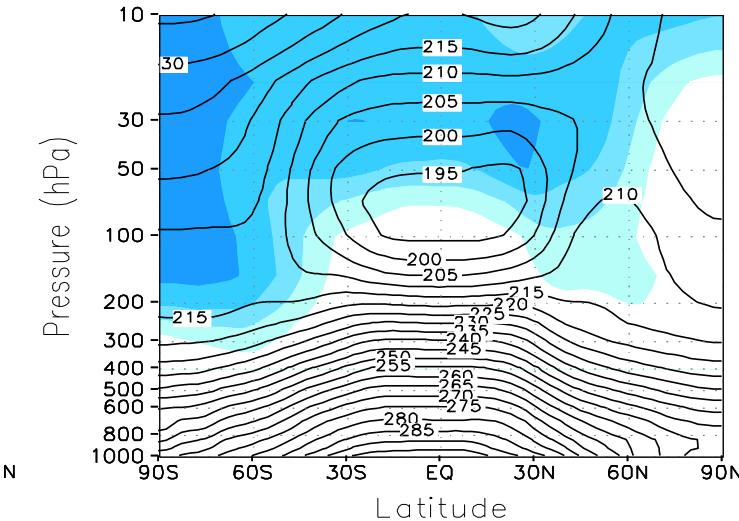
■ KA (Ric=0.75)



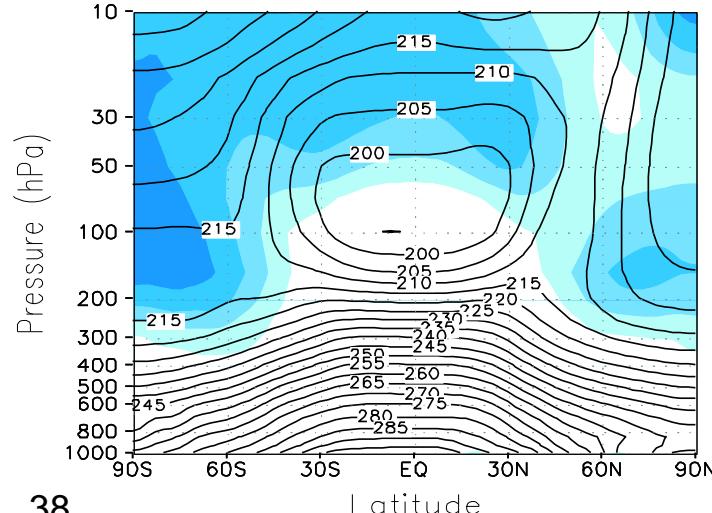
Dinâmica 17/09/2019 a 11/10/2019

Simulação Sazonal

■ AL



■ KA



38

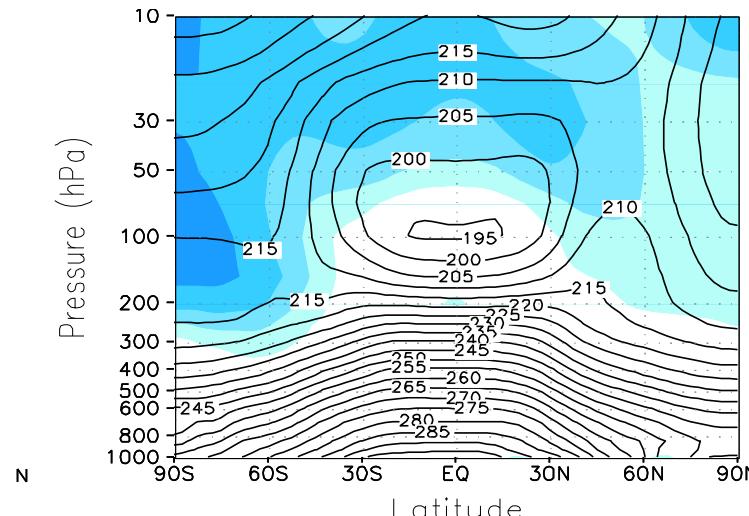
Zonal mean temperature

Contour: Model output

Shading: BIAS= Model – RA2



■ KA (Ric=0.75)

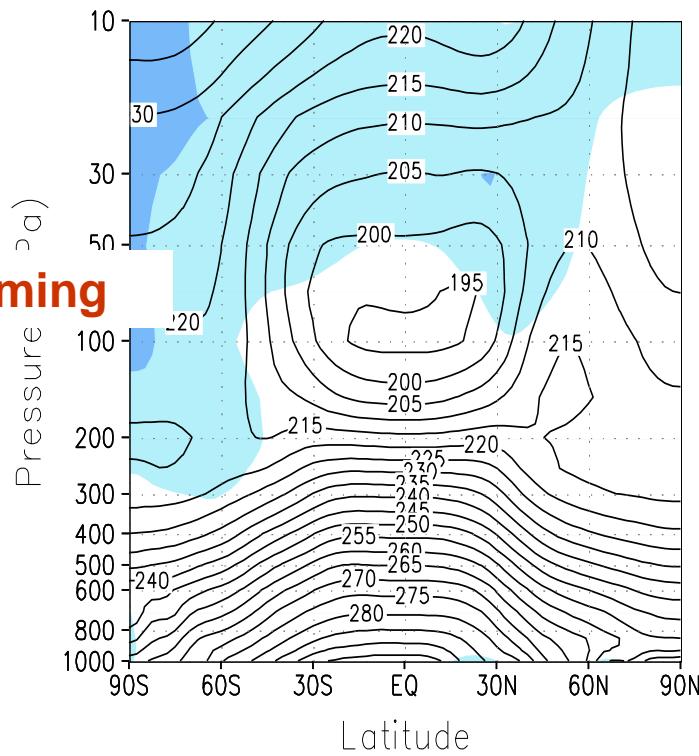
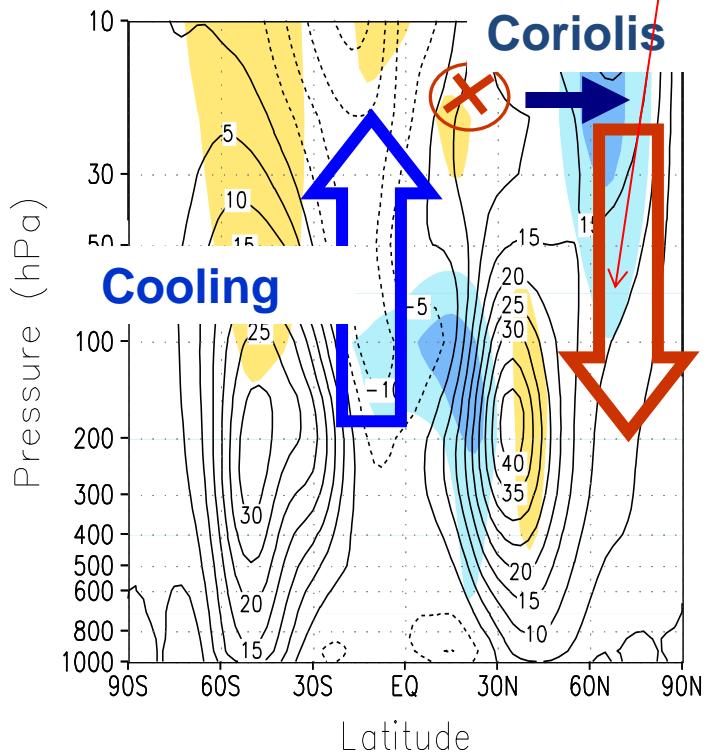
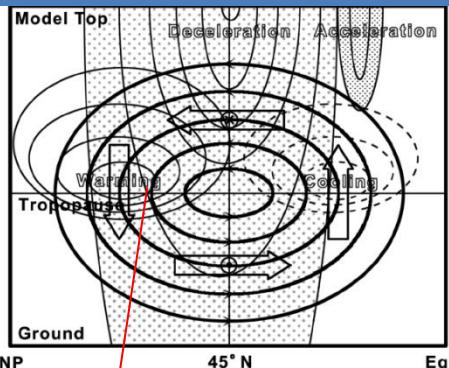


Dinâmica 17/09/2019 a 11/10/2019

Simulação Sazonal



Porque?



: Arrasto (em oposição ao vento oeste)

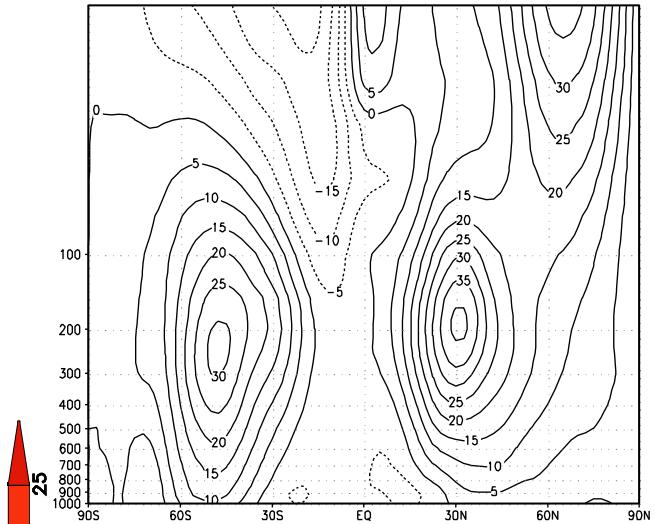
<Kim et al. 2003>

Dinâmica 17/09/2019 a 11/10/2019

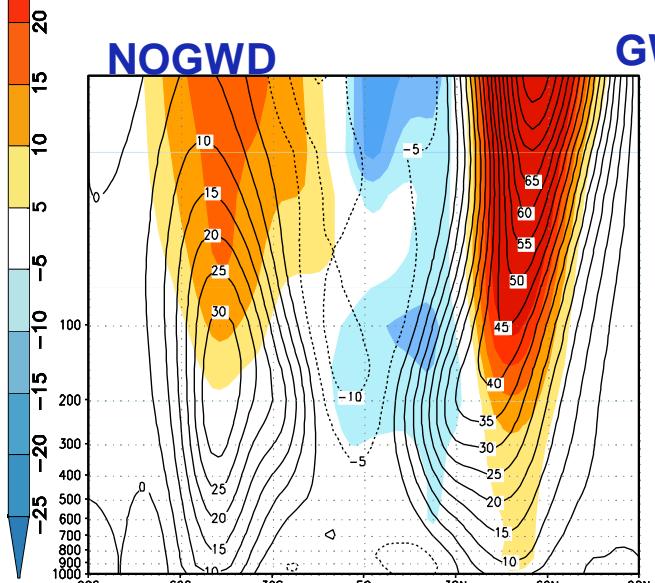
Simulação Sazonal

GWDO : Interaction with stable PBL

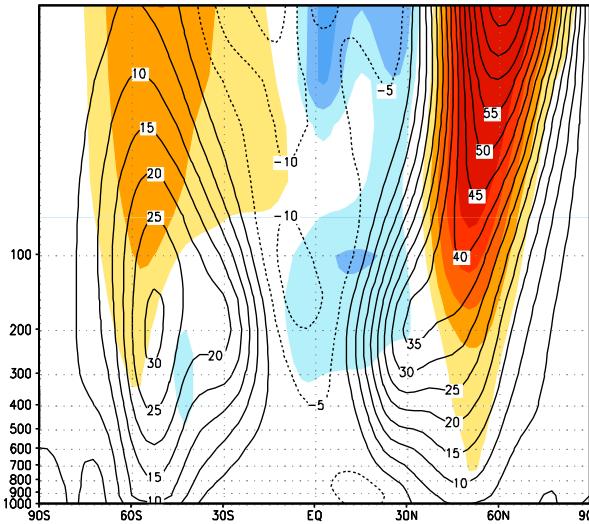
RA2



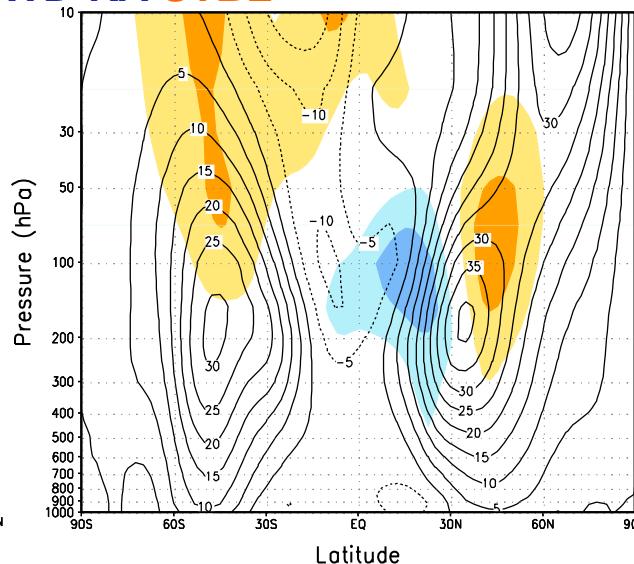
NOGWD



GWD-KA reference $lv = 2*6_h$



GWD-KA-STB reference $lv. = PBL$



Contour : Zonal averaged
zonal wind
Shaded: Deviations from
the RA2

**Zonal-averaged
zonal wind (96/97 DJF)**

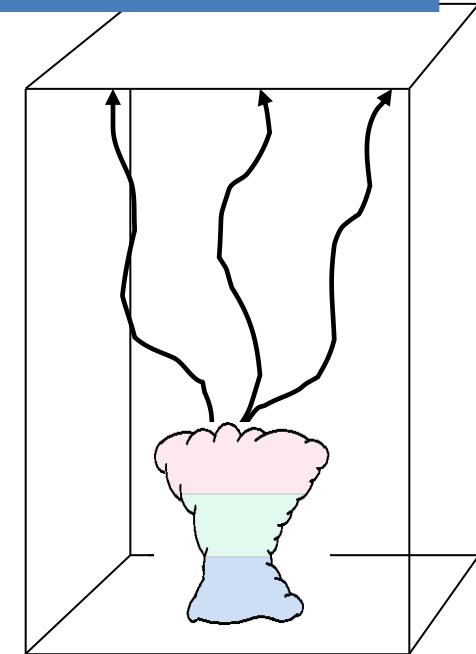
Kim and Arakawa
→Improves upper level jets
→Improves the sea level
pressure

(Kim and Hong, 2009)

4.4. Convective GW Drag (CWDC)

Parametrizações da CGWD em coluna atmos.

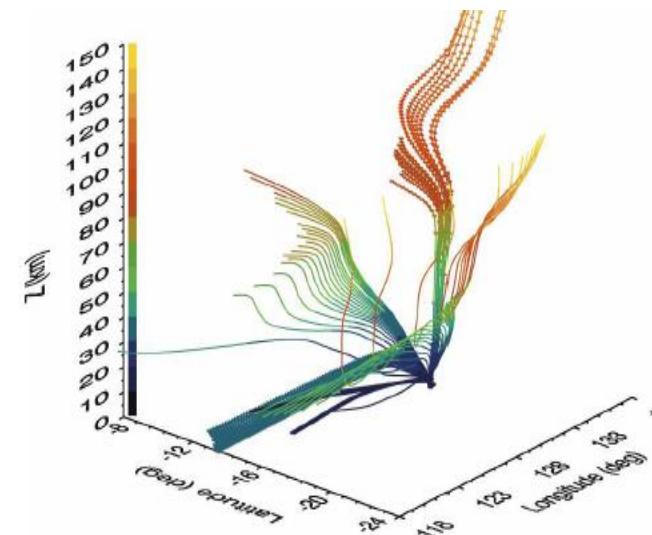
- **Chun and Baik (1998, 2002):** O espectro do fluxo de momento para a parametrização CGWD foi formulado analiticamente
- **Chun et al. (2008):** Um efeito de fonte não linear foi incluído na parametrização de CGWD de Song e Chun (2005) que consideraram apenas uma fonte diabática



Parametrização CGWD baseada em linhas

Song and Chun (2008): As propriedades de propagação de GW foram explicitamente calculadas e uma propagação tridimensional de GWs foi representada realisticamente

- **Choi and Chun (2011):** velocidade de movimento da fonte convectiva e a direção de propagação da onda



Espectro de Fluxo de Momentum da GW no TOPO de Nuvem

Cloud-top GW momentum flux spectrum

Song and Chun (2005, JAS)

$$M_{ct}(c, \varphi, z_{ct}) = \text{sgn}[c - U_{ct}(\varphi)] \rho_{ct} \frac{2(2\pi)^3}{A_h L_t} \left(\frac{g}{c_p T_{ct} N_q^2} \right)^2 \frac{N_{ct} |X|^2}{|c - U_{ct}(\varphi)|} \Theta(c, \varphi)$$

✓ c : phase speed (-100 m/s ~ 100 m/s, dc = 2 m/s)

✓ φ : wave-propagation direction ($0^\circ \leq \varphi < 180^\circ$)

[$\varphi = 0^\circ, 90^\circ$ in Song et al. 2007; Chun et al. 2008; Song and Chun 2008,
 $\varphi = 45^\circ, 135^\circ$ in Choi and Chun 2011]

	$\frac{N_{ct} X ^2}{ c - U_{ct}(\varphi) }$
WFRF	Source

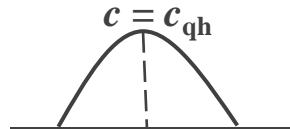
Wave-filtering-and-resonance-factor (WFRF)

✓ Wave filtering by the vertical propagation condition

✓ Resonance between the vertical harmonics consisting of convective source and natural wave modes with the vertical wave numbers given by the dispersion relation of internal GWs

Convective source spectrum

$$\Theta(c, \varphi) = q_0^2 \left(\frac{\delta_h \delta_t}{32\pi^{3/2}} \right)^2 \frac{1}{\sqrt{1 + (c - c_{qh})^2 / c_0^2}},$$



✓ δ_h, δ_t : spatial and time scales of the convective source (= 5 km, 20 min), $c_o = \delta_h / \delta_t$

✓ c_{qh} : moving speed of the convective source ($= c_{qx} \cos \varphi + c_{qy} \sin \varphi$)

[$c_{qh}(\varphi) = (\bar{u}_{CL} - \bar{u}_{LL}) \cos \varphi + (\bar{v}_{CL} - \bar{v}_{LL}) \sin \varphi$ (Corfidi et al. 1996) in the original parameterizations

$c_{qh}(\varphi) = \bar{u}_{700} \cos \varphi + \bar{v}_{700} \sin \varphi$ in Choi and Chun (2011)]

4.4. Convective GW Drag (CWDC)

Teste de uma parametrização por arrasto por onda de gravidade forçada por convecção em um modelo de circulação geral



Yonsei Univ.
Numerical Modeling Laboratory
Jeon, Jong-Hun



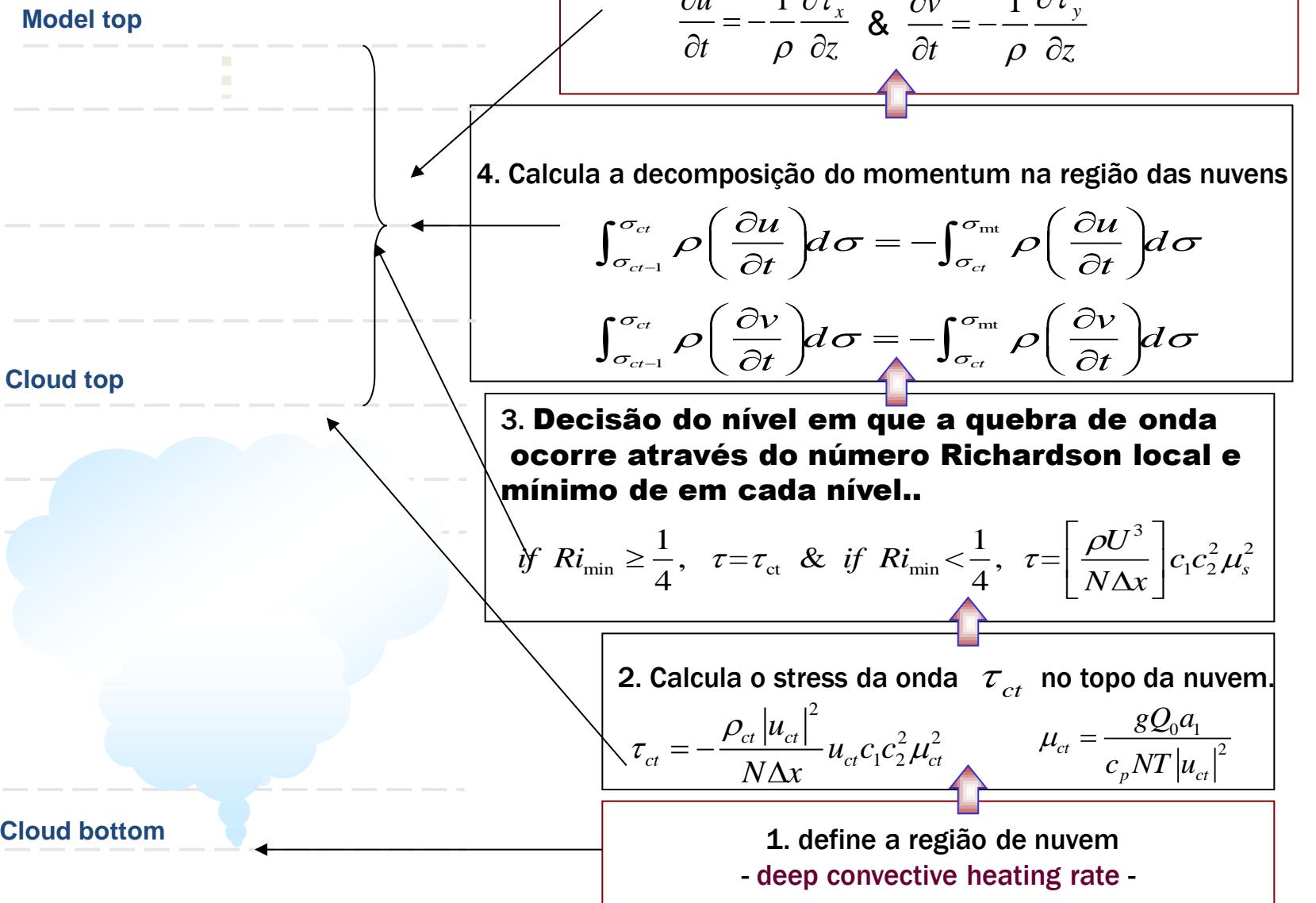
4.4. Convective GW Drag (CWDC)

Contents

- Conceito Basicos da Parametrização de GWDC (Chun & Baik 1998)
- Design do Experimento
- Algumas Mudanças no algoritmo do CB-98
- Resultados dos Experimentos
- Resumo & conclusão



Conceito Básico do CB-98



Modificação no Algoritmo CB98/ CB02

1. Usando um fator de Nuven (para filtragem da GWDC devido o efeito de nuvem baixa)

$$q_{gwd} = q_{cld} \underbrace{\left(\frac{P_{depth}}{P_2} \right)}_{\text{I}} \times \underbrace{\left(\frac{P_1 - P_{top}}{P_2} \right)}_{\text{II}}$$

* **I part** : linear down scaling about that cloud depth is below 800hpa($P_1 = 800[\text{hPa}]$)

* **II part** : linear down scaling about that cloud top level is above 200hpa ($P_2 = 200[\text{hPa}]$)

- q_{cld} : Maximum deep convective heating rate [Ks^{-1}] in i-th grid box

- P_1, P_2 : Critical value of cloud depth and cloud top for GWDC effect, respectively 800, 200[hPa]

2. Limitação da tendencia do vento devido ao efeito da GWDC (50% do campo do vento basico)

Essa limitação da variação do vento pelo efeito GWDC é arbitrária, mas é necessária para evitar que o modelo seja instável devido à quebra de ondas perto do topo do modelo.



Configuração do Modelo

• Design do Experimento

Experimentos.	Descrição	
SAS	Control experiment which the SAS convection scheme is used	Control experiments
CCM	Control experiment which the CCM convection scheme is used	
SAS_G	SAS experiment which is included the GWDC effect	GWDC experiments
CCM_G	CCM experiment which is included the GWDC effect	

- Model :: NCEP_GSM
- Resolution :: T63L28
- Model run :: Summer season 1996
- Ensemble member :: 8
- Cumulus convection scheme :: SAS (Byun and Hong, 2007)
CCM (Zhang and McPhalane 1995)
- Basic experiment option :: GWDC (Chun and Baik, 1998)



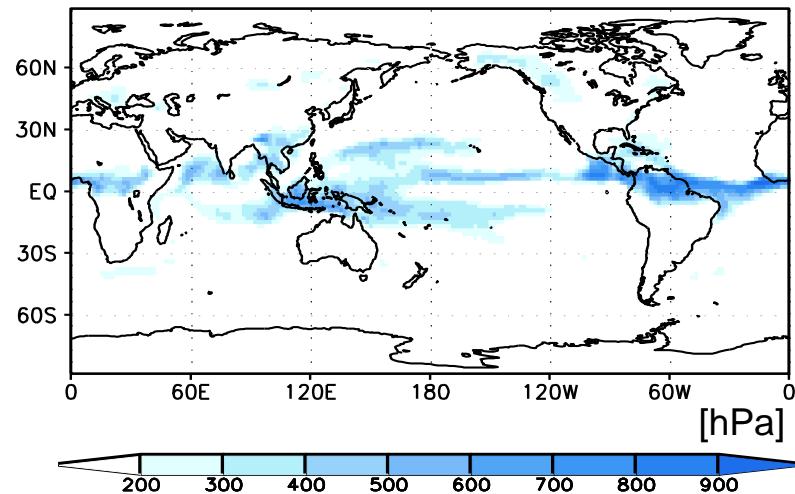
Resultados dos Testes



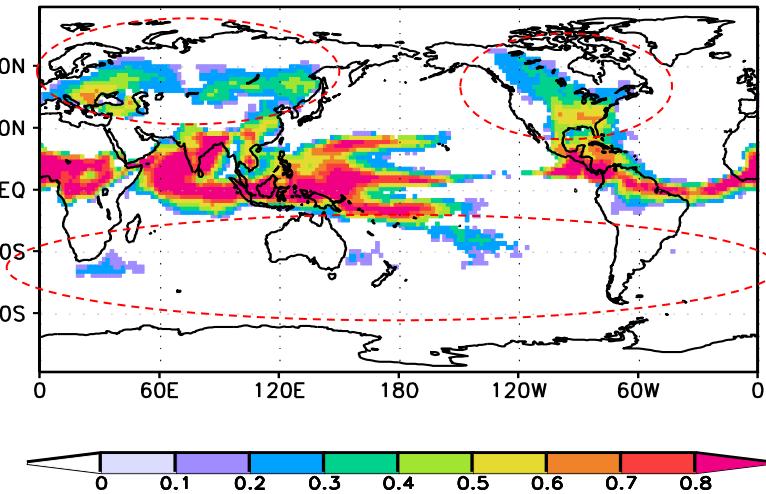
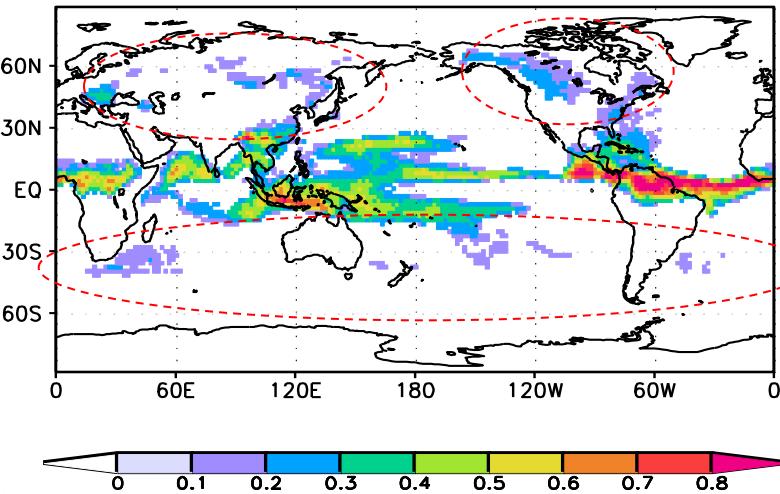
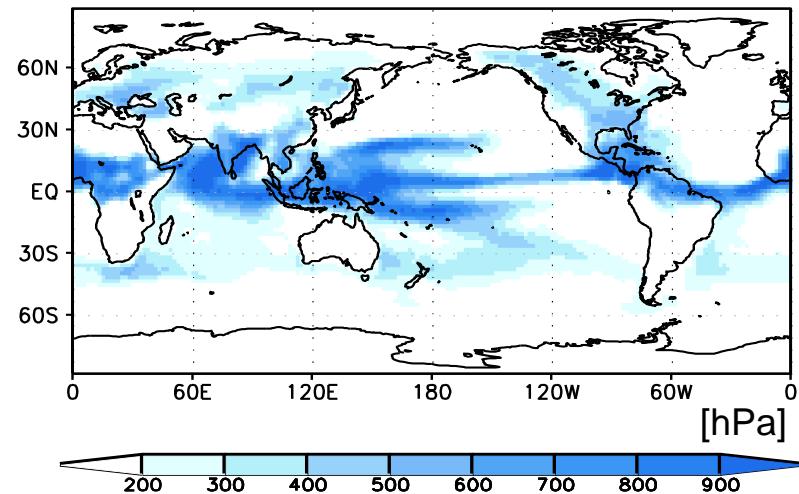
Results

- Espalhamento da media sazonal profundidade de nuvem & fator de nuvem

SAS_G98



CCM_G98



Results : Impacto devido a GWDC

Wave stress at
cloud top

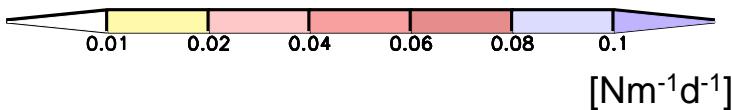
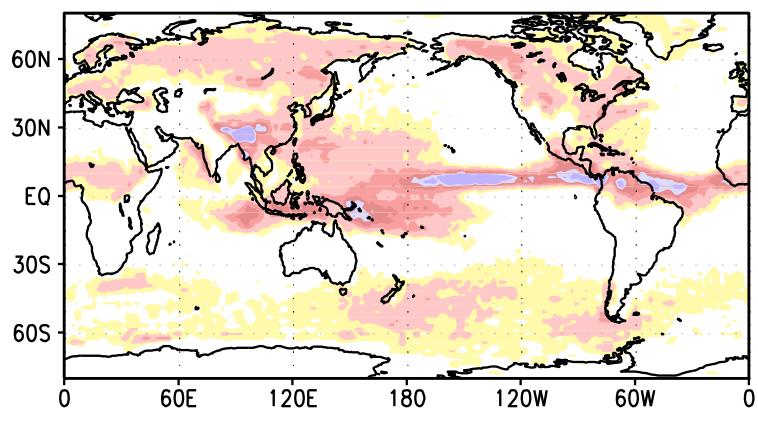
Wind tendency

Wind & RMSE

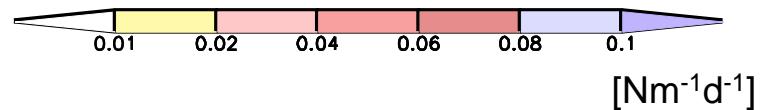
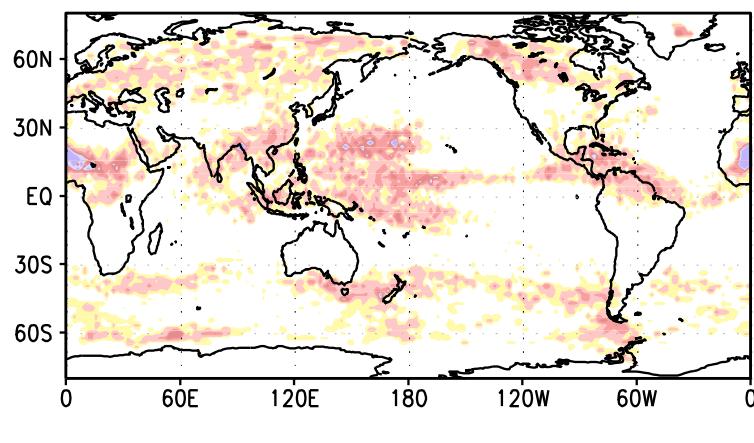
Temperature

Precipitation

SAS_G98



CCM_G98



$$\tau_{ct} = -\frac{\rho_{ct} |u_{ct}|^2}{N \Delta x} u_{ct} c_1 c_2 \mu_{ct}^2$$



Results :: Impacto devido a GWDC

Wave stress at
cloud top

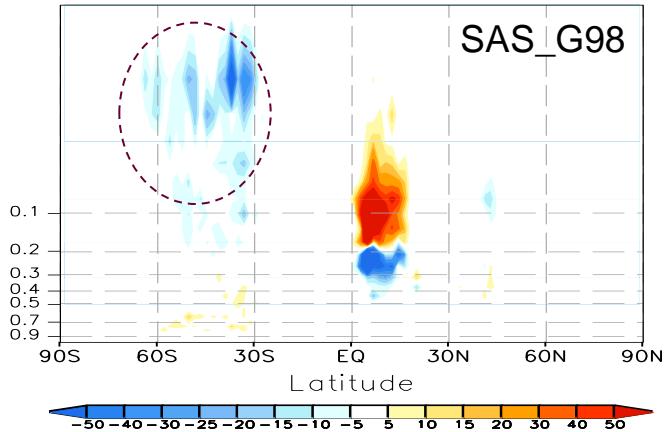
Wind tendency

Wind & RMSE

Temperature

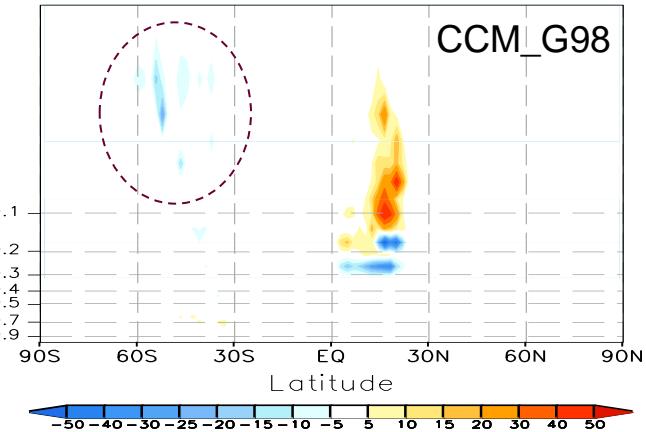
Precipitation

Sigma

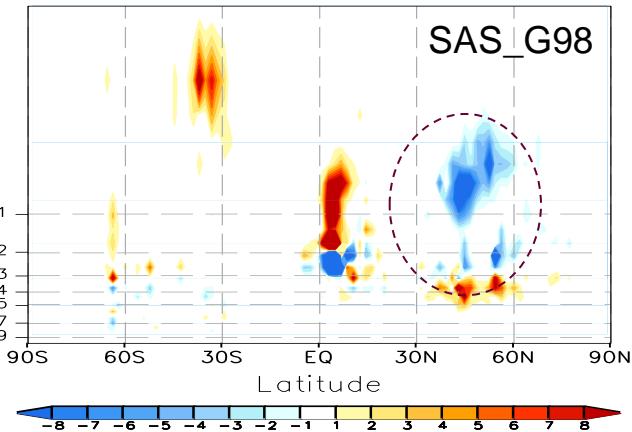


Zonal mean
Zonal wind tendency

Shading interval 5ms⁻¹d⁻¹
(scaled by *100)

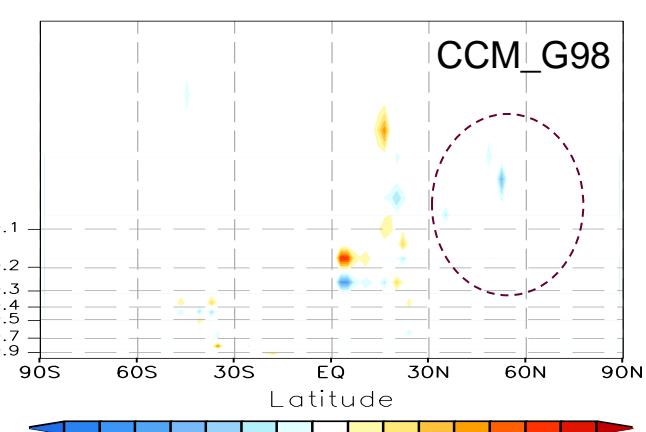


Sigma



Zonal mean
Merid. wind tendency

Shading interval 1ms⁻¹d⁻¹
(scaled by *100)



Results :: Impacto devido a GWDC

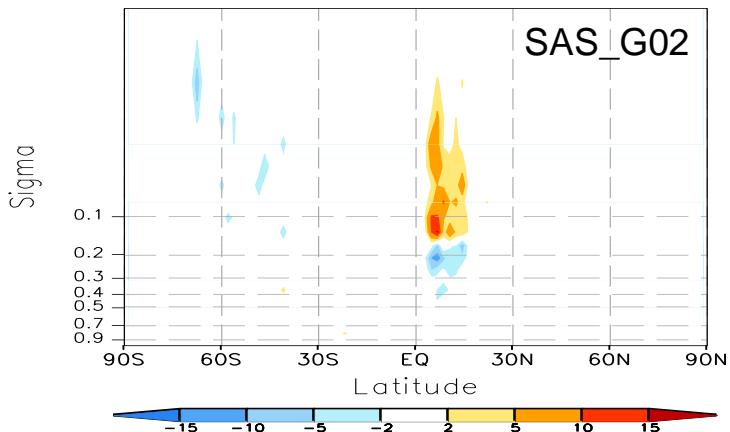
Wave stress at
cloud top

Wind tendency

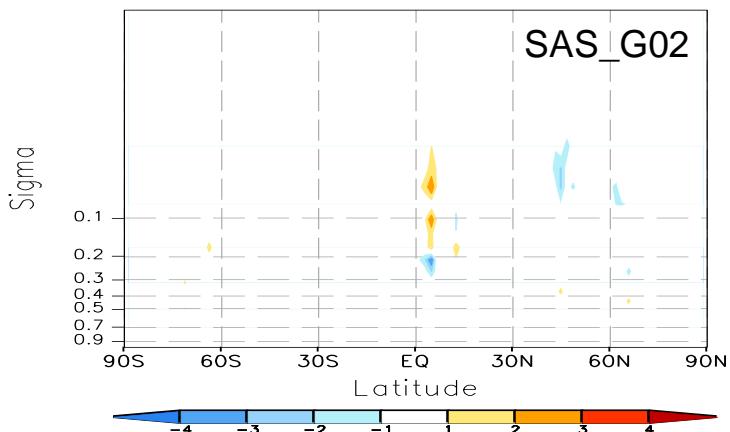
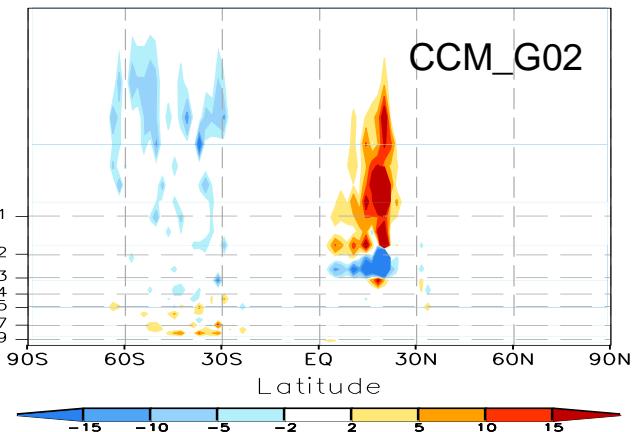
Wind & RMSE

Temperature

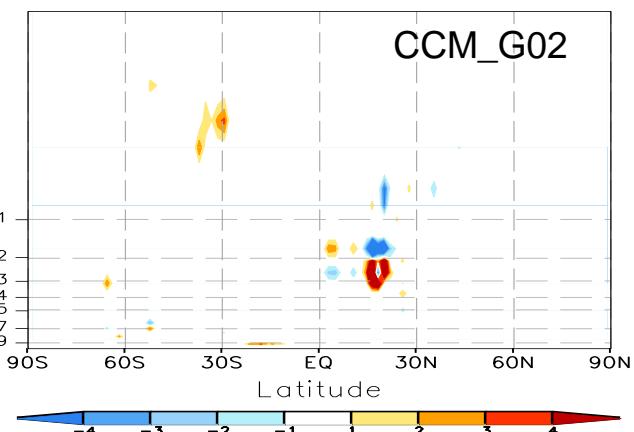
Precipitation



Shading interval $5\text{ms}^{-1}\text{d}^{-1}$
(scaled by *100)



Shading interval $1\text{ms}^{-1}\text{d}^{-1}$
(scaled by *100)



Results : Impacts due to the GWDC

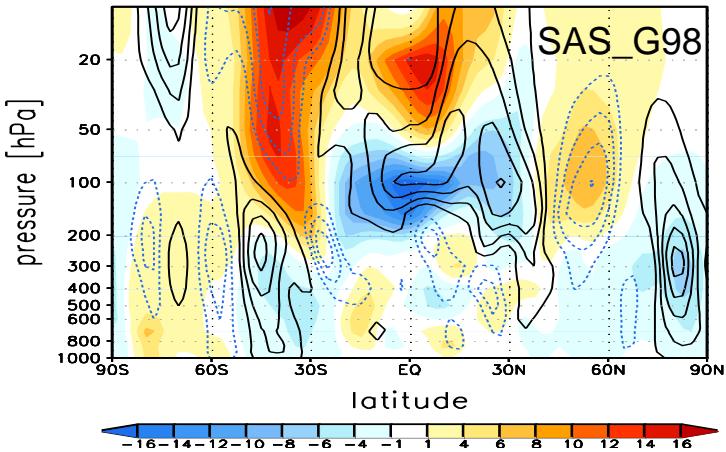
Wave stress at
cloud top

Wind tendency

Wind & RMSE

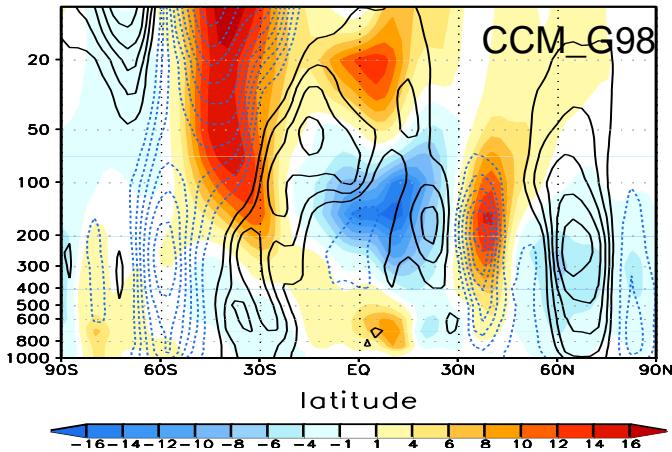
Temperature

Precipitation

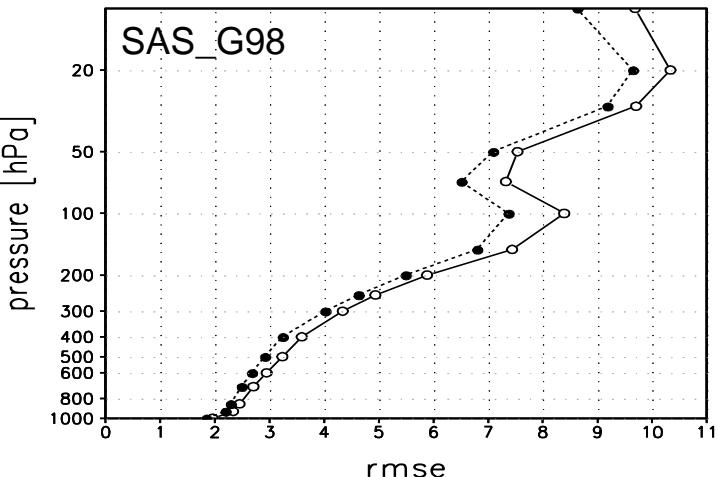


Zonal mean
Zonal wind

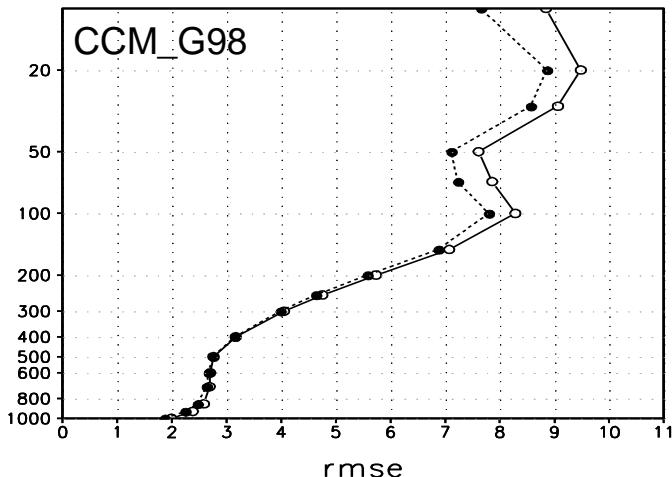
Shading :: CNTL – RA2
(interval : 2ms⁻¹)
Contour :: GWDC – CNTL
(interval : 0.5ms⁻¹)



Globally averaged
RMSE profile



Solid :: Control exp.
Dashed :: GWDC exp.



Zonal wind



Results : Impacts due to the GWDC

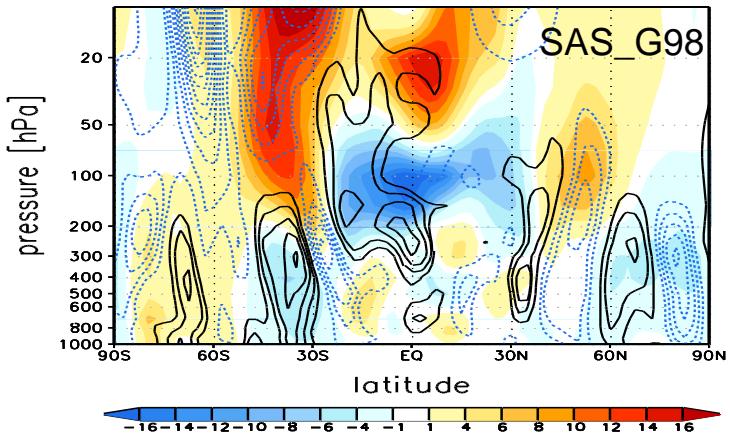
Wave stress at
cloud top

Wind tendency

Wind & RMSE

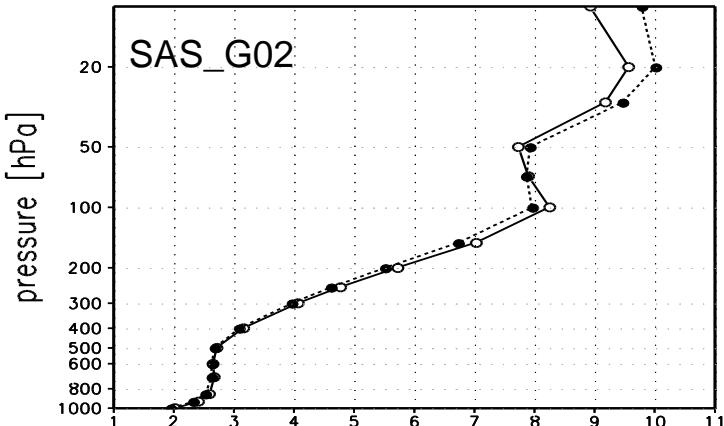
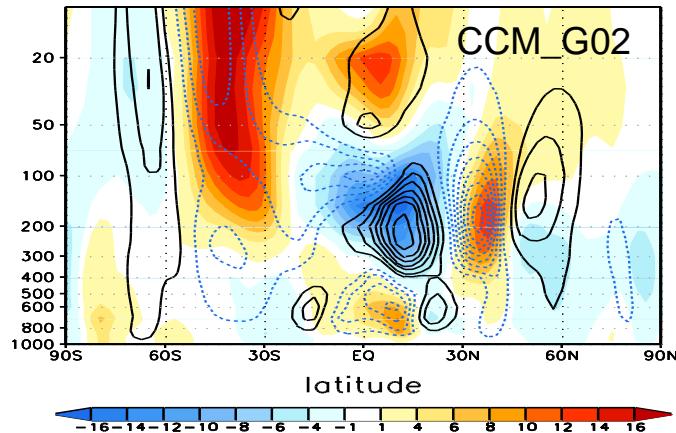
Temperature

Precipitation



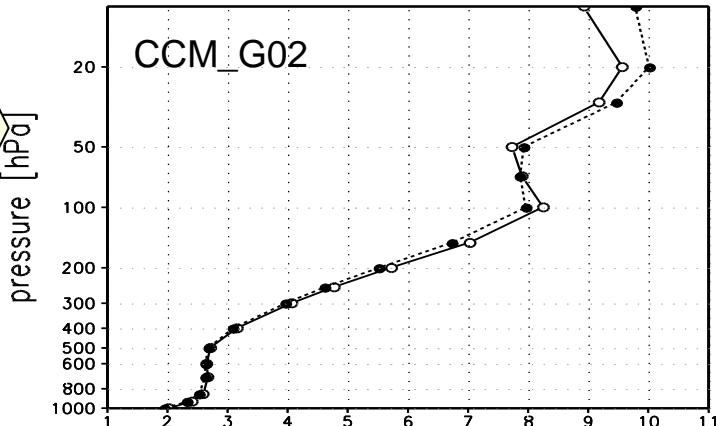
Zonal mean
Zonal wind

Shading :: CNTL - RA2
(interval : 2ms⁻¹)
Contour :: GWDC - CNTL
(interval : 0.5ms⁻¹)



Globally averaged
RMSE profile

Solid :: Control exp.
Dashed :: GWDC exp.



Zonal wind



Results : Impacts due to the GWDC

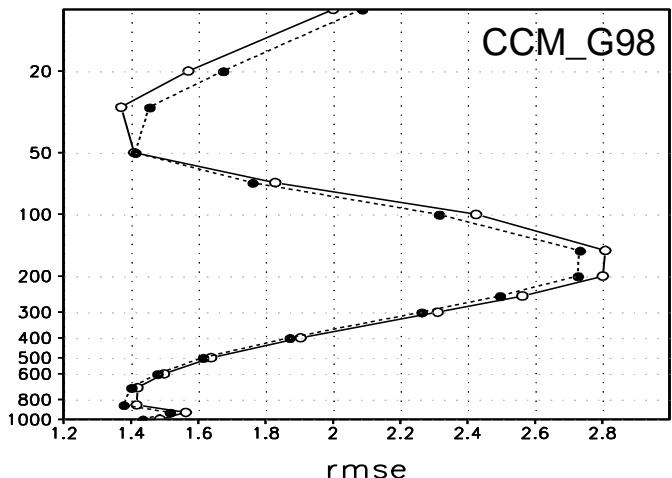
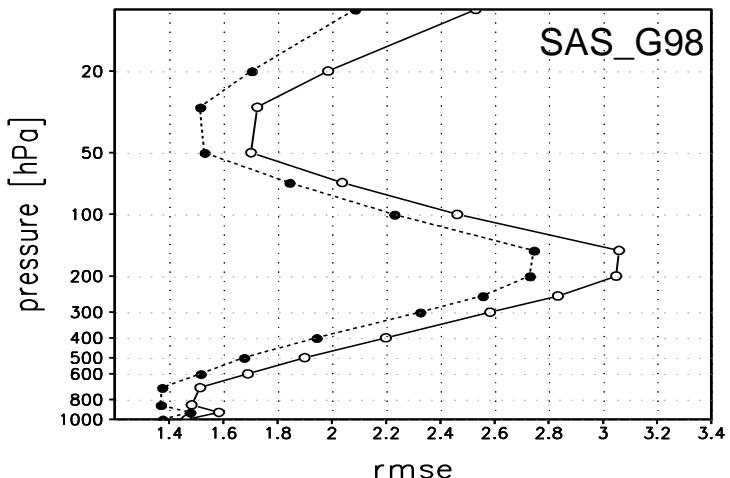
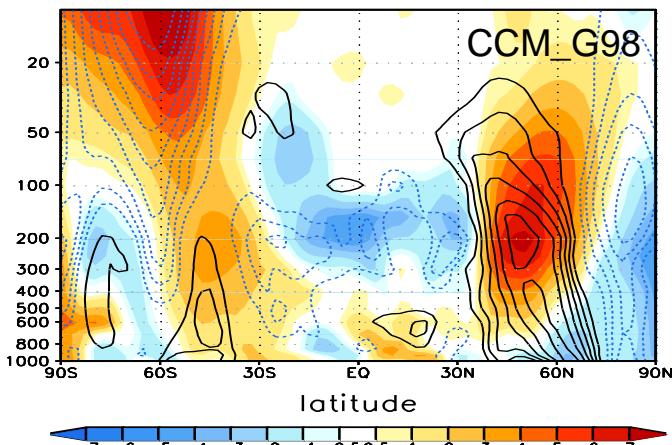
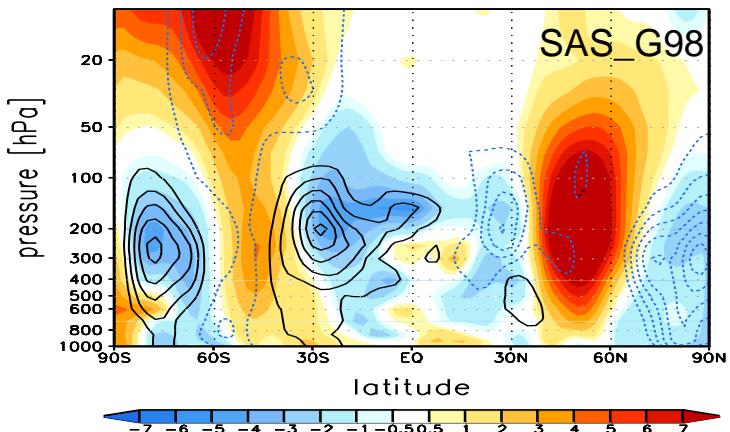
Wave stress at
cloud top

Wind tendency

Wind & RMSE

Temperature

Precipitation



Meridional wind



Results : Impacts due to the GWDC

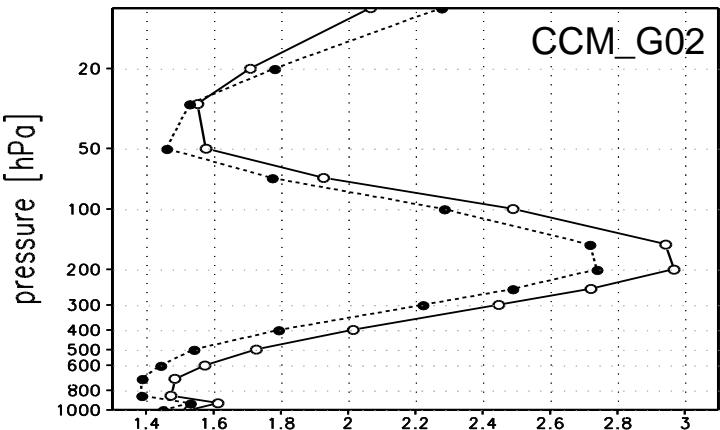
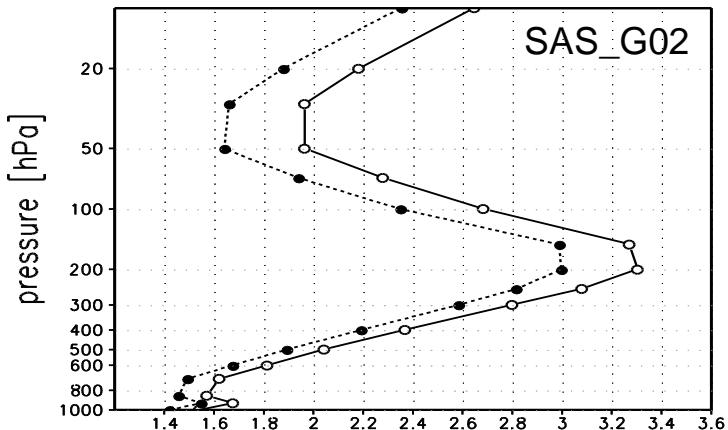
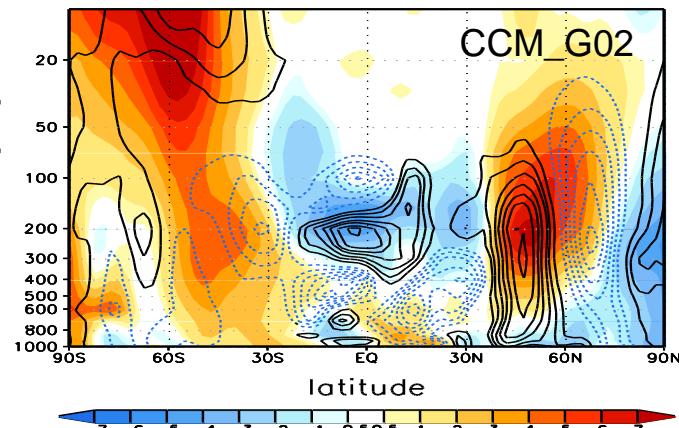
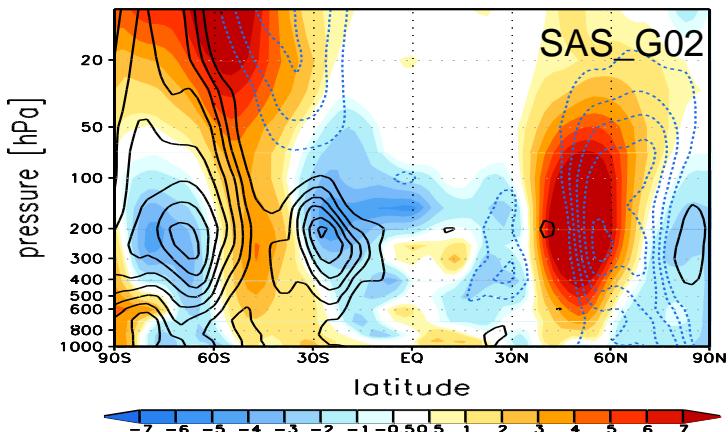
Wave stress at
cloud top

Wind tendency

Wind & RMSE

Temperature

Precipitation



Meridional wind



Results : Impacts due to the GWDC

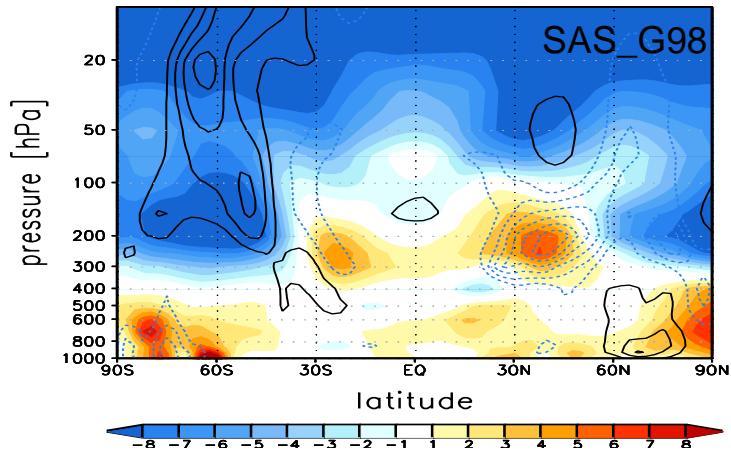
Wave stress at
cloud top

Wind tendency

Wind & RMSE

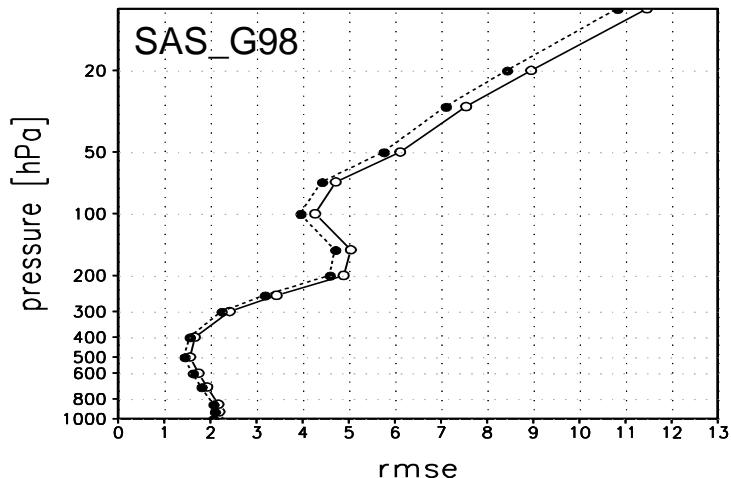
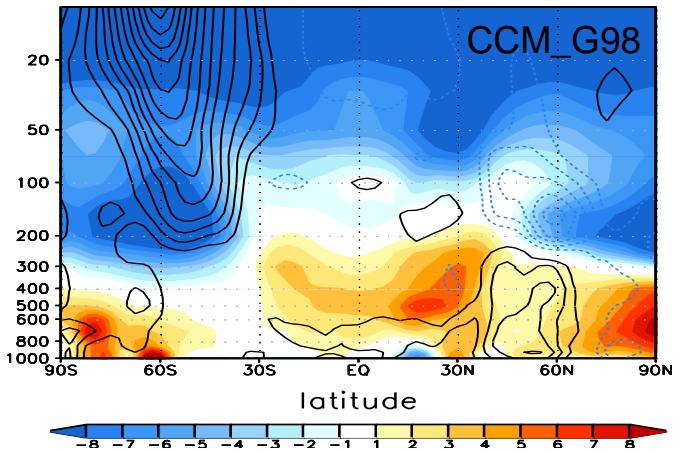
Temperature

Precipitation



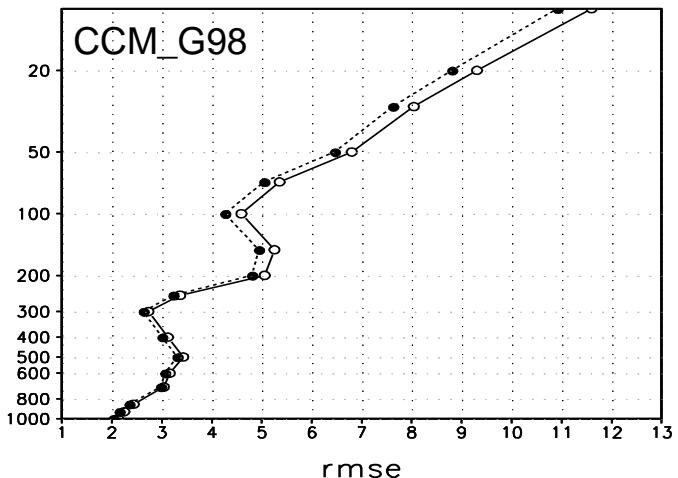
Zonal mean
Temperature

Shading :: CNTL – RA2
(interval : 1K)
Contour :: GWDC – CNTL
(interval : 0.25K)



Globally averaged
RMSE profile

Solid :: Control exp.
Dashed :: GWDC exp.



Results : Impacts due to the GWDC

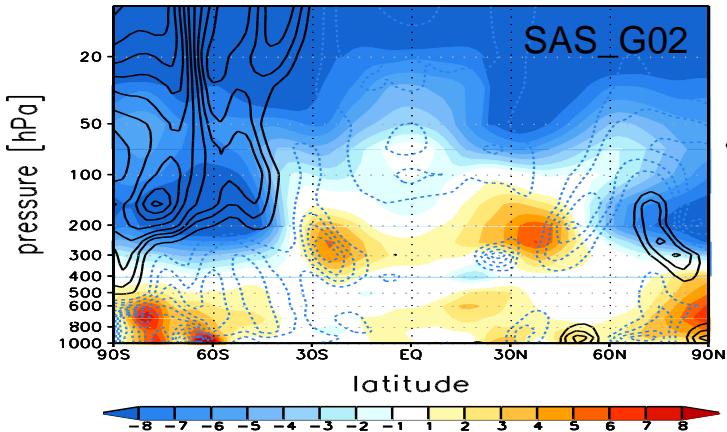
Wave stress at
cloud top

Wind tendency

Wind & RMSE

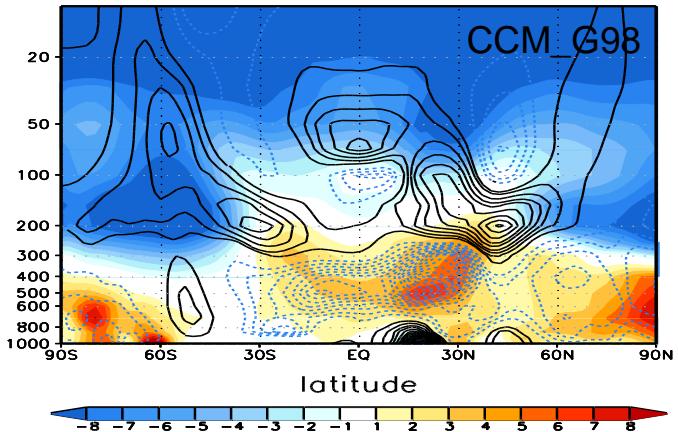
Temperature

Precipitation

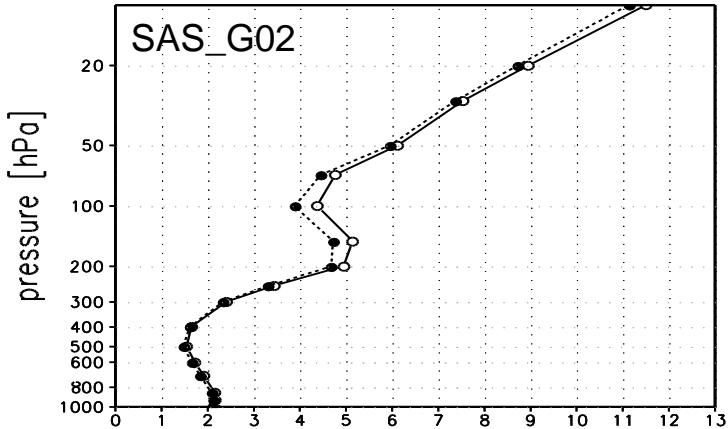


Zonal mean
Temperature

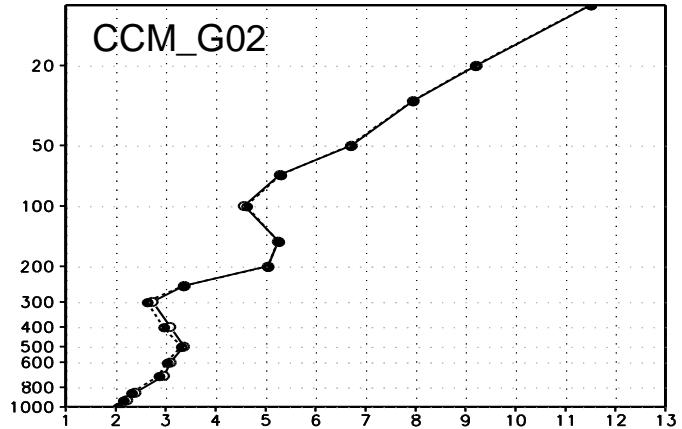
Shading :: CNTL – RA2
(interval : 1K)
Contour :: GWDC – CNTL
(interval : 0.25K)



Globally averaged
RMSE profile



Solid :: Control exp.
Dashed :: GWDC exp.



Results : Impacts due to the GWDC

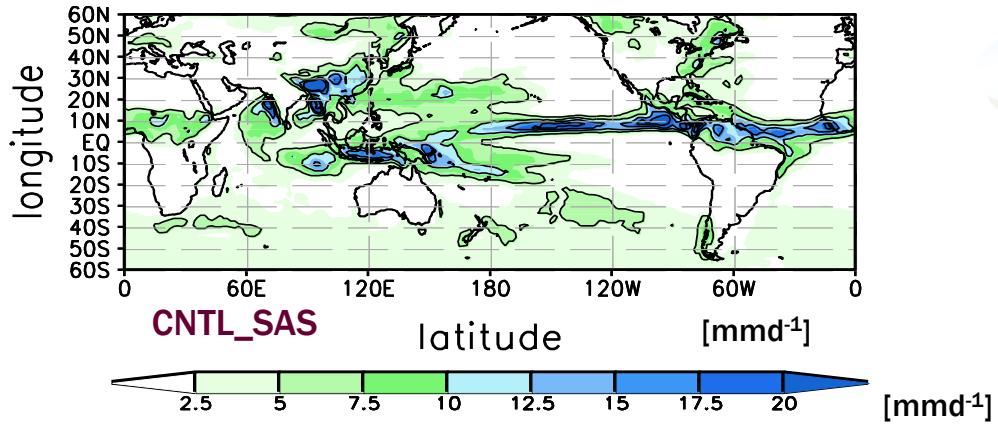
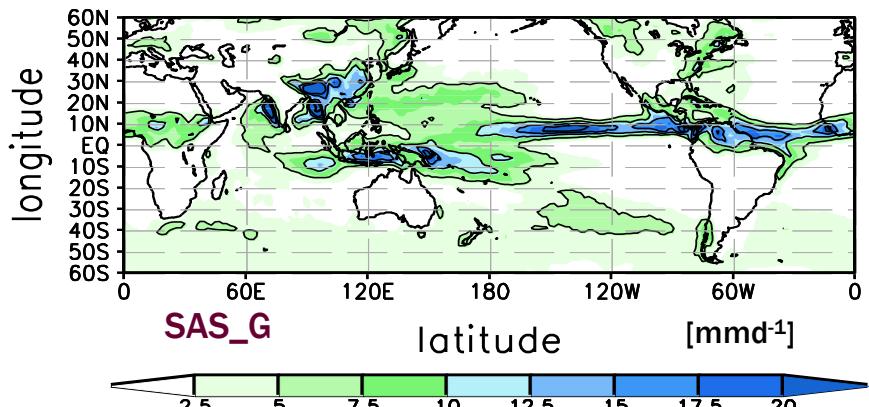
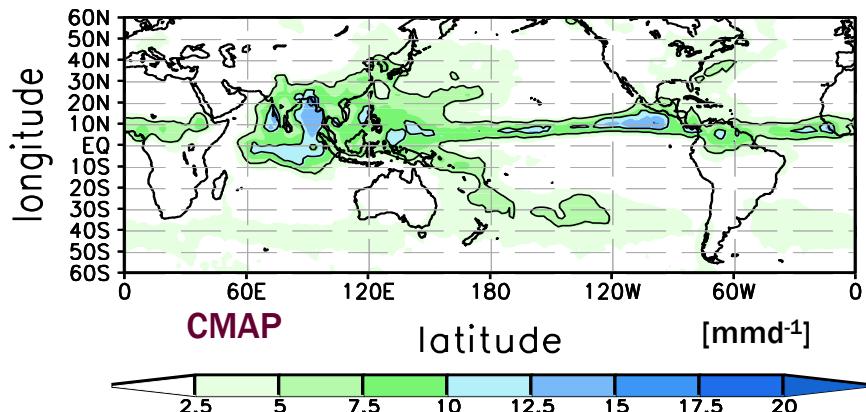
Wave stress at
cloud top

Wind tendency

Wind & RMSE

Temperature

Precipitation



few or no

	CNTL_SAS	SAS_G
PC	0.70	0.70
Bias	0.84	0.81
RMSE	2.76	2.71



Results : Impacts due to the GWDC

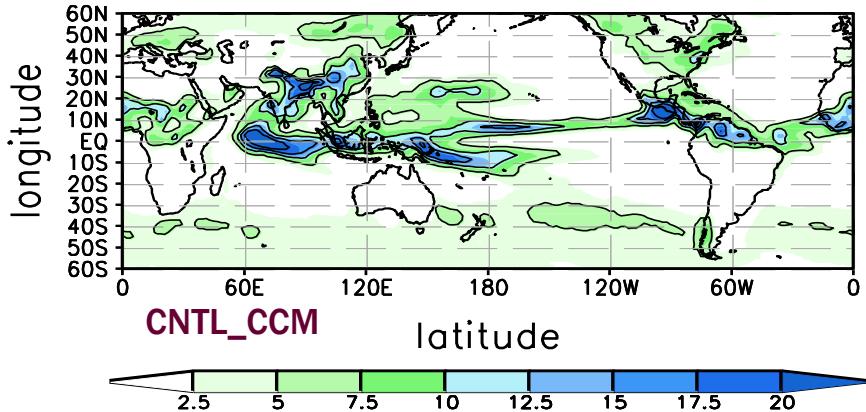
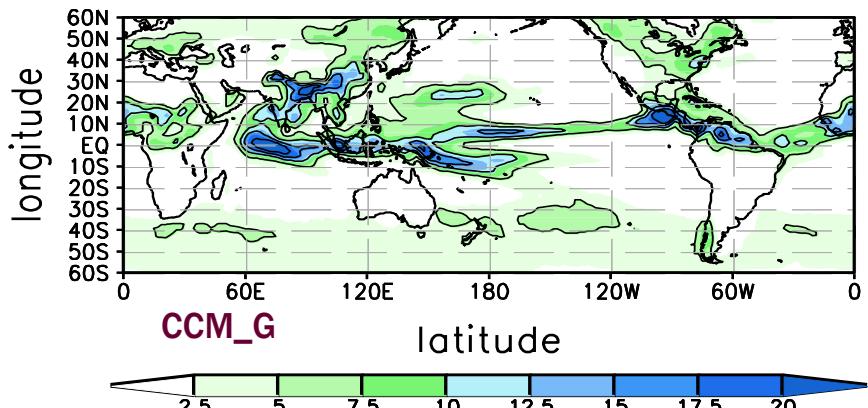
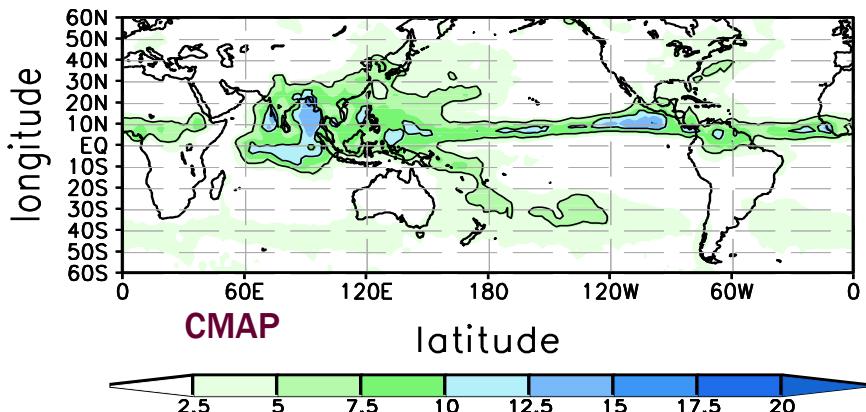
Wave stress at
cloud top

Wind tendency

Wind & RMSE

Temperature

Precipitation



few or no

	CNTL_CCM	CCM_G
PC	0.69	0.70
Bias	0.77	0.77
RMSE	2.76	2.73

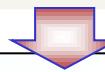


Closing remarks

The GWDC parameterization was successfully implemented in GCM (YOURS-GSM)

Effects of GWDC in climatology

Necessity of some modification in original CB-98 algorithm

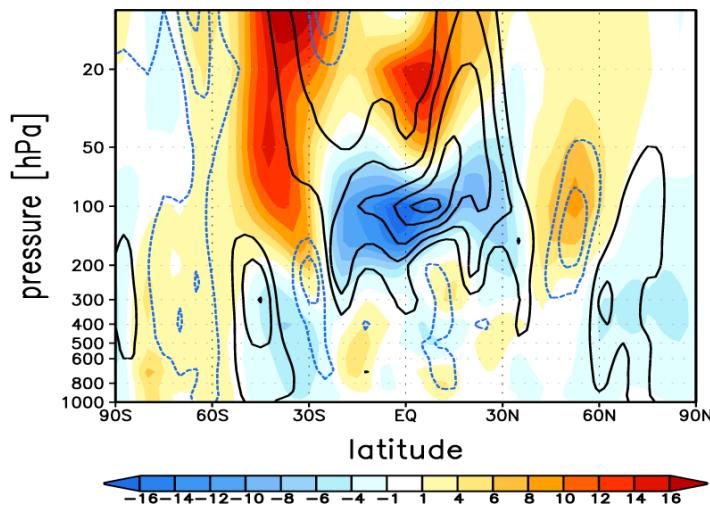


- The cloud factor is needed to control a model instability by wave drag effects due to low clouds in middle latitude of Southern hemisphere.
- The limitation of wind variation by GWDC effect is needed to prevent the model to be unstable due to wave breaking near the model top.
- The re-consideration of critical level is needed to represent the wave-propagation realistically
→ Plays a critical role in improving the large-scale features in all aspects

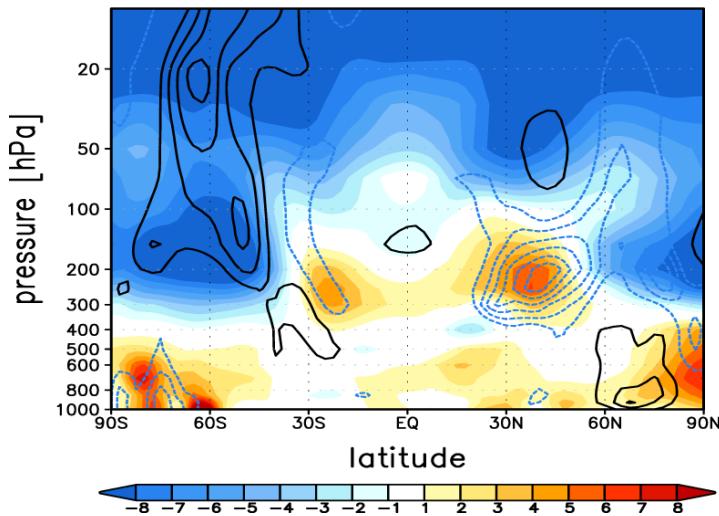


Improvement by GWDC (Jeon et al. 2010, APJAS)

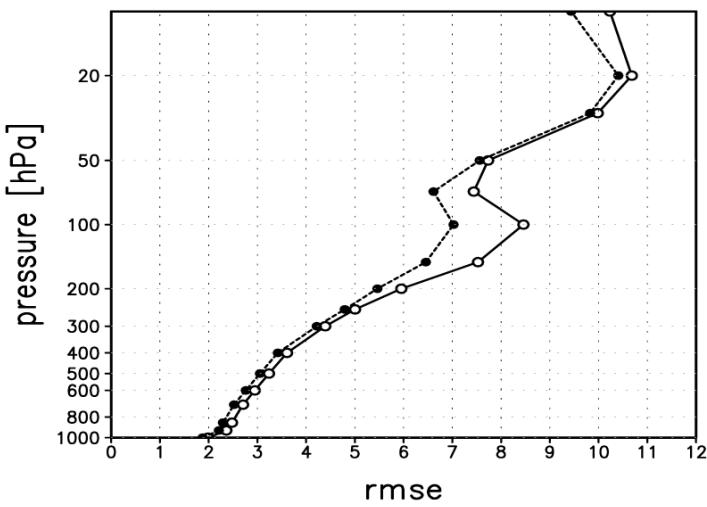
a) SAS_CB98 Zonal wind difference



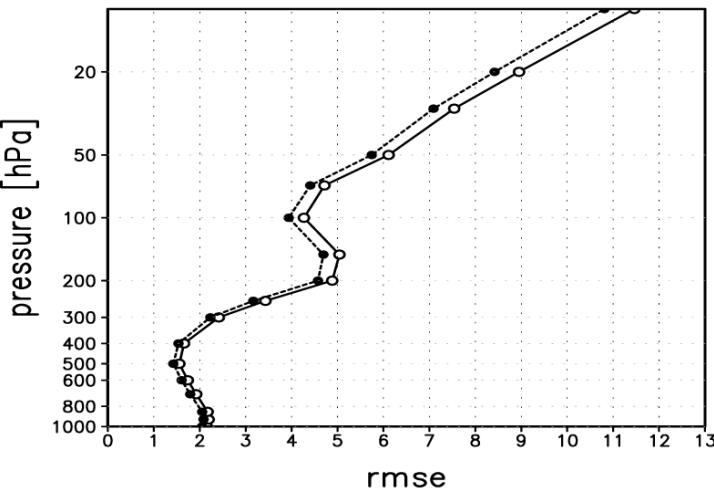
a) SAS_CB98 Temperature difference



c)



b)



4.5. Further issues

GWDO issues

Other low-level GWDB (Lott and Miller 1997, Gregory et al.1998) is also used.
GWDO improves short-range, medium- and climatology (Hong et al. 2008)
Interaction with stable BL is important (Kim and Hong 2009)

GWDC : *phys_gwd_chunbaik.F90*

Kershaw 1995, Chun and Baik 1998 : stationary eddies
Song and Chun 2005 : spectral wave breaking

$$\tau_{GWDC} = -\frac{1}{\Delta x} \frac{\rho_0 U_0^3}{N_0} c_1 c_2^2 \mu_0^2 \quad \mu_0 = \frac{g Q_0 a_1}{c_p N_0 T U_0^2}$$

- GWDC (GWD induced by deep convection), not implemented in many GCMs
- Relation with non-orographic GWD as in ECMWF model
- Horizontal diffusion versus wave drag in the stratosphere