

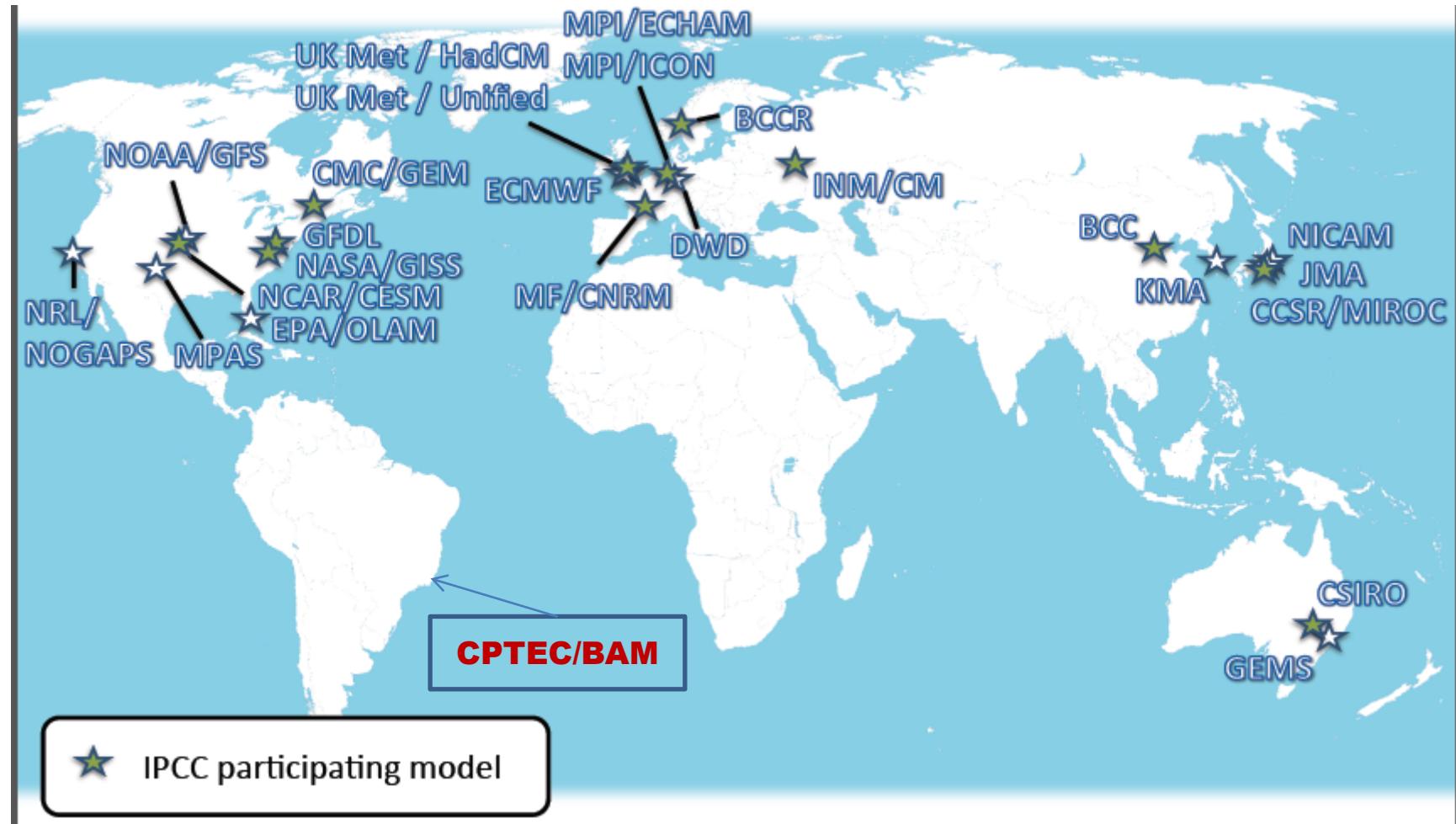
Dinâmica 20/09/2022 a 18/12/2022

Review

Modelos Atmosféricos Globais de todo o mundo

Paulo Yoshio kubota
26/09/2021

Modelos Atmosféricos Globais Operacionais



Por que vários modelos?

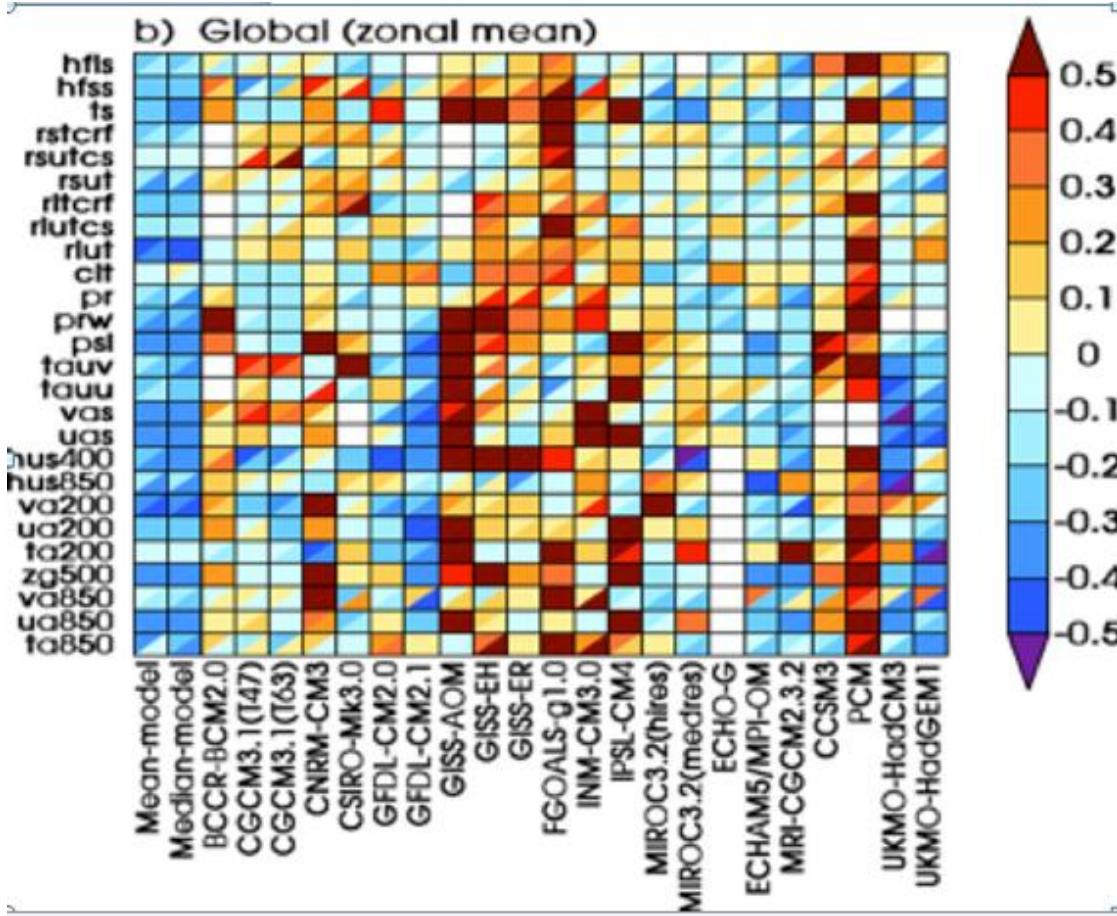


Figura: Métricas de erro relativo para a climatologia do ciclo anual CMIP3 do século XX (1980, 1999). Um valor de -0,2 significa que o modelo tem um erro 20% menor do que o erro típico do modelo para essa quantidade.

Modelo Global Atmosférico

- Ocean-Land-Atmosphere Model (**OLAM**)
- Unified Z---Grid Icosahedral Model (**UZIM**)
- UK Met Office Unified Model **ENDGame**
- Non-hydrostatic Icosahedral Cloud-resolving Atmosphere Model (**NICAM**)
- NCAR CESM Community Atmosphere Model (**CAM**)
- NCAR Model for Prediction Across Scales (**MPAS**)
- Mcore Model
- ECMWF Integrated Forecasting System (**IFS**)
- GFDL Finite-Volume Cubed (**FV3**)
- Environment Canada Global Environmental Multiscale Model (**GEM**)
- CPTEC Brazilian Atmospheric Model (**BAM**)

Ocean-Land-Atmosphere Model (*OLAM*)

Autores:

Robert Walko (University Of Miami, Miami, FL)

Roni Avissar (University Of Miami, Miami, FL)

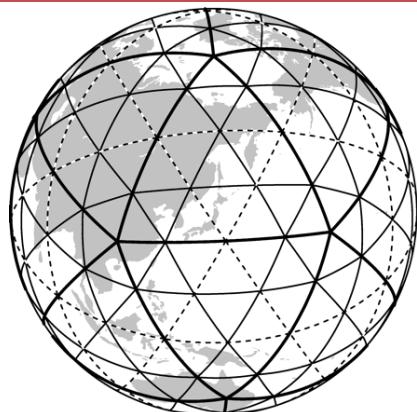
Martine Otte (US Environmental Protection Agency)

Modelo Operacional, Não Hidrostático, Atmosfera profunda

Usado por : US Environmental Protection Agency

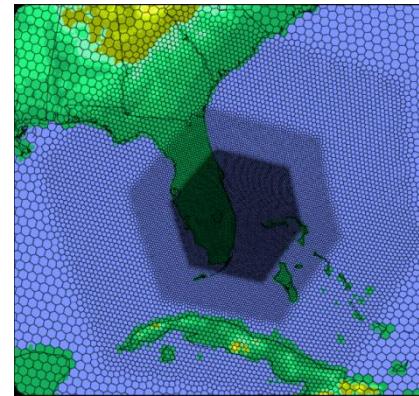
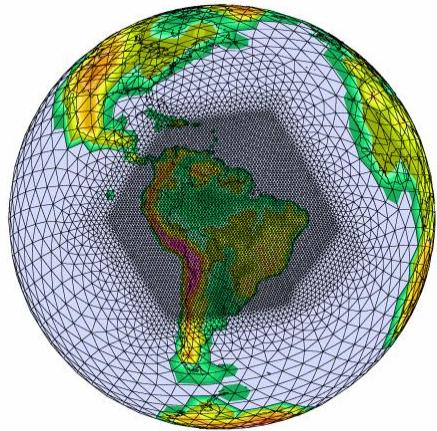
Basedo no: Limited-Area Model RAMS (1986)

O modelo é baseado sobre um icosaedro triangular ou grade hexagonal

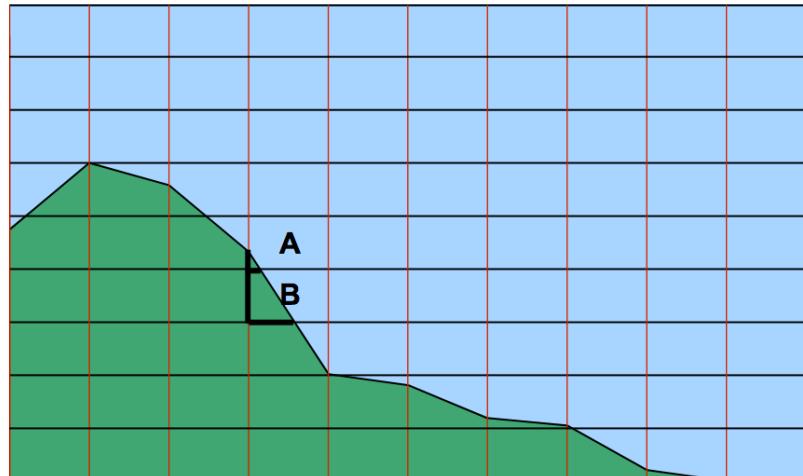
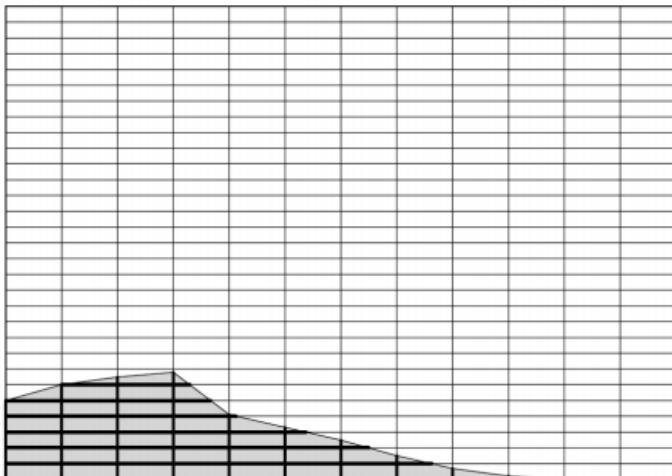


Ocean-Land-Atmosphere Model (OLAM)

Suporta refinamento de malha estática sobre um domínio regional.



- Método de célula cortada usado na vertical (melhora o cálculo do gradiente de pressão horizontal)
- As células cortadas são tratadas pela dimensão da superfície das células pela área "exposta".



Unified Z-grid Icosahedral Model (UZIM)

Autores:

Dave Randall (Colorado State University, Fort Collins, CO)

Don Dazlich (Colorado State University, Fort Collins, CO)

Ross Heikes (Colorado State University, Fort Collins, CO)

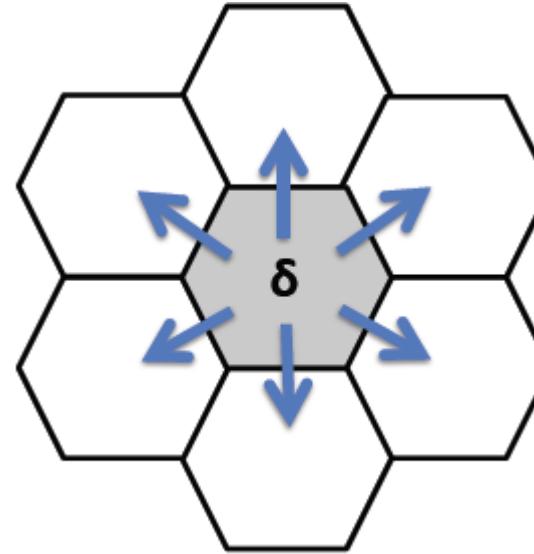
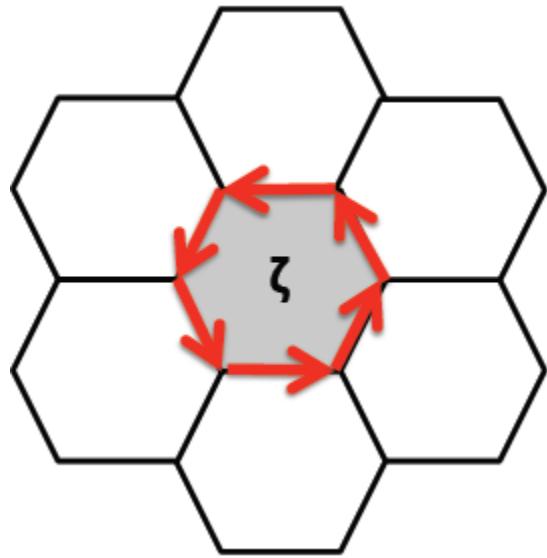
Modelo Não Operacional, Não Hidrostático, Atmosfera rasa

Baseado no: Unified model System (Arakawa and Konor 2009) Vorticity-Divergence Z-grid
(Randall 1994)

O modelo baseia-se em uma grade hexagonal que foi otimizada através de uma etapa de pós-processamento.



Unified Z-grid Icosahedral Model (UZIM)



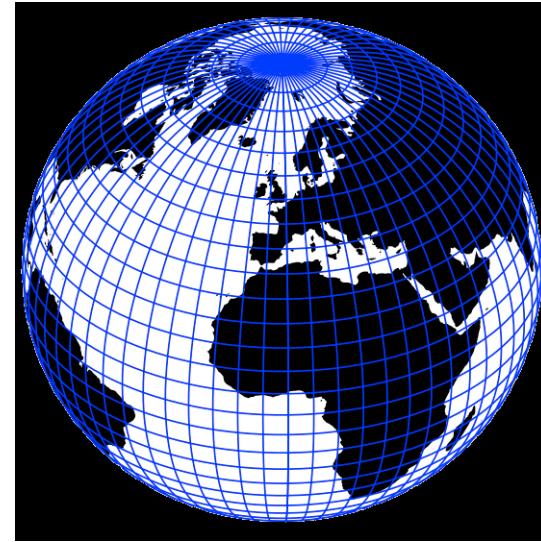
Formulação Z-Grid: cada hexágono armazena a vorticidade e a divergência nesse ponto (em vez das velocidades zonal e meridional).

Isso mostrou ter propriedades numéricas melhores, mas requer uma solução global a cada passo de tempo para recuperar u e v .

- Esquema de Multi-Passo de Terceira Ordem (Adams Bashforth) para o passo do tempo
- Abordagem "Unificada" para o tratamento de ondas de som de propagação vertical
- Topografia ainda não implementada

ENDGame

UK Met Office Model



Autores:

John Thuburn (University Of Exeter)

Thomas Melvin (UK Met Office)

Many Others...

Modelo Operacional, Não hidrostático/Hidrostático, Atmosfera Rasa/ profunda

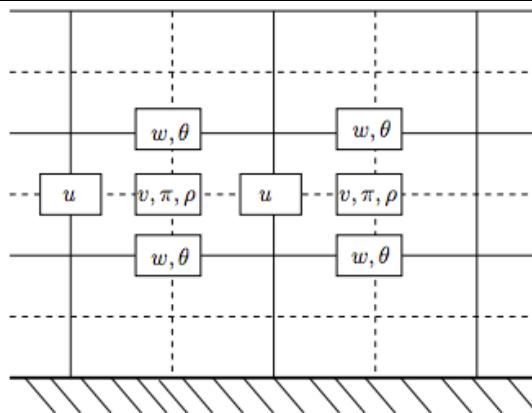
Filosofia: modelo "Unificado" usado tanto para aplicações de Previsão de Tempo Numérico quanto para Aplicações climáticas.

Deve satisfazer os benchmarks de NWP: Deve prever em 25 km 7 dias em <3 horas.

ENDGame

O modelo baseia-se em uma grade de latitude-longitude.

A pequena restrição de timestep é compensada usando uma metodologia semi-lagrangiana.



- Inclui modificação no geopotencial ellisoidal.
- C-Grid na horizontal
- Escalonamento vertical de Charney-Phillips
- Esquema totalmente implícito (iterativo) para termos não advectivos
- Esquema não é inherentemente conservativo (esquema de correção a posteriori é necessário)

Nonhydrostatic Icosahedral Cloud resolving Atmospheric Model (NICAM**)**

Modelo que resolve nuvens da Universidade de Tokyo

Autores:

Masaki Satoh (University Of Tokyo)

Hirofumi Tomita (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology)

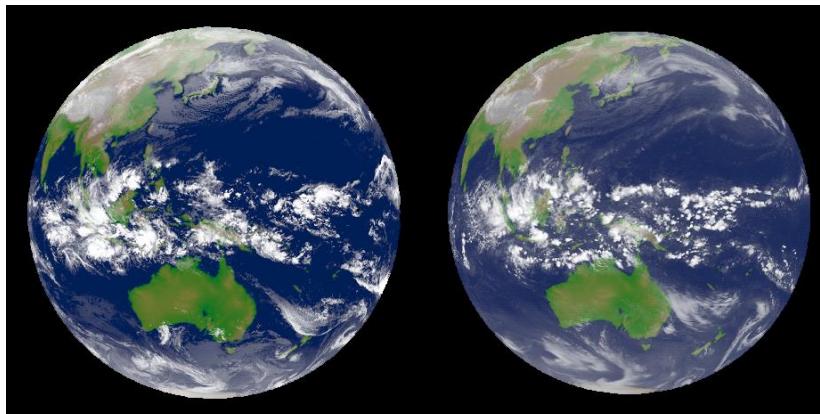
Hiroaki Miura (University of Tokyo)

Ryuji Yoshida (AICS, Riken, Kobe)

Many Others...

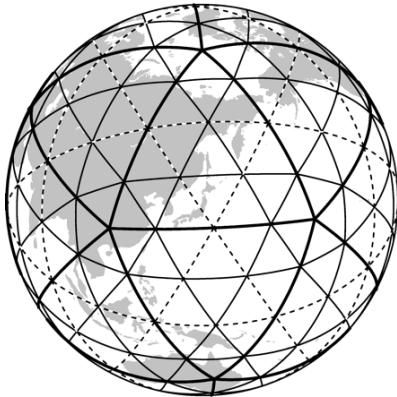
Modelo Operacional, Não Hidrostático, Atmosfera Rasa/ Profunda

Filosofia: Modelo Desenhado para a escala de resolução da nuvem (3 km) na resolução global



Experimento de oscilação de Madden-Julien:
Left:Satellite ,Right:NICAM.

Nonhydrostatic Icosahedral Cloud resolving Atmospheric Model (NICAM**)**



Grade icosaedro
triangular Global

- **Objetivo do projeto:** Resolve bem as escalas horizontais, assim não exigir uma parametrização da nuvem cumulus.
- O modelo foi projetado para aproveitar a arquitetura de super-computação do Earth Simulator.
- **Método de diferença finita altamente local:**
o Projeto visou usar o método numérico mais simples possível e maximizar a eficiência computacional.
- Método de volume finito usa a grade A com discretização espacial central de 2^a ordem, além de coordenadas verticais que seguem o terreno. tratamento explícito das ondas sonoras.

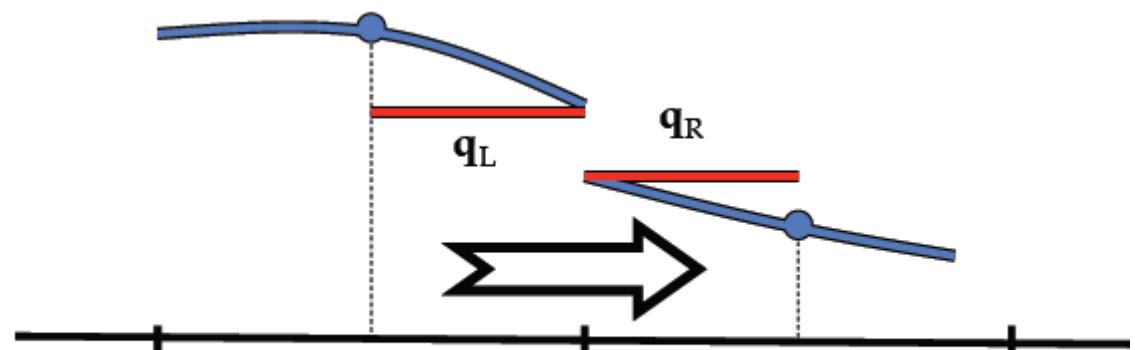
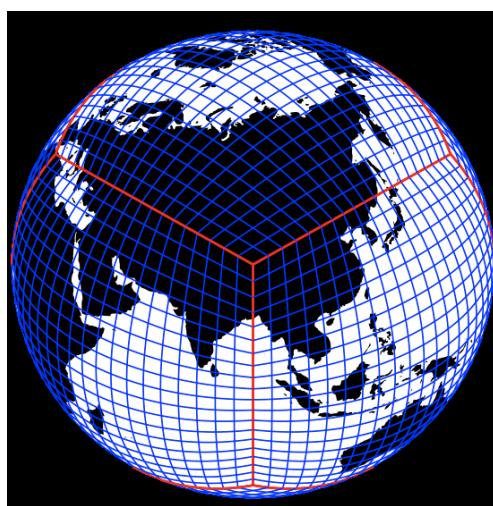
Núcleo dinâmico da University of Michigan

Autores:

Paul Ullrich (University of Michigan University of California, Davis)

Modelo não Operacional, Não hidrostático, Atmosfera rasa/profunda

Filosofia: Estudo do comportamento do método de volume finito de alta ordem para um ambiente atmosférico.



Riemann solver for computing edge fluxes

Método de volume finito de quarta ordem sobre uma grade de esfera em cubo.

Integrated Forecast System (IFS)

European Center For Medium-Range Weather Forecasting (ECMWF)

Autores:

Nils Wedi (ECMWF)

Sylvie Malardel (ECMWF)

Many others...

Modelo Operacional, Hidrostático/Não Hidrostático, Atmosfera Rasa/Profunda

Filosofia: sistema de previsão numérica de alto rendimento e de alta resolução usando métodos numéricos testados.



Método de Transformada espectral
baseado sobre uma grade latitude e
longitude

Integrated Forecast System (IFS)



Year	Truncation	Resolution
1983	T63	~ 316 km
1987	T106	~ 188 km
1991	T213	~ 95 km
1998	T _L 319	~ 63 km
2000	T _L 511	~ 39 km
2006	T _L 799	~ 25 km
2010	T _L 1279	~ 16 km
2015	T _L 2047	~ 10 km*
2020	.. T _L 3999	1 – 10 km**

* Hydrostatic, parameterized convection

** Non-hydrostatic, explicit convection

Grade regular latitude-longitude no hemisfério Norte

Grade reduzida latitude-longitude no hemisfério Norte(redução de 30% no numero de pontos de grade)

Community Atmosphere Model (*CAM*)

National Center For Atmospheric Research (NCAR)

Autores:

David Williamson(NCAR)

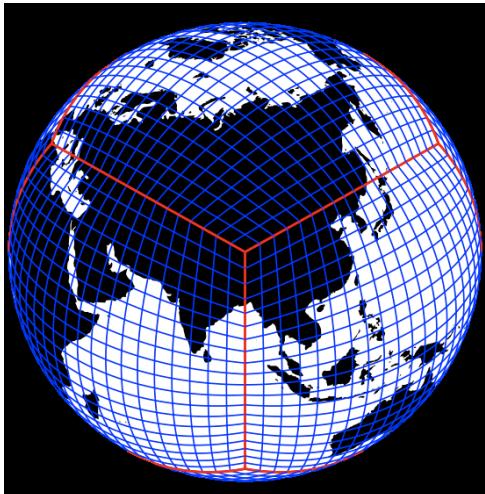
Mark Taylor (Sandia National Labs)

Many others...

Modelo Operacional, Hidrostático, Atmosfera Rasa

Filosofia: O foco está em aplicações climáticas.

Alta Escalabilidade paralela para o modelo CAM-SE



Elemento espectral



Finite-Volume
Semi-Lagrangian
Eulerian

Community Atmosphere Model (CAM)

Na vertical:

- Coordenação de sigma-pressão híbrida
- Camadas Lagrangeana flutuantes
- Todas as parametrizações físicas devem funcionar dentro de uma coluna (somente física de coluna)

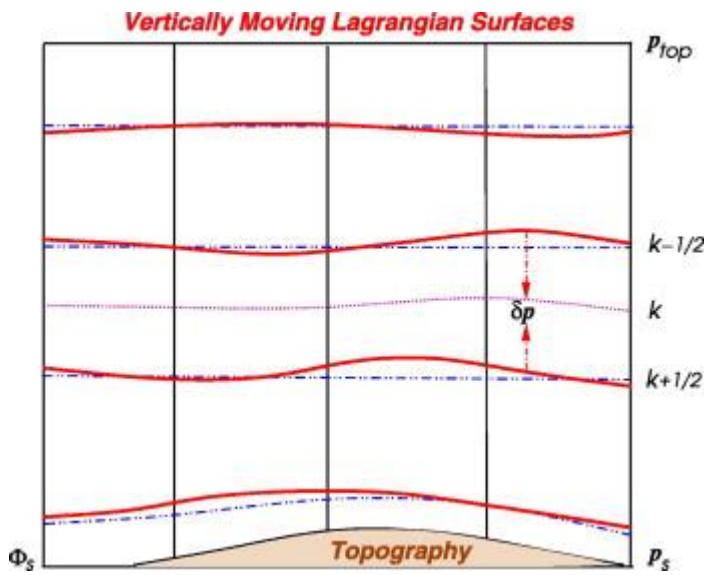


Figure: Nair et al. (2009)

Community Atmosphere Model (CAM)

O CAM-SE é construído como um modelo completamente não estruturado em uma grade conformal.

Usando refinamento de malha, essencialmente qualquer forma de grade é suportada.

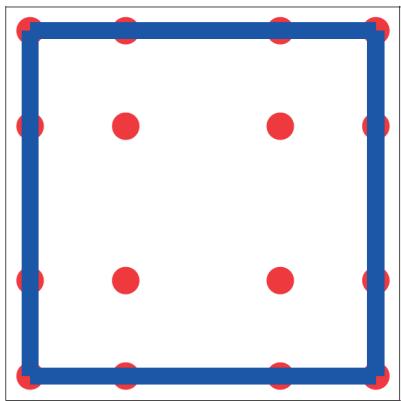
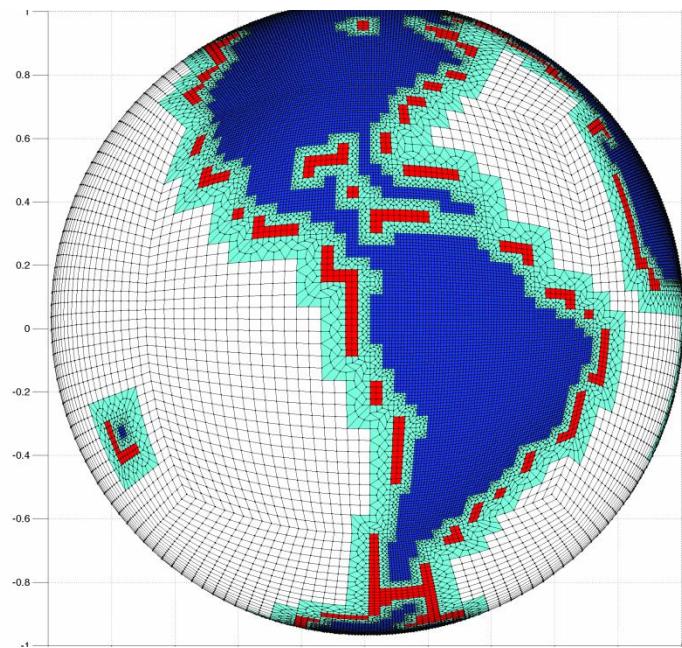


Figure 3. A 4×4 tensor product grid of GLL nodes used within each element, for a degree $d = 3$ discretization. Nodes on the boundary are shared by neighboring elements.



Elementos quadrilaterais com forma arbitrária suportados pelo método do elemento espectral.

Model for Prediction Across Scales (MPAS)

NaNonal Center For Atmospheric Research (NCAR)

Authores:

Bill Skamarock (NCAR)

Joe Klemp (NCAR)

Todd Ringler (Los Alamos National Laboratory)

Many others...

Modelo Não Operacional, Não Hidrostático, Atmosfera Rasa /Profunda



Filosofia: escalabilidade paralela de larga escala (código da dinâmica da atmosférica da próxima geração) e suporte para malhas de resolução variável.

Model for Prediction Across Scales (MPAS)

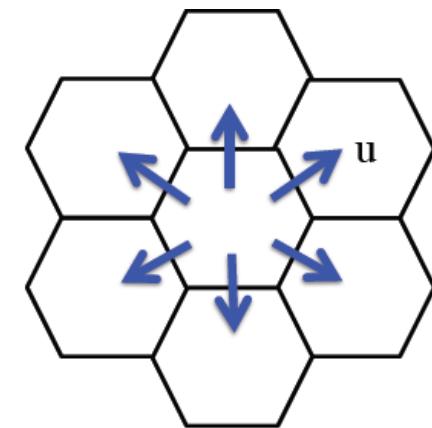
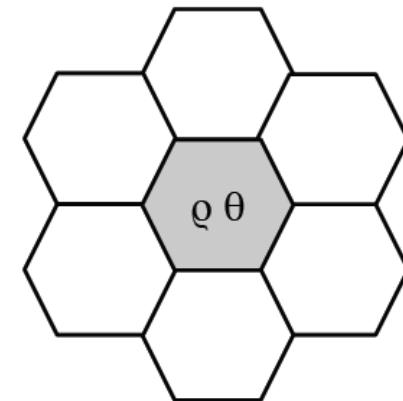


O modelo é baseado na grade hexagonal que é otimizado em um passo de pos-processamento

Formulação C-Grid: cada hexágono armazena a densidade e a temperatura potencial nesse ponto.

As velocidades são armazenadas como componentes perpendiculares em cada borda.

Problemas: o número de componentes de velocidade é maior do que o número de componentes de densidade.



Finite-Volume Cubed (*FV3*)

Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL)

Authores:

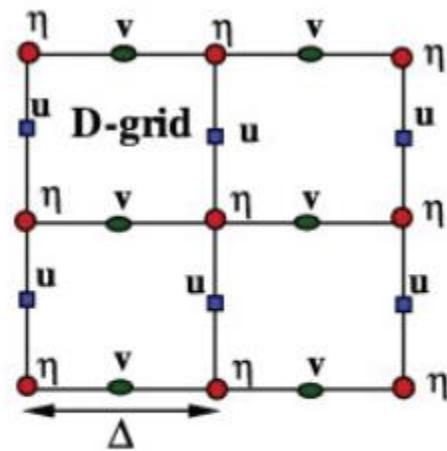
Shian-Jiann (SJ) Lin (GFDL)

Richard Rood (University of Michigan)

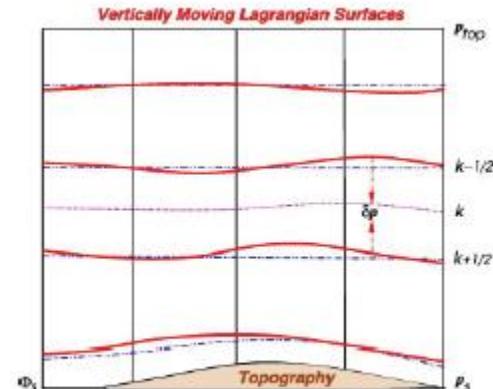
Lucas Harris (GFDL)

Many others...

Modelo Operacional, Hidrostático, Atmosfera rasa,



Arakawa D-grid
staggering for velocities.



Floating Lagrangian layers

Global Environmental Multiscale Model (*GEM*)

Environment Canada/Canadian Meteorological Center (CMC)

Authores:

Abdessamad Qaddouri (Environment Canada)

Jean Côté (Environment Canada)

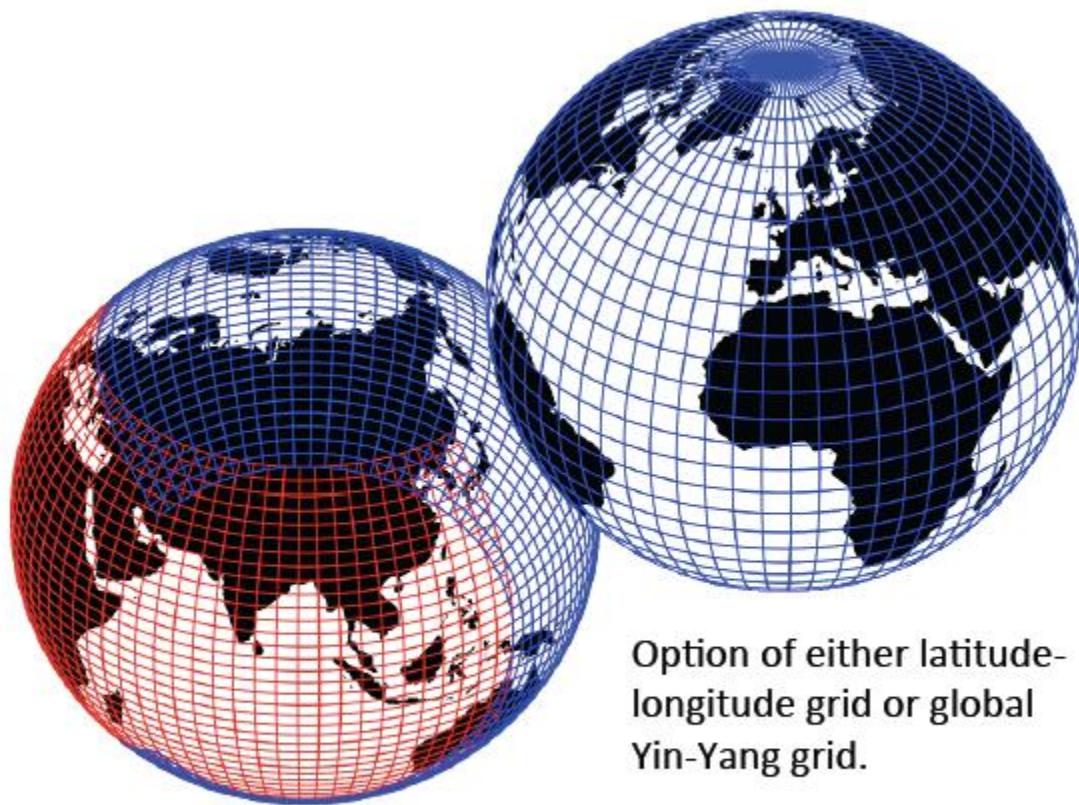
Sylvie Graval (Environment Canada)

Paul Vaillancourt (Environment Canada)

Many others...

Modelo Operacional, Hidrostático/Não Hidrostático, Atmosfera Rasa

Global Environmental Multiscale Model (*GEM*)



Option of either latitude-longitude grid or global Yin-Yang grid.

Charney-Phillips (“CP”) grid

$K+1/2$	—————	hatched
K	-----	
$K-1/2$	—————	
	:	
$k+3/2$	—————	w, T
$k+1$	-----	v, ϕ
$k+1/2$	—————	w, T
k	-----	v, ϕ
$k-1/2$	—————	w, T
$k-1$	-----	v, ϕ
$k-3/2$	—————	w, T
	:	
$3/2$	—————	
1	-----	
$1/2$	—————	hatched

Brazilian Atmospheric Model (BAM)

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)

Autores:

Jairo Panetta (ITA)

José Paulo Bonatti (CPTEC)

Saulo Barros (IME/USP)

Paulo Kubota (CPTEC)

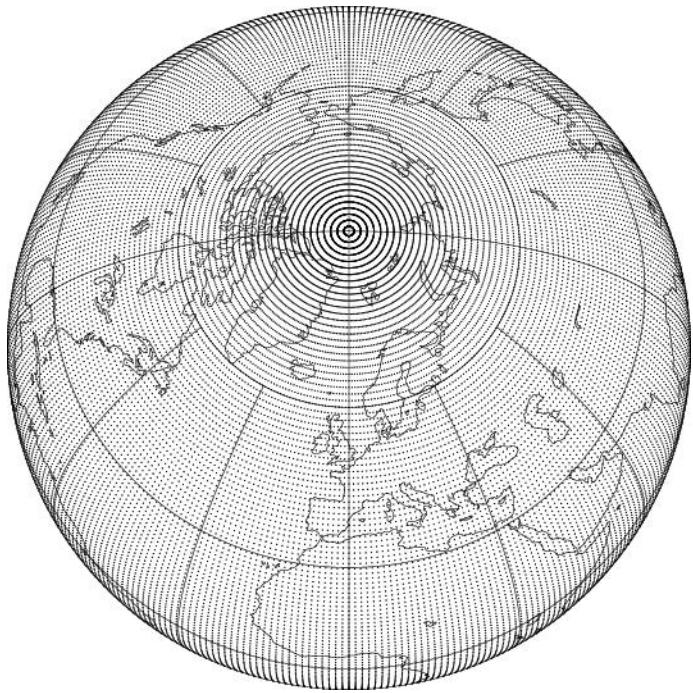
Modelo Operacional, Hidrostático, Atmosfera Rasa/Profunda

Filosofia: sistema de previsão numérica de alto rendimento e de alta resolução.



Método de Transformada espectral
baseado sobre uma grade regular
gaussiana latitude e longitude

Brazilian Atmospheric Model (BAM)



Grade regular latitude-longitude no hemisfério Norte

Grade reduzida latitude-longitude no hemisfério Norte(redução de 30% no numero de pontos de grade)