

A Importância da Computação na previsão de Tempo e Clima, e Estudos de Mudanças Climáticas

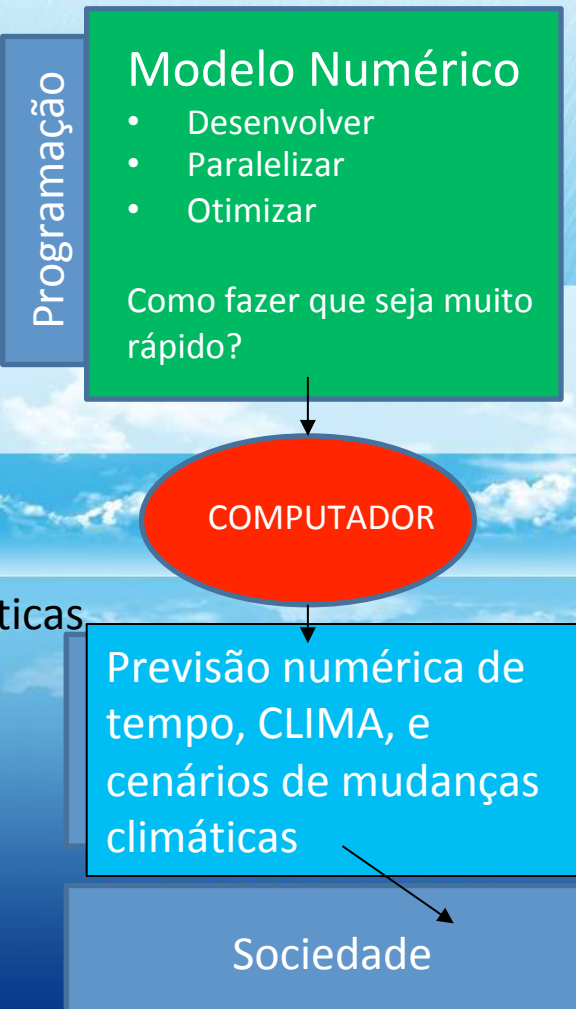
WORCAP 2018

Silvio Nilo Figueroa e
Paulo Kubota
DMD/CPTEC/INPE



Temas:

- 1-Arte da Modelagem
2. EXemplos de NWP, Clima e M. Climáticas
3. Supercomputação
4. Futuro Modelo Unificado



21 Agosto 2018

(1)

COMPUTER PROGRAMMING AS AN ART

Donald E. Knuth of Stanford University (1974)

Programar é uma arte.

Programar requiere habilidade e criatividade.

Assim como um pianista usa o teclado para produzir maravilhosas melodias, o um jogador de futebol usa a bola, o programador usa o teclado para fazer programas e resolver problemas.

Um programador é um artista. Entretanto, como em toda arte requer muita pratica, pratica e pratica. Não adianta iniciar querendo fazer programas complexos.

Quanto mais simples o programa é melhor.

IMPORTANCIA DA PREVISÃO DE TEMPO E CLIMA, E ESTUDOS DE MUDANÇAS CLIMATICAS



Agricultura: Ex. Usuarios Agricultores
Previsão climática sazonal (2-5 meses)



Água Potável/inundações
Previsão horas-dias-semanas-meses



Eletricidade. Ex. de Usuarios ONS*)
Previsão horas-dias-semanas-meses

* Operador Nacional do Sistema Elétrico



Mudanças Climáticas (ex. Amazônia)
Escenários futuros de mudanças climáticas
Décadas, centenas de anos.

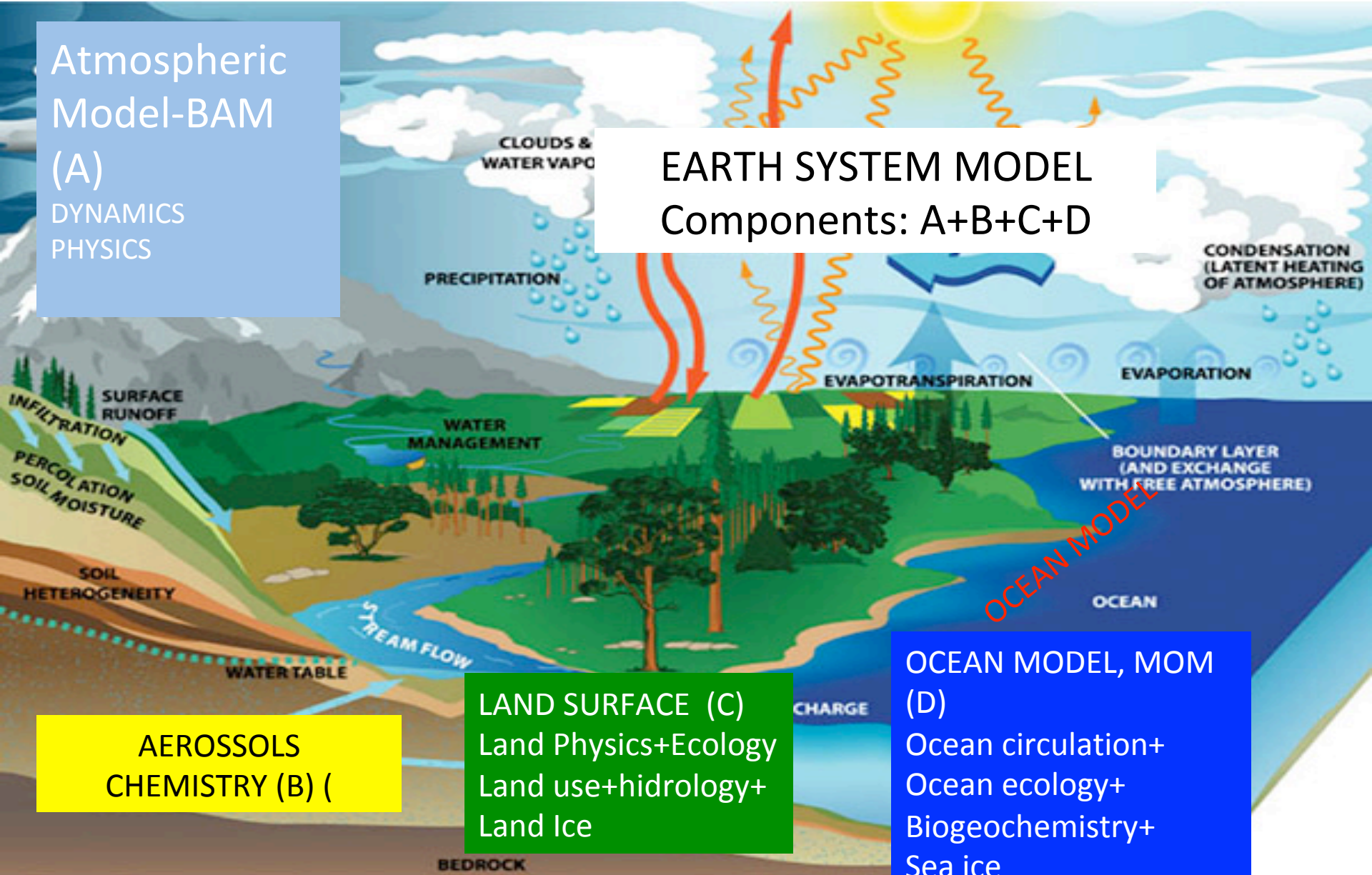
EARTH SYSTEM MODEL--para estudos de Mudanças climáticas. (BESM-OA=BAM+MOM)

Atmospheric Model-BAM

(A)

DYNAMICS
PHYSICS

EARTH SYSTEM MODEL
Components: A+B+C+D



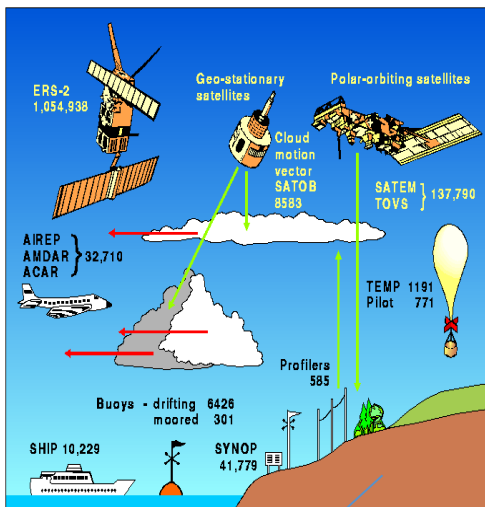
AEROSOLS
CHEMISTRY (B) (

LAND SURFACE (C)
Land Physics+Ecology
Land use+hidrology+
Land Ice

OCEAN MODEL, MOM
(D)
Ocean circulation+
Ocean ecology+
Biogeochemistry+
Sea ice

Atual Sistema de Modelagem no CPTEC

24 hour summary of global data volumes
for all observation types received at ECMWF - 28 April 1996



DATA

3DVAR
Gridpoint Statistical
Interpolation (GSI)

INITIAL
CONDITION
(from NCEP)

MODELO REGIONAL
(WRF)
5km América do Sul
Futuro 1km SE (final
de ano)

MODELO GLOBAL DO
CPTEC (BAM)
20 km (desde 1Jan2016)
Futuro 9km global (final
de ano)



Previsão numérica do
tempo (PNT)

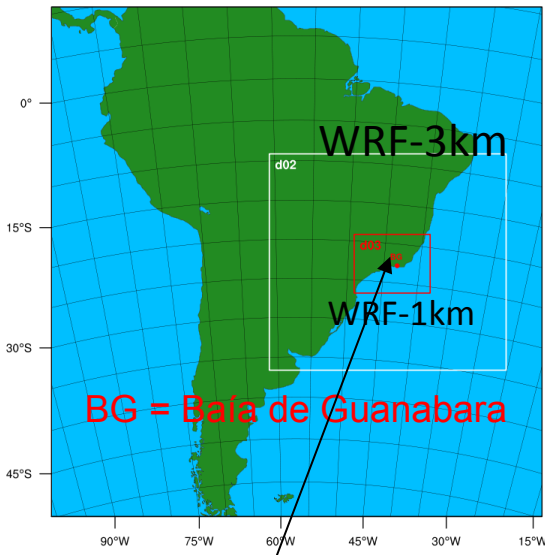
- 1 dia
- 2 dias
- 3 dias
- 4 dias
- 5 dias
- 6 dias
- 7 dias
- 8 dias
- 9 dias
- 10 dias
- 11 dias
- 12 dias
- 13 dias
- 14 dias
- 15 dias

Ensemble prediction (probabilistic)

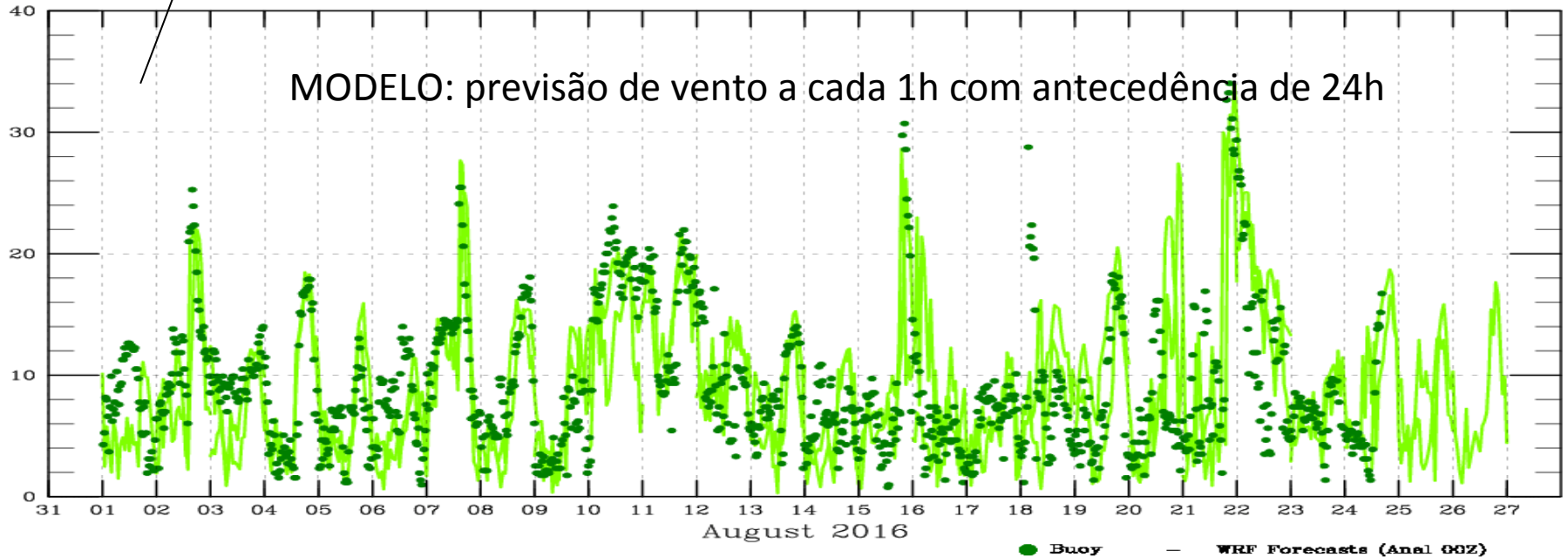
2)

Exemplo de modelo operacional de tempo:

A previsão de vento na Baía de Guanabara durante as Olimpíadas de RJ2016



Wind Speed (knots) – WRF 1km/Buoy RJ 01



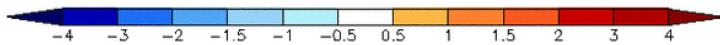
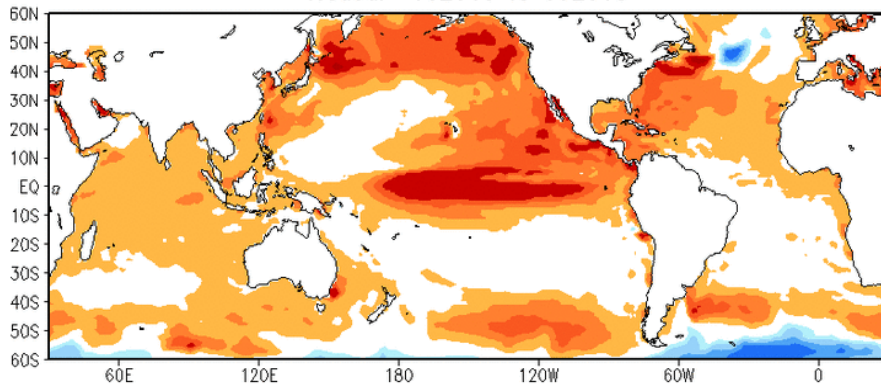
Exemplo de previsão de clima

BESM/CPTEC ENSO FORECAST

OND 2015 SST FCST IC: Sept/2015

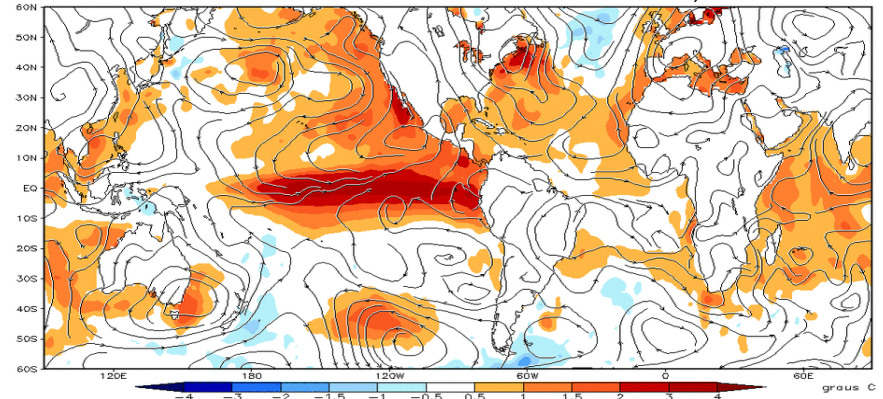
OND 2015 SST ersst

CGCM-CPTEC SST ANM. FCST (Valid for NDJ 2016)
Issued: 102015 IC 092015



PREVISTO

ATSM & Anomalia de Vento 850mb - OND/2015



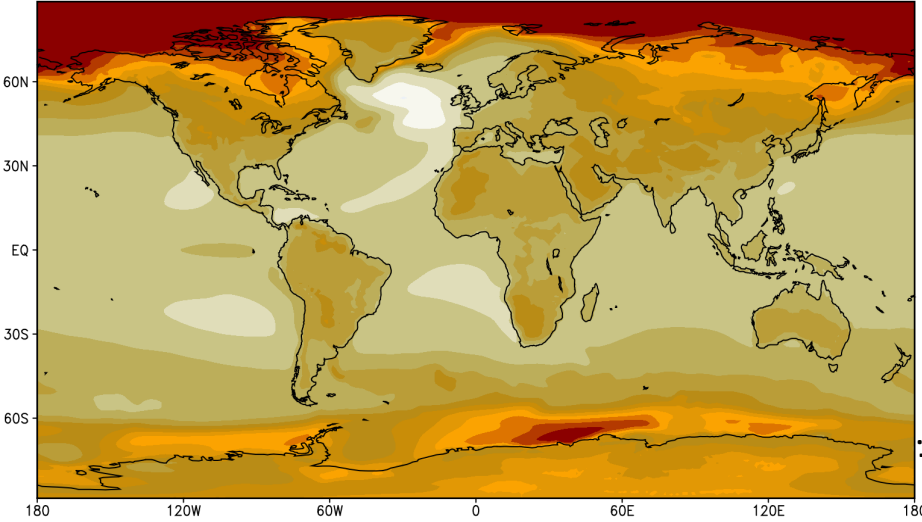
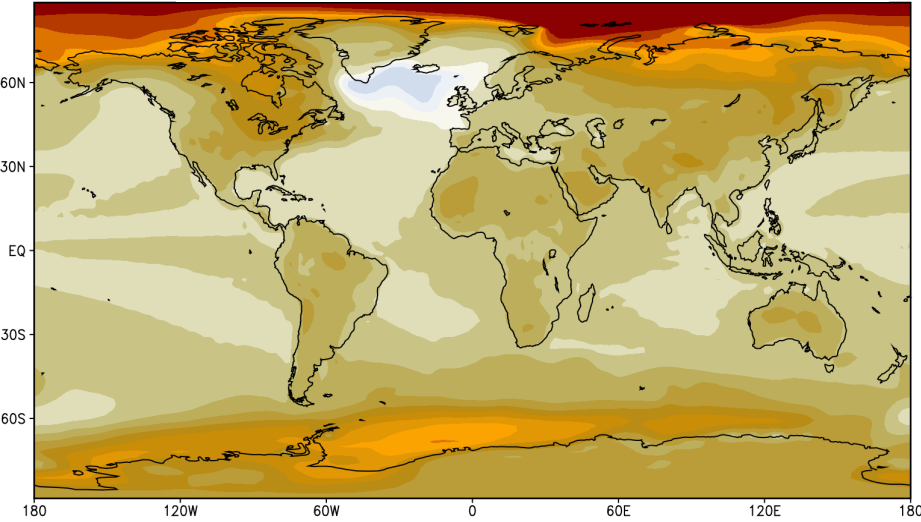
OBSERVADO

Exemplo de estudos de mudanças climáticas

Abrupt4xCO2 - piControl

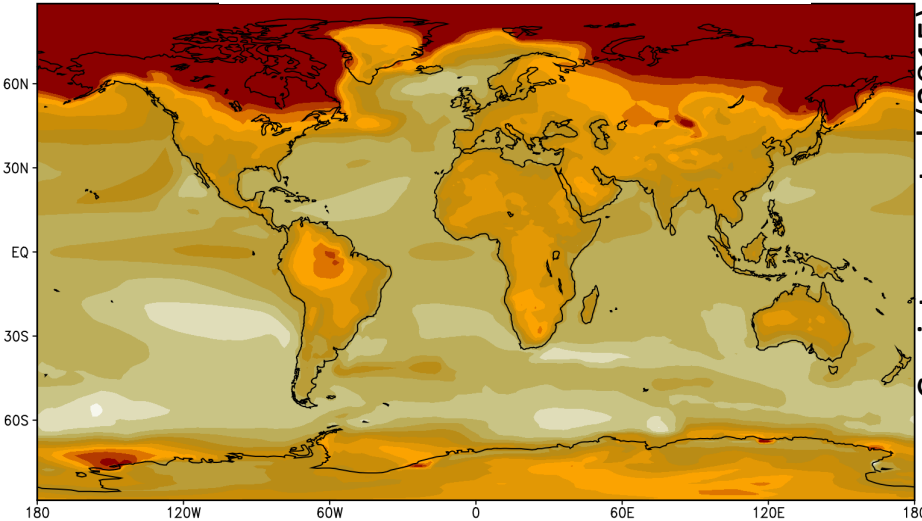
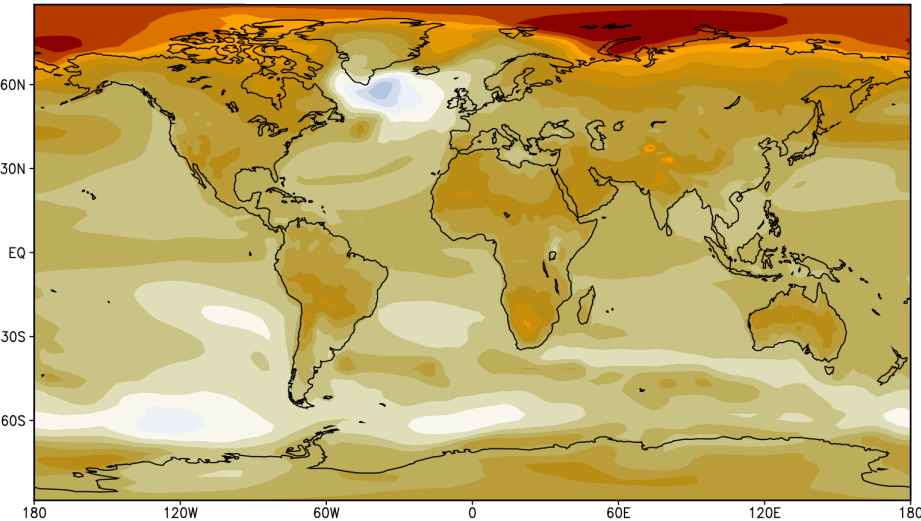
INPE/BESM 2.5

NCAR/CCSM 4



GFDL/CM 2.1

MOHC/HadGEM2-ES



Source: Capistrano et al (2015) in preparation

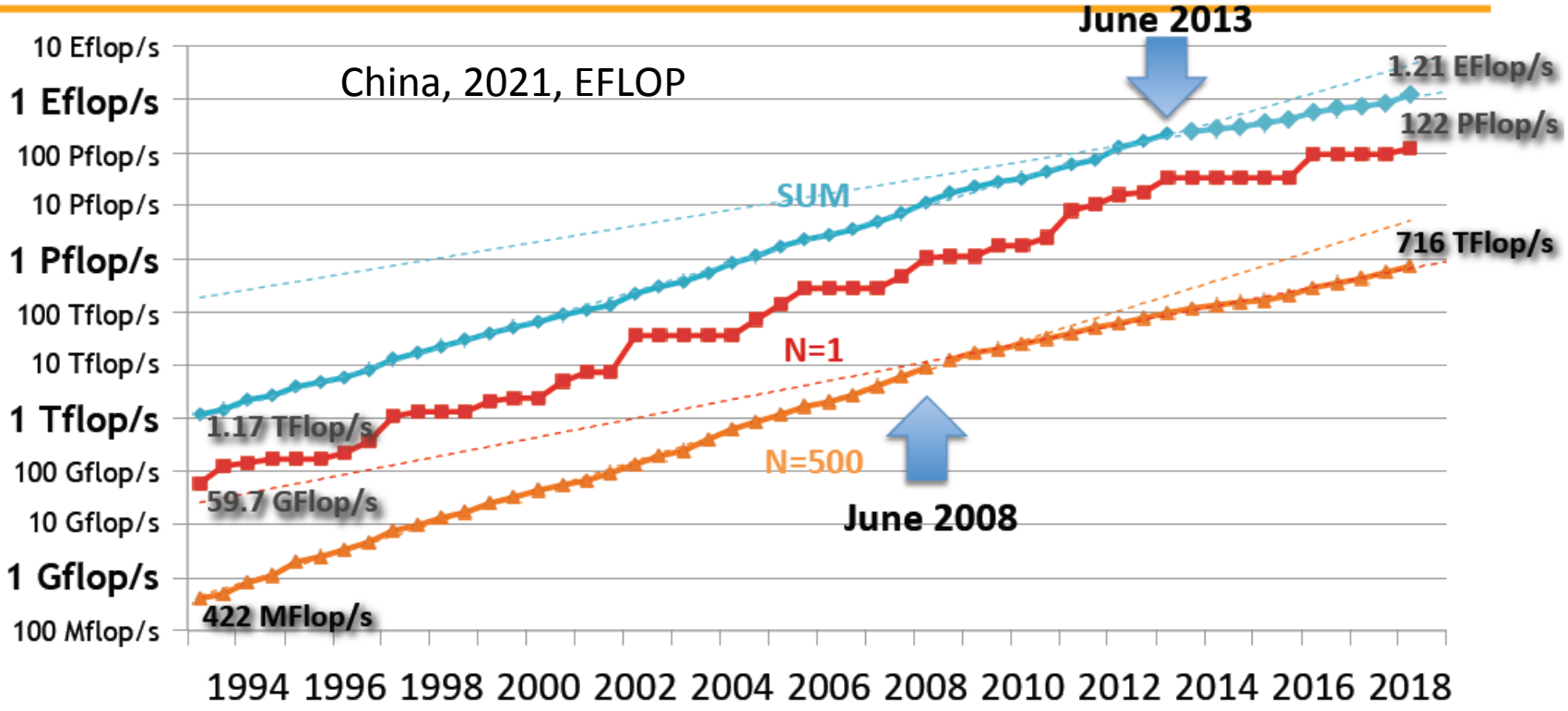
3) SUPERCOMPUTAÇÃO

#	Site	Manufacturer	Computer	Country	Cores	Rmax [Pnops]	Power [MW]
1	Oak Ridge National Laboratory	IBM	Summit IBM Power System, P9 22C 3.07GHz, Mellanox EDR, NVIDIA GV100	USA	2,282,544	122.3	8.8
2	National Supercomputing Center in Wuxi	NRCPC	Sunway TaihuLight NRCPC Sunway SW26010, 260C 1.45GHz	China	10,649,600	93.0	15.4
3	Lawrence Livermore National Laboratory	IBM	Sierra IBM Power System, P9 22C 3.1GHz, Mellanox EDR, NVIDIA GV100	USA	1,572,480	71.6	
4	National University of Defense Technology	NUDT	Tianhe-2A ANUDT TH-IVB-FEP, Xeon 12C 2.2GHz, Matrix-2000	China	4,981,760	61.4	18.5
5	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	Fujitsu	AI Bridging Cloud Infrastructure (ABCI) PRIMERGY CX2550 M4, Xeon Gold 20C 2.4GHz, IB-EDR, NVIDIA V100	Japan	391,680	19.9	1.65
6	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS)	Cray	Piz Daint Cray XC50, Xeon E5 12C 2.6GHz, Aries, NVIDIA Tesla P100	Switzerland	361,760	19.6	2.27
7	Oak Ridge National Laboratory	Cray	Titan Cray XK7, Opteron 16C 2.2GHz, Gemini, NVIDIA K20x	USA	560,640	17.6	8.21
8	Lawrence Livermore National Laboratory	IBM	Sequoia BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.6GHz, Custom	USA	1,572,864	17.2	7.89
9	Los Alamos NL / Sandia NL	Cray	Trinity Cray XC40, Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz, Aries	USA	979,968	14.1	3.84
10	Lawrence Berkeley National Laboratory	Cray	Cori Cray XC40, Intel Xeons Phi 7250 68C 1.4 GHz, Aries	USA	622,336	14.0	3.94

CPTEC.... Atualmente tem um gabinete de CRAY XC50 (Aprox. 4 mil processadores), equivale aprox. 1/70 de Swiss National Supercomputing Centre. (sexto do

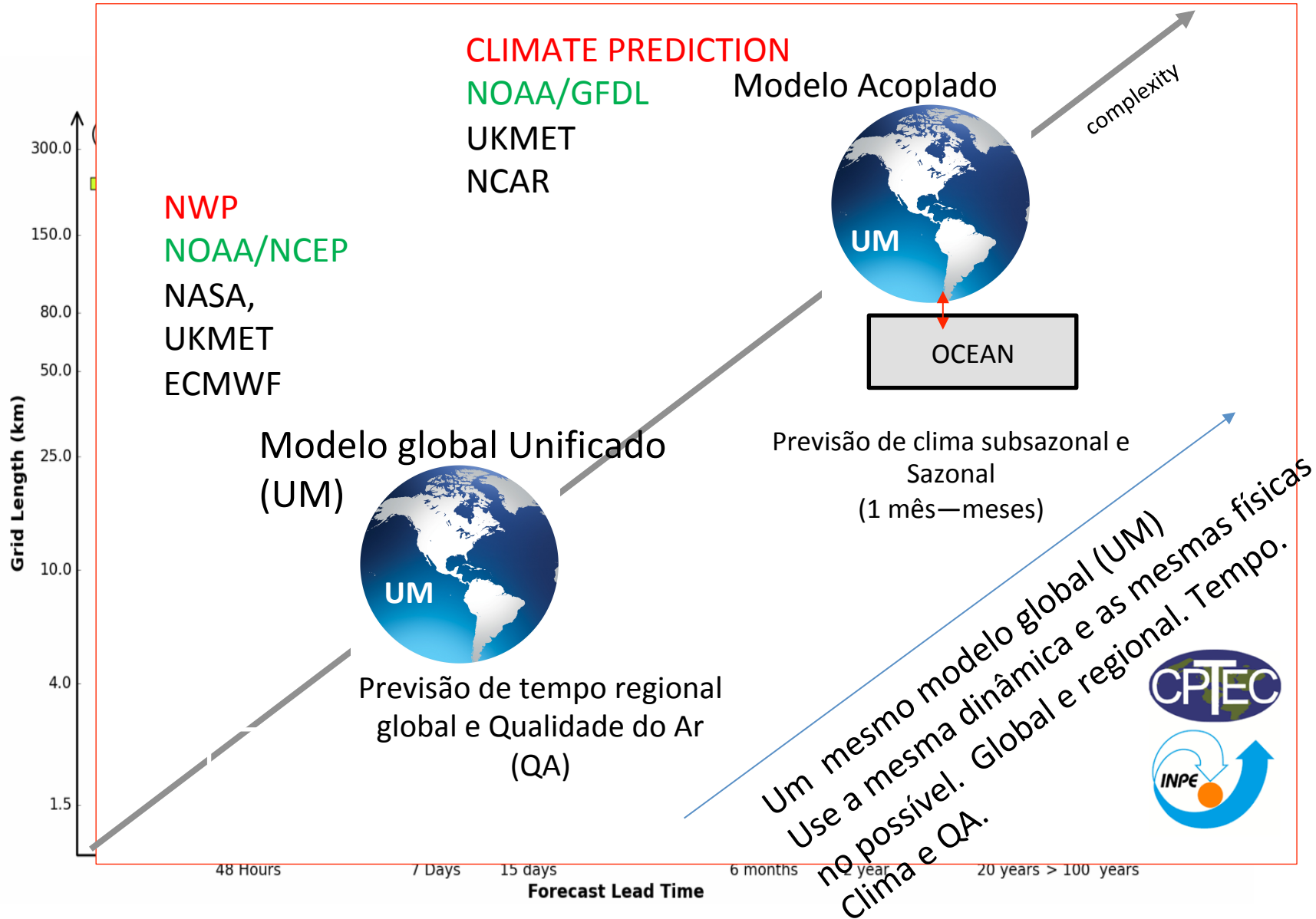
Os supercomputadores quânticos deve revolucionar o futuro da meteorologia.
Google, IBM, já anunciaram alguns protótipos com 20-50 qubit (bit quântico)

PERFORMANCE DEVELOPMENT



CPTEC...aprox. 0.4PF.

4. Futuro da Modelagem no CPTEC



Quando se tiver um UM (unified Global Model), não será mais necessário ter dois modelos: um glonal e um regional.

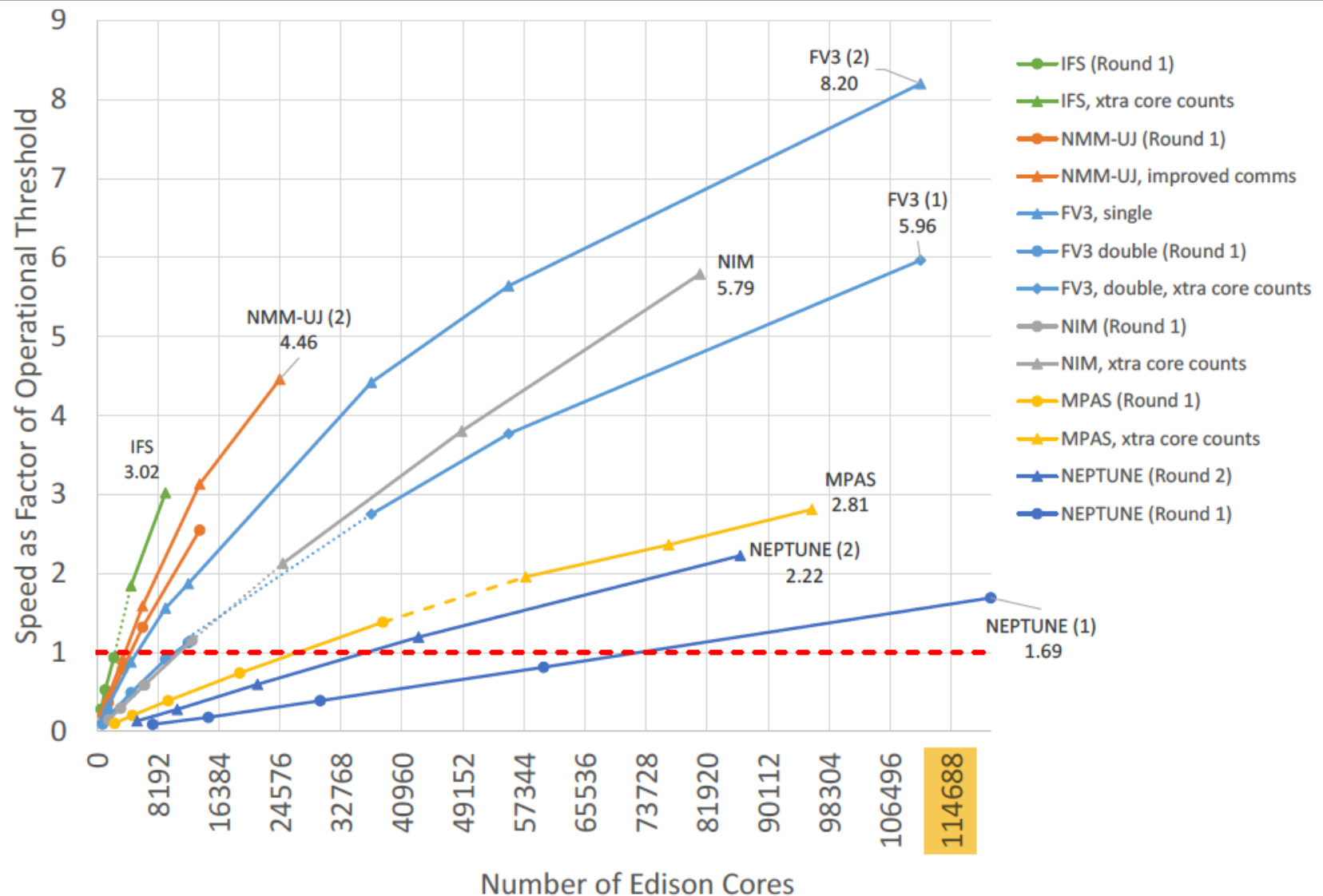
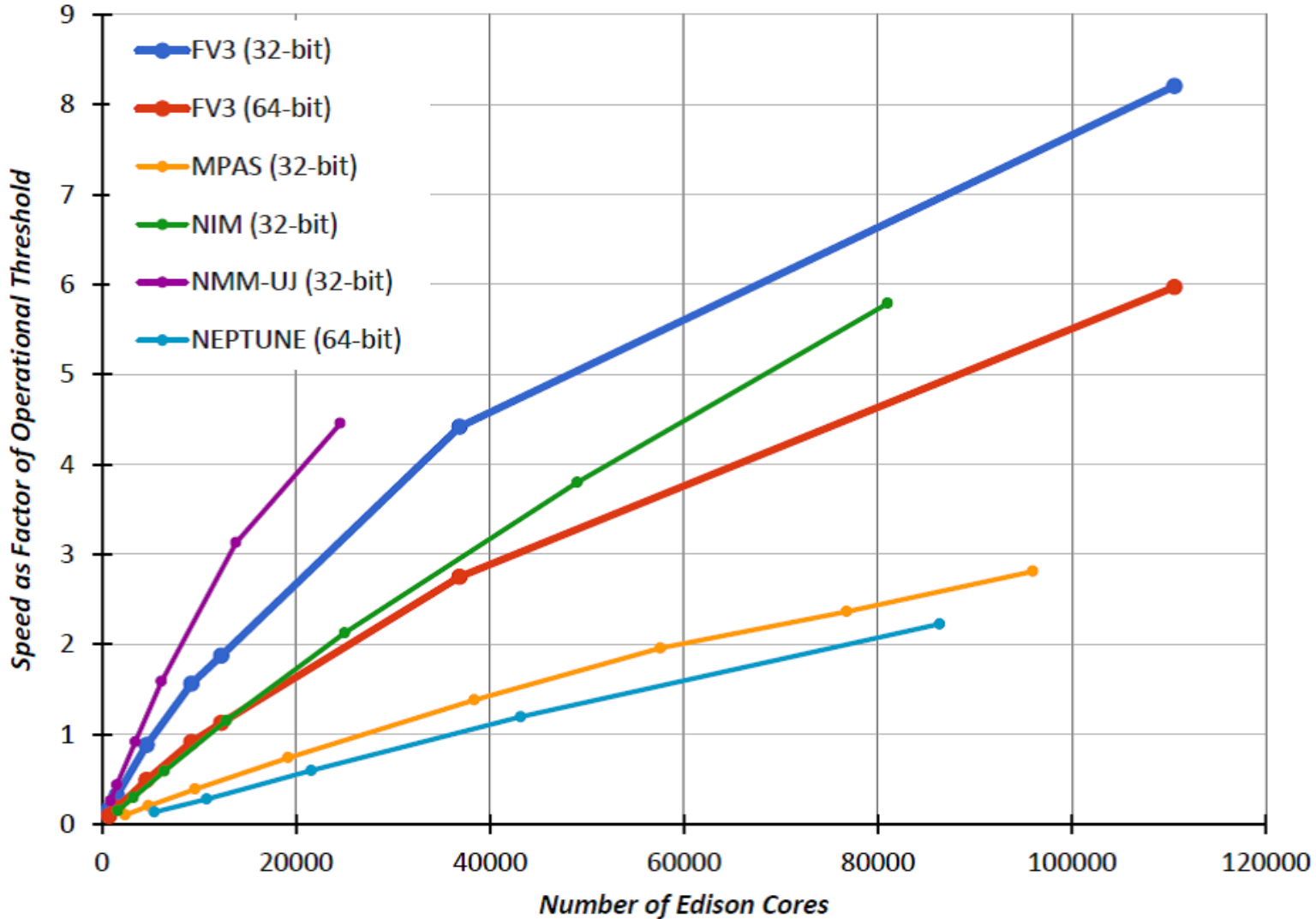


Figure 3: Speed as a function of number of cores, normalized to benchmark operational forecast integration rate of 8.5 min/day, shown as dotted red horizontal line at $y=1.0$. (13 km workload; higher is better metric.)

Performance Relative To Operational Threshold (13km)



For 3-km simulations, the performance is plotted as elapsed time to run a 30-minute simulation. FV3 with single (double) precision takes 265 (554) seconds when using 6411 processor cores, while scaling from 6144 to 110592 processor cores with 78 (88) percent efficiency.

Conclusão

Assim como os grandes centros mundiais de meteorologia estão indo para um sistema unificado de modelagem, o CPTEC dentro de 3-5 anos deve construir seu Modelo Unificado (UM).

Precisaremos, profissionais de computação para:

- 1) desenvolvimento das diferentes partes do futuro UM
- 2) otimização dos códigos
- 3) paralelização dos programas
- 4) preparar o código para diferentes arquiteturas de computadores
- 5) ajudar em melhorar as previsões de tempo e clima usando machine learning e processos estocásticos
- 6) A longo prazo estar preparado para programar em supercomputadores quânticas.

https://www.youtube.com/watch?time_continue=81&v=-lXc57WDga0. video sobre HPC no NCAR.