

---

# High Performance Computing: Impact on Society (SC 2015)

#HPCmatters

Bruno Ferrero, Marcelo Galdino e Willy Reis

---

---

# Introdução

---

---

# O que é HPC?

- HPC é o uso de supercomputadores e técnicas de processamento paralelo (incluindo clusters) para resolução de problemas computacionais complexos (que requerem grandes recursos de computação).
  - A tecnologia de HPC foca no desenvolvimento de algoritmos e sistemas paralelos incorporando técnicas de administração de sistemas e computação paralela.
  - Geralmente classificam-se como sistemas HPC aqueles cuja performance é de pelo menos  $10^{12}$  operações de ponto flutuante por segundo (FLOPS).
-

---

# FLOPS

- **F**loating-point **O**perations **P**er **S**econd
  - É considerado HPC um sistema que execute mais de  $10^{12}$  FLOPS.
  - Hoje em dia
-

---

# 1º supercomputador?

## ASCI Red

Site:	Sandia National Laboratories
System URL:	<a href="http://www.sandia.gov/ASCI/Red/">http://www.sandia.gov/ASCI/Red/</a>
Manufacturer:	Intel
Cores:	7,264
Memory:	
Processor:	Pentium Pro 200MHz
Interconnect:	Proprietary
Performace	
Linpack Performance (Rmax)	1.068 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	1.453 TFlop/s
Nmax	215,000
Nhalf	53,400
Power Consumption	
Power:	
Software	
Operating System:	Paragon OS

### RANKING

List	Rank	System	Vendor	Total Cores	Rmax (GFlops)	Rpeak (GFlops)	Power (kW)
06/1997	1	ASCI Red	Intel	7,264	1,068.00	1,453.00	

---

---

# Top500 - Junho de 2017

Rank	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	<b>Sunway TaihuLight</b> - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway , NRCPC National Supercomputing Center in Wuxi China	10,649,600	93,014.6	125,435.9	15,371
2	<b>Tianhe-2 (MilkyWay-2)</b> - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P , NUDT National Super Computer Center in Guangzhou China	3,120,000	33,862.7	54,902.4	17,808
3	<b>Piz Daint</b> - Cray XC50, Xeon E5-2690v3 12C 2.6GHz, Aries interconnect , NVIDIA Tesla P100 , Cray Inc. Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	361,760	19,590.0	25,326.3	2,272
4	<b>Titan</b> - Cray XK7, Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x , Cray Inc. DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	560,640	17,590.0	27,112.5	8,209
5	<b>Sequoia</b> - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom , IBM DOE/NNSA/LLNL United States	1,572,864	17,173.2	20,132.7	7,890

---

---

# Top500 - Junho de 2017

Rank	System		Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
495	Software Company (M) United States	Cluster Platform DL360, Xeon E5-2673v3 12C 2.4GHz, 10G Ethernet HPE	16,512	433.8	634.1	550
496	Software Company (M) United States	Cluster Platform DL360, Xeon E5-2673v3 12C 2.4GHz, 10G Ethernet HPE	16,512	433.8	634.1	550
497	Sandia National Laboratories / National Renewable Energy Laboratory United States	<b>Red Sky</b> - Sun Blade x6275, Xeon X55xx 2.93 Ghz, Infiniband Oracle	42,440	433.5	497.4	4,344
498	Electricity Company China	Sugon TC6000, Intel Xeon E5-2640v2 8C 2GHz, 10G Ethernet Sugon	43,200	433.3	691.2	530
499	Internet Company China	Sugon TC6000, Intel Xeon E5-2609V2 4C 2.5GHz, Gigabit Ethernet Sugon	110,000	432.2	2,200.0	1,200
500	Bull France	<b>Manny</b> - bullx DLC 720, Xeon E5-2690v3 12C 2.6GHz, Infiniband FDR Bull, Atos Group	12,960	430.5	539.1	205

---

# Top500 - Junho de 2017 - Brasil

## Santos Dumont GPU - Bullx B710, Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz, Infiniband FDR, Nvidia K40

Site:	Laboratório Nacional de Computação Científica
Manufacturer:	Bull
Cores:	10,692
Memory:	12,672 GB
Processor:	Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz
Interconnect:	Infiniband FDR
Performance	
Linpack Performance (Rmax)	456.8 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	657.518 TFlop/s
Nmax	1,160,192
Power Consumption	
Power:	371.25 kW (Derived)
Software	
Operating System:	bullx SCS

### RANKING

List	Rank	System	Vendor	Total Cores	Rmax (TFlops)	Rpeak (TFlops)	Power (kW)
06/2017	471	Bullx B710, Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz, Infiniband FDR, Nvidia K40	Bull	10,692	456.8	657.5	371.25
11/2016	364	Bullx B710, Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz, Infiniband FDR, Nvidia K40	Bull	10,692	456.8	657.5	371.25
06/2016	265	Bullx B710, Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz, Infiniband FDR, Nvidia K40	Bull	10,692	456.8	657.5	371.25
11/2015	200	Bullx B710, Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz, Infiniband FDR, Nvidia K40	Bull	10,692	456.8	657.5	371.25
06/2015	146	Bullx B710, Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz,	Bull	10,692	456.8	657.5	371.25

## Cluster Platform DL360, Xeon E5-2673v3 12C 2.4GHz, 10G Ethernet

Site:	Cloud Provider
Manufacturer:	HPE
Cores:	17,136
Memory:	
Processor:	Xeon E5-2673v3 12C 2.4GHz
Interconnect:	10G Ethernet
Performance	
Linpack Performance (Rmax)	450.223 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	658.022 TFlop/s
Power Consumption	
Power:	571.20 kW (Derived)
Software	
Operating System:	Linux

### RANKING

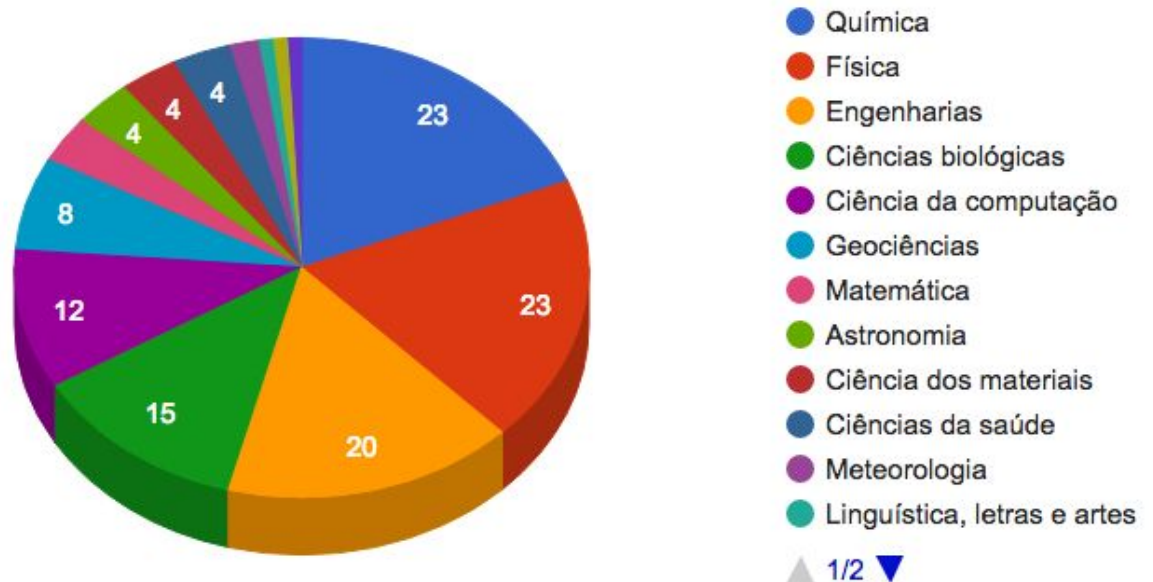
List	Rank	System	Vendor	Total Cores	Rmax (TFlops)	Rpeak (TFlops)	Power (kW)
06/2017	480	Cluster Platform DL360, Xeon E5-2673v3 12C 2.4GHz, 10G Ethernet	HPE	17,136	450.2	658.0	571.20



---

# Top500 - Santos Dumont (LNCC/RJ)

Área do conhecimento



---

# Overview HPC

- HPC evoluiu devido ao aumento da demanda por velocidade de processamento.
  - HPC reúne várias tecnologias como arquitetura de computadores, algoritmos, programas e eletrônicos, e sistemas de softwares para resolver problemas de forma efetiva e rápida.
-

---

# E quem incentiva HPC? Por quê?

- Segmento dos Top500:
    - Indústria (251)
      - Serviços de internet, Processamento de Dados, Manufatura, Energia, Automotivo, Petroleira, entre outros.
    - Pesquisa (106)
      - Estudos meteorológicos e ambientais, Laboratório, NASA.
    - Academia (95)
      - Universidades, Institutos de Pesquisa
    - Governo (38)
      - Estados Unidos e China.
    - Vendor (7)
    - Classified (3)
      - Governo
-

---

# SC Conference

- Também conhecida com Supercomputer Conference.
  - Cujo nome oficial é **International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis.**
  - Realizada anualmente desde 1988.
  - Patrocinada pela Association for Computing Machinery (ACM) and the IEEE Computer Society.
-

---

# SC Conference

- A partir de 2013, os organizadores da conferência SC lançaram o "HPC Matters" para encorajar os membros da comunidade de ciências computacionais a compartilhar suas ideias, visões e experiências a respeito da forma como os computadores de alto desempenho são usados para melhorar a vida das pessoas em todo o mundo.
  - Em 2015 a palestra de abertura foi realizada por Diane Bryant, na época vice presidente sênior e gerente geral do **Intel's Data Center Group**, hoje presidente do grupo.
-

---

# HPC Transforms

- Lei de Moore
- Machine Learning
  - Machine learning transforma HPC
  - Segundo cientista chefe da Baidu, HPC pode ser o futuro da IA
- Comunidades

***"This really enables a third way of doing science."***

---

---

# HPC Matters

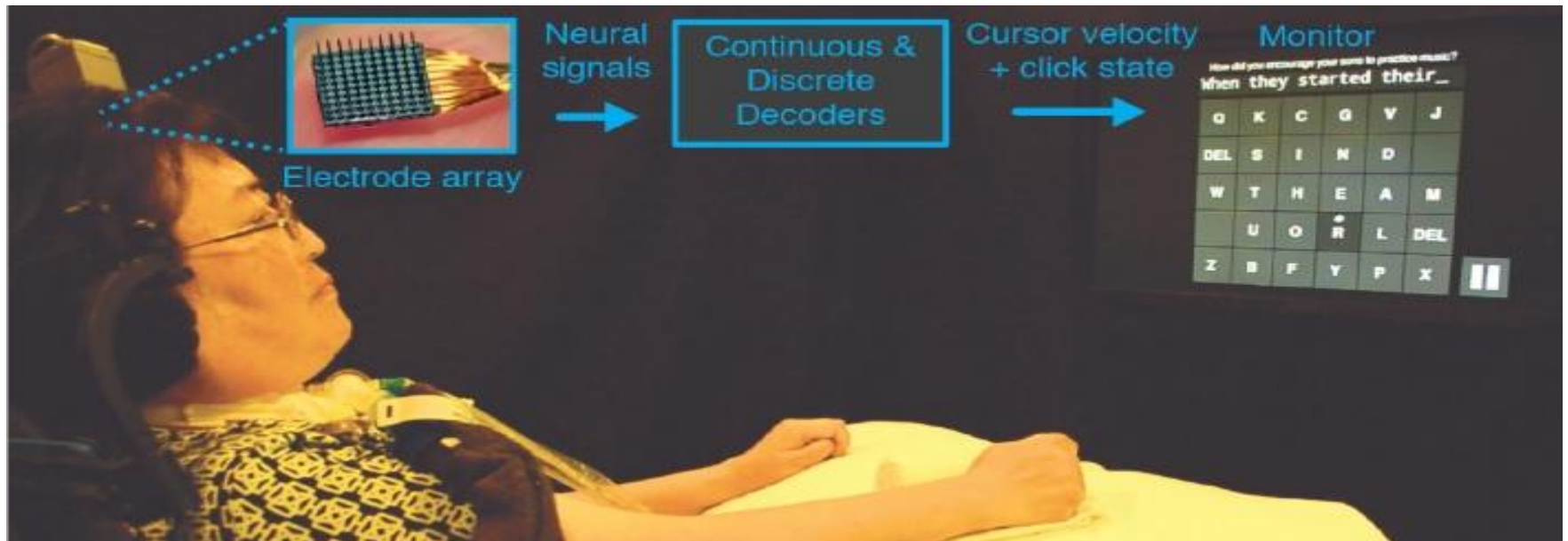
"...much more complex problems  
can be tackled in a useful way"

---

---

# HPC na Medicina

Configuração experimental e taxas de digitação durante sessões de perguntas e respostas de ritmo livre.

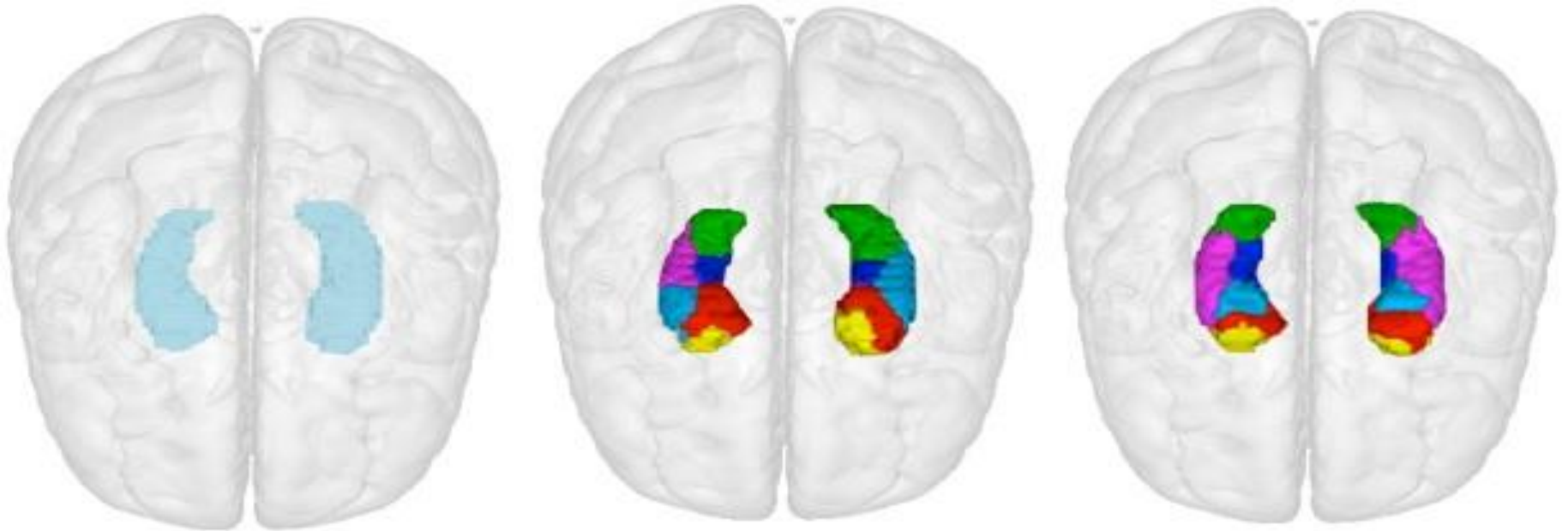


A comunicação é um aspecto importante da vida cotidiana, alcançada através de diversos métodos, tais como Conversando, escrevendo e usando interfaces de computador que cada vez mais fornecem um meio importante para Interagir com outras pessoas através de canais como e-mail e mensagens de texto.



---

# HPC na Medicina

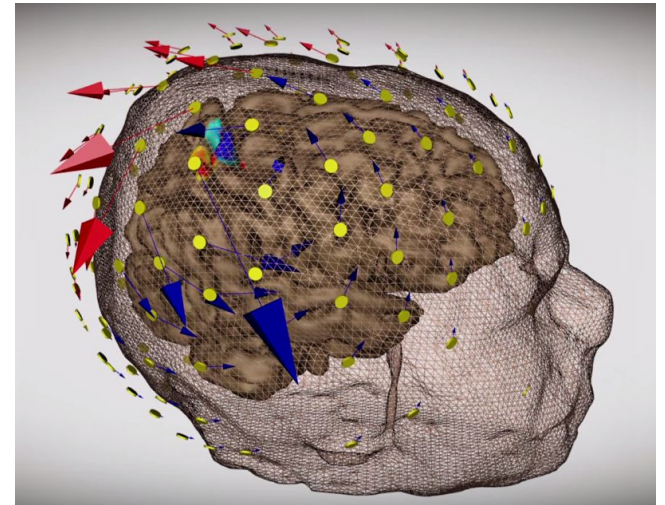
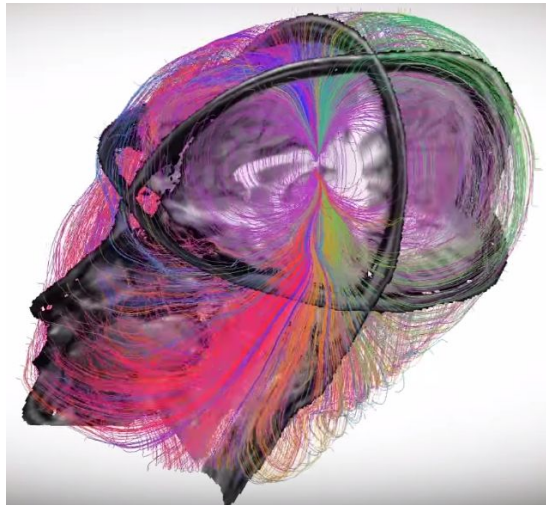


Ao combinar dados sobre conectividade cerebral e comportamento humano, os pesquisadores descobriram que a região é um mosaico de elementos distintos, com cada um executando um trabalho diferente.

---

# Tratamento de epilepsia

- Para 15% das crianças com epilepsia não basta o uso de remédio, é necessário procedimento cirúrgico.
- Então utilizando HPC o cérebro dessas crianças é modelado com detalhe e é possível saber onde agir.



---

# Mal de Parkinson

- Modelagem do cérebro
  - Utilizando high performance visualization, é possível definir que área aplicar uma corrente elétrica e em qual voltagem, para que hajam melhores resultados em um tratamento.
  - Ao invés de ter um modelo genérico de tratamento, é possível criar tratamentos personalizados.
-

---

# Paypal

- Segurança (Para combater a ameaça, o PayPal implantou um cluster HPC para ajudar a detectar cobranças fraudulentas. )
  - Processamento de Megabytes ou Gigabytes de dados em menos de um segundo. ( 13 milhões de transações financeiras a cada dia.)
  - Alavancando tecnologias, a detecção que anteriormente demorou duas semanas agora acontece em tempo real, enquanto a análise de fraude preditiva oferece visibilidade de ameaças emergentes.
-

---

# MH370

- Simulação de cinco cenários da colisão da nave MH370 com a água do mar, fim de entender como aconteceu a colisão da aeronave, uma vez que não foram encontrados detritos.
  - Foram testados vários ângulos de impacto e isso só se tornou viável graças ao uso de HPC.
  - Segundo os experimentos, explicação mais plausível é a entrada de água verticalmente, pois diminui a chance de quebra da aeronave.
-

---

# Bateria

- Utilização de HPC para testar combinações de elementos através do Electrolyte Genome project.
  - Eles conseguem identificar compostos com potencial de uso e que são sintetizados em laboratório para validação.
  - Um exemplo é da cientista que quando era estudante precisou de um ano para produzir um composto, enquanto que com HPC conseguem milhares de materiais por semana.
-

---

# Modelos climáticos

- Melhor entender efeitos individuais da mudança de energia expelida pelo sol, quantidade de material vulcânico na atmosfera, mudança na camada de ozônio devido a atividades humanas. Oceanos, nuvens, ...

***"...these are things that couldn't have been done without the high-performance computing capability..."***

---

---

# Previsão de tempestades

- Uma vez que se tenha muitos dados, quanto mais potente o computador, mais coisas é possível calcular e portanto temos melhores previsões.
  - Quanto mais rápido o computador, mais rápido é para assimilar e dissipar informação.
  - Exemplo: o quanto antes for possível dar informação de uma catástrofe, melhor pode ser a tomada de ação das pessoas envolvidas.
-



---

# Entretenimento

- Tempo gasto para renderização
- Mais detalhes: cabelo, neve, água, luz, roupas.

# Bens de consumo

- Uso de modelagem e simulação para saber como é o comportamento de fluídos e como eles se comportam em embalagens.
-

---

# HPC e o aquecimento global

---

---

# HPC e o Aquecimento Global

- É um problema de simulação;
- Criar um "mundo/clima" dentro de um computador;
- Clima: componentes que interagem (trocam energia) entre si: atmosfera, oceano, criosfera, biosfera, litosfera...
- O que é um modelo climático?

*uma representação matemática dessas componentes e suas interações;*

---

# HPC e o Aquecimento Global

➡ Modelo físico do clima

└➡ modelo matemático

└➡ simulação;

- Sistema de Eq. de Navier-Stokes\* (sistema sem solução analítica);
  - É um problema de \$1'000'000.00!!
- Solução numérica: contínuo -> discreto;

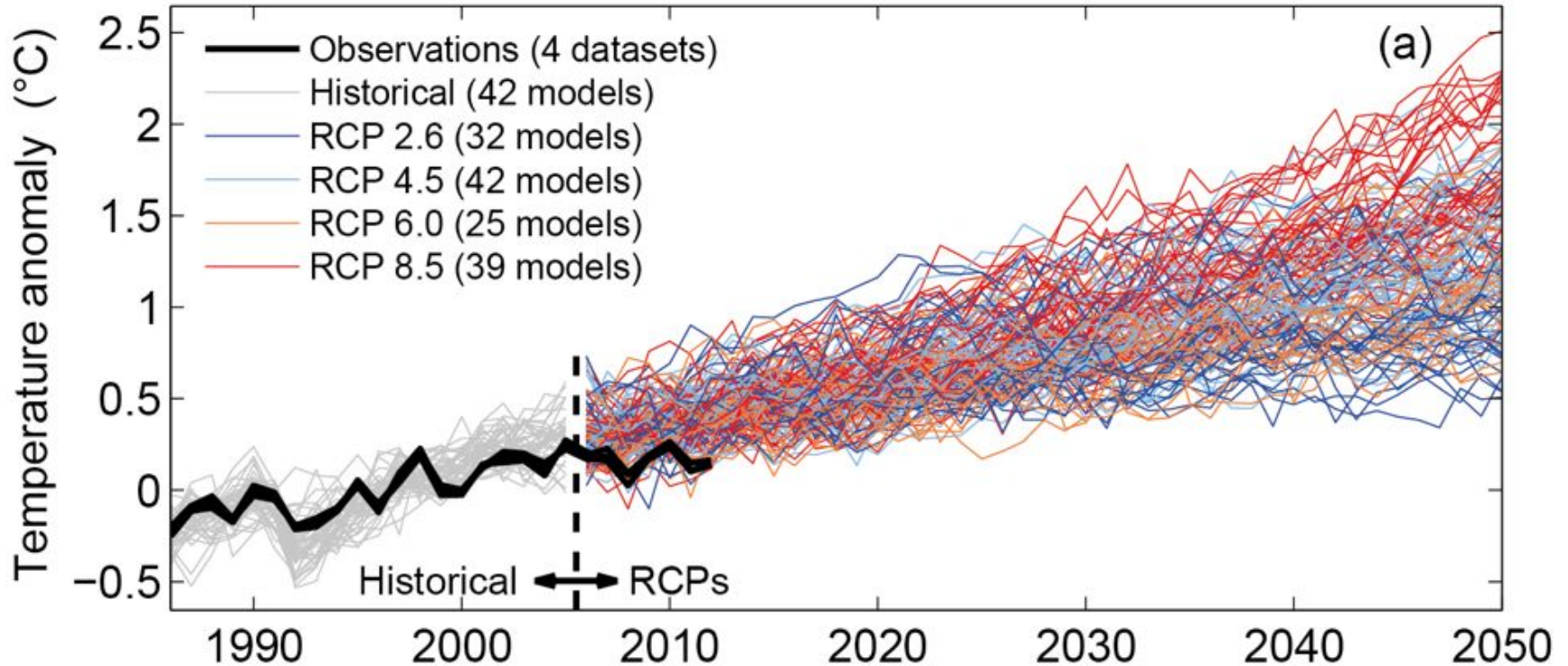
\*

<http://www.claymath.org/millennium-problems/navier-stokes-equation>

---

# HPC e o Aquecimento Global

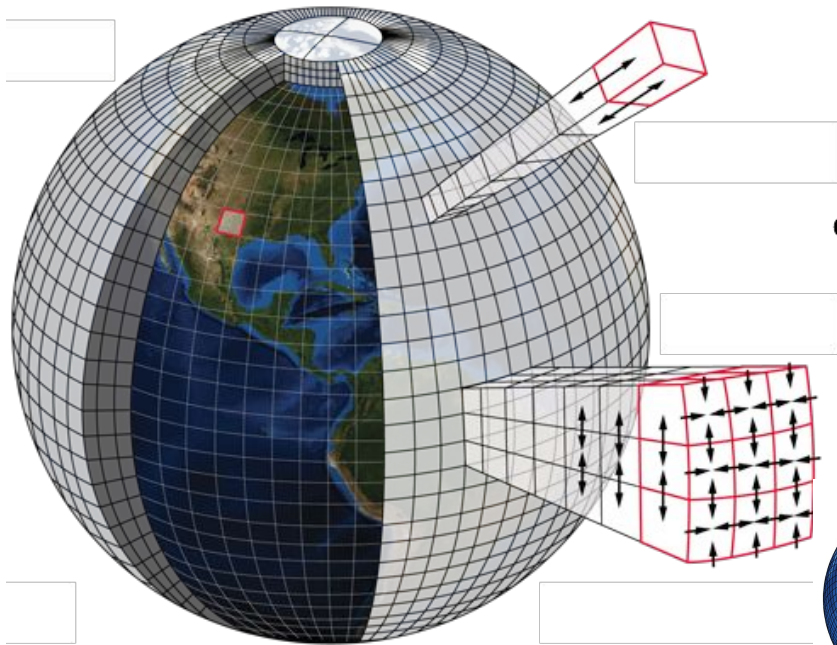
Global mean temperature near-term projections relative to 1986–2005



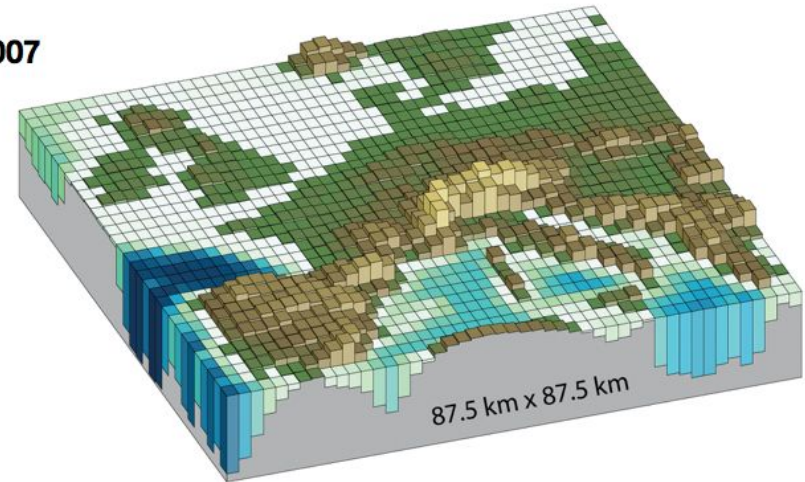
# HPC e o Aquecimento Global

## Resolução: do contínuo para o discreto

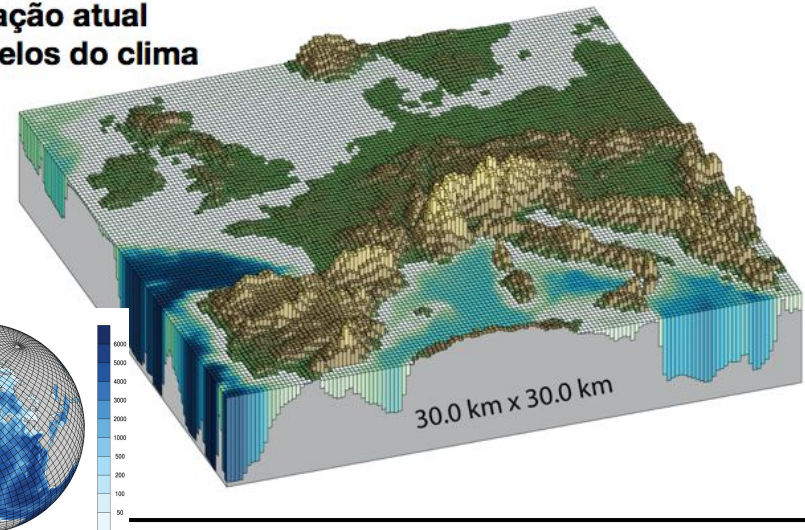
- **Espacial:** o quão grande será a **célula** de grade do modelo;
- **Temporal:** qual é o **passo de tempo** no modelo;



IPCC 2007

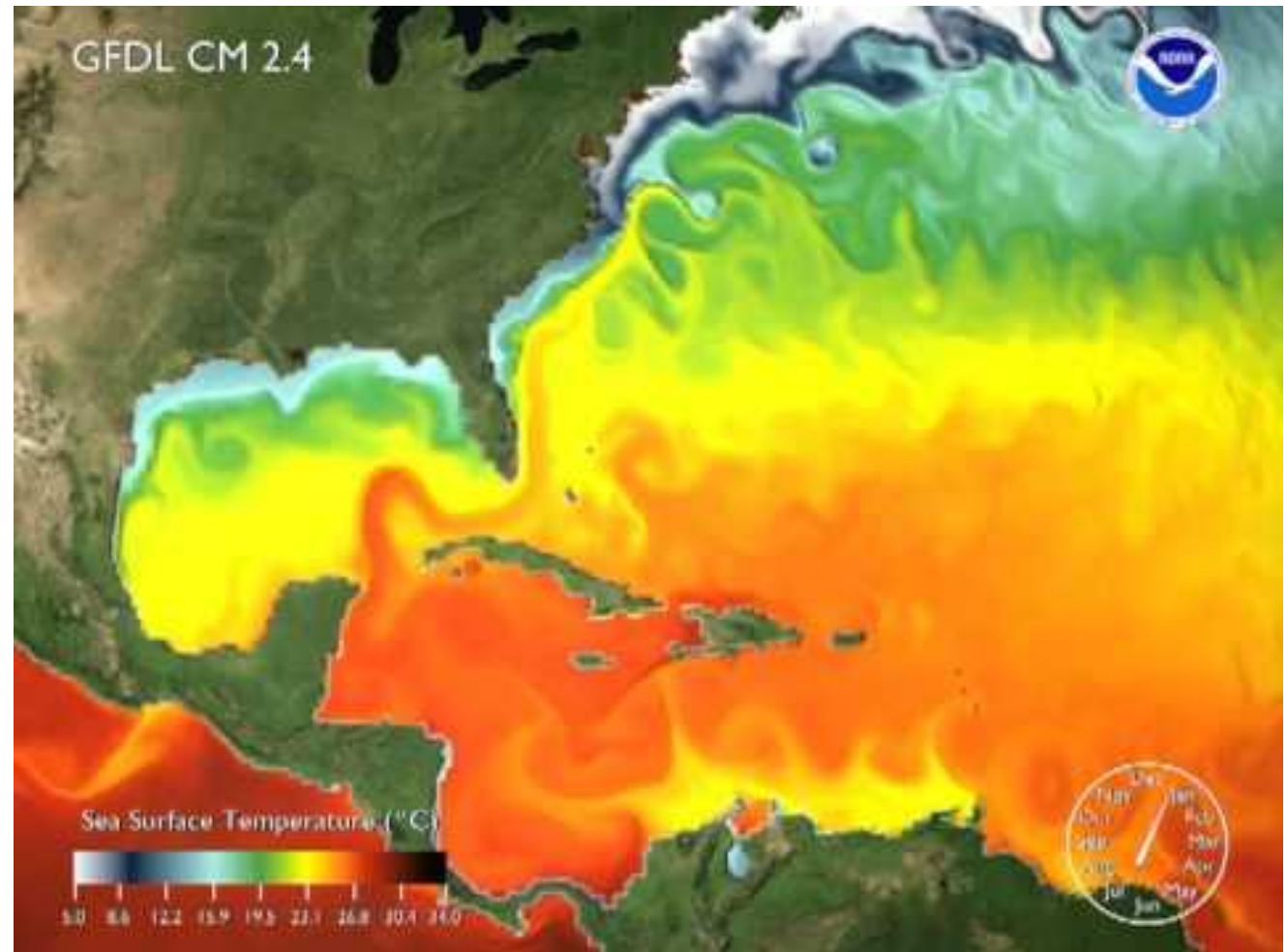


Geração atual  
de modelos do clima





# HPC e o Aquecimento Global



---

# HPC e o Aquecimento Global

## O "tamanho" do problema:

- 360° longitude x 180° latitude (1° em latitudes médias ~110km);
- Resolução vertical: **50** camadas (troposfera ~ 15 km de espessura)
  - ◆ 300 metros por camada (grosseiro);
- Tamanho de célula de 55 km: => **720 x 360**;
- *Timestep* para um modelo de clima deve ser pelo menos 30 minutos:  
100 anos de simulação => ~ **1'753'152** (meia hora)

$$720 \times 360 \times 50 \times 1753152 = \mathbf{22.720.849.920.000}$$

Para simular uma única variável do problema

---



# HPC e o Aquecimento Global

## Cheyenne

Planned production, January 2017 – 2021

- **Scientific Computation Nodes**

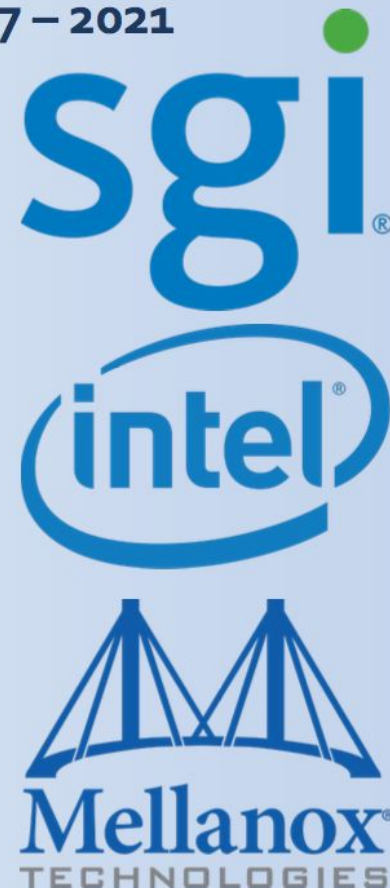
- SGI ICE XA cluster
- 4,032 dual-socket nodes
- 18-core, 2.3-GHz Intel Xeon E5-2697v4 processors
- 145,152 “Broadwell” cores total
- 5.34 PFLOPs peak – 1.325 TFLOPs per node!
- 313 TB total memory (3,164 64-GB and 864 128-GB nodes)
- >2.45 Yellowstone equivalents

- **High-Performance Interconnect**

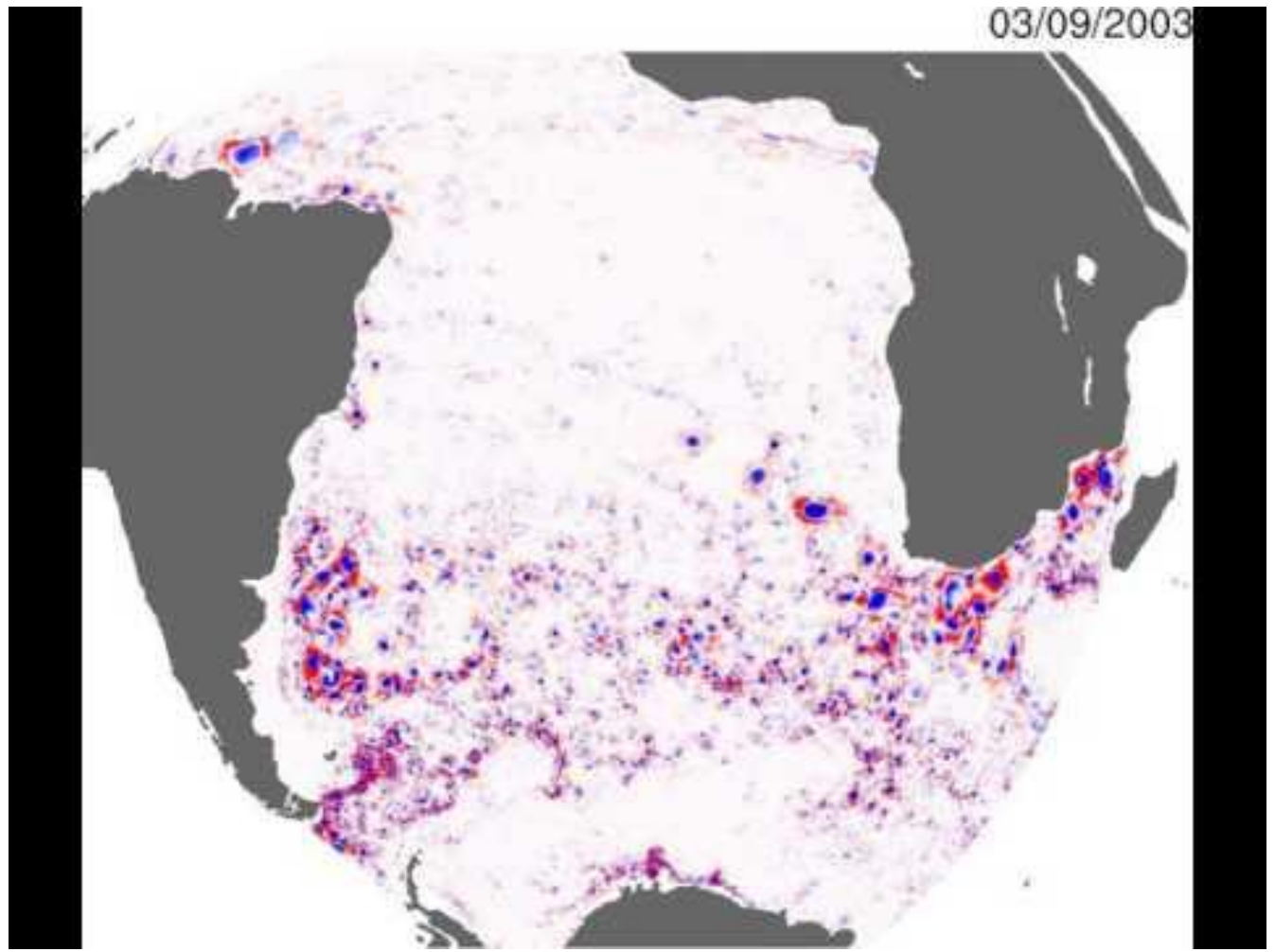
- Mellanox EDR InfiniBand
- 9-D enhanced hypercube topology
- 100-Gbps link bandwidth — 0.5  $\mu$ s latency
- 36 TB/s bisection bandwidth
- 224 36-port switches, no director switches

- **Compilers, Libraries, Debugger & Performance Tools**

- Intel Parallel Studio XE Cluster
  - Fortran, C++, performance & MPI libraries, trace collector & analyzer
- Intel VTune Amplifier XE performance optimizer
- PGI CDK (Fortran, C, C++, pgdbg debugger, pgprof)
- Allinea Forge and Performance Reports
- SGI Message Passing Toolkit (MPT)

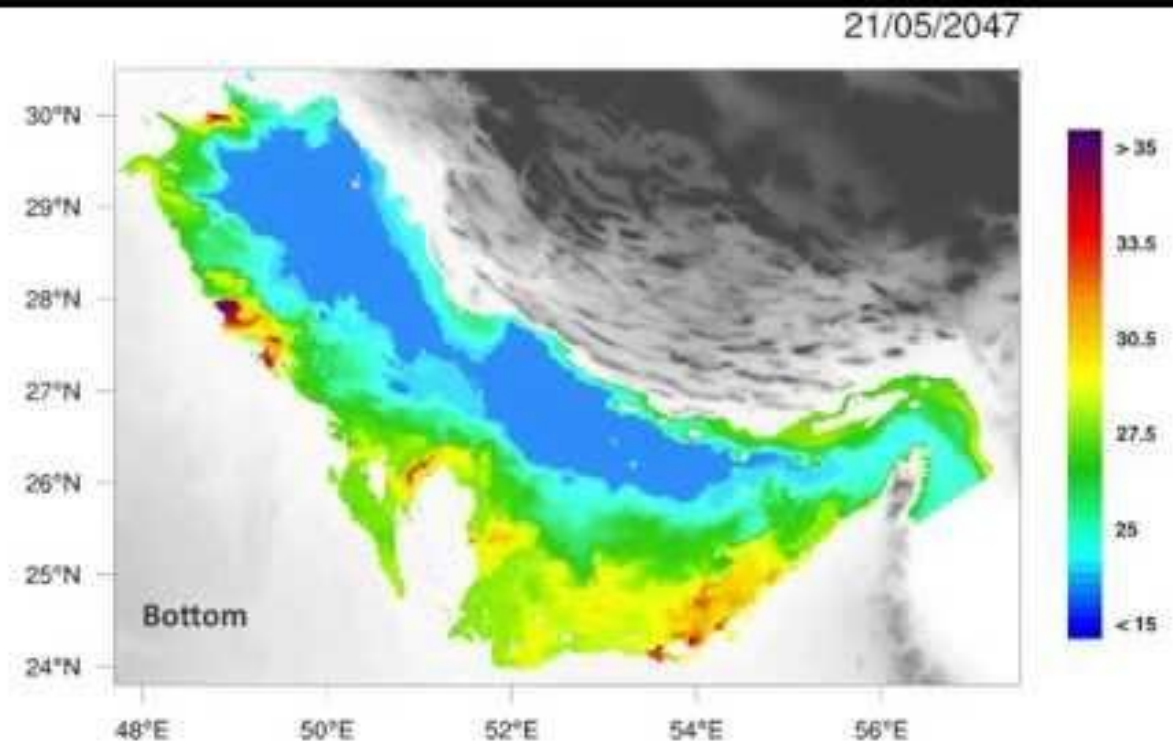


# HPC e o Aquecimento Global



Vórtices e mudanças climáticas:  
Petrobras

# HPC e o Aquecimento Global



---

# HPC no futuro

---

---

# HPC no futuro

- ACM SIGHPC / INTEL - Computational & Data Science Fellowship (para mulheres e minorias)
  - \$300.000 por ano durante 5 anos
  - Uma forma para levar HPC para várias áreas, com pessoas com diversas realidades..
- Exascale HPC (**Challenge** to the future)
  - Capacidade de simulação preditiva
- O grande desafio atualmente é a questão energética.

*"... and as the performance increases, the range of problems that could be addressed continuous to grow."*

---

---

**Dúvidas? Sugestões?**

**Obrigado!**

---

---

# Referências

O que é HPC?

- <https://www.techopedia.com/definition/4595/high-performance-computing-hpc>
- <http://searchenterprise-linux.techtarget.com/definition/high-performance-computing>
- [https://pt.wikipedia.org/wiki/Computa%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_alto\\_desempenho](https://pt.wikipedia.org/wiki/Computa%C3%A7%C3%A3o_de_alto_desempenho)

HPC Matters

- <http://sc15.supercomputing.org/media/video-gallery.html>
-

---

# Referências

## SC Conference

- <http://www.supercomp.org/about.php>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/ACM/IEEE\\_Supercomputing\\_Conference](https://en.wikipedia.org/wiki/ACM/IEEE_Supercomputing_Conference)

## TOP500

- <https://www.top500.org/>
-