

# Ciência de Dados e Alto Desempenho

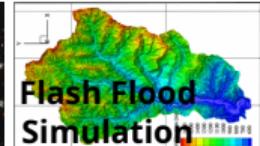
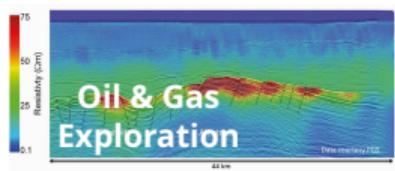
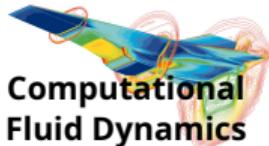
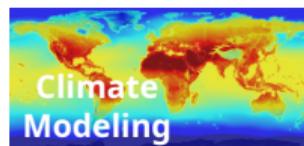
Lucas Mello Schnorr  
Instituto de Informática, UFRGS

– Café com Pesquisa do PPGC –  
PPGC/UFRGS, Porto Alegre, Brasil  
25 de janeiro de 2024, 13h



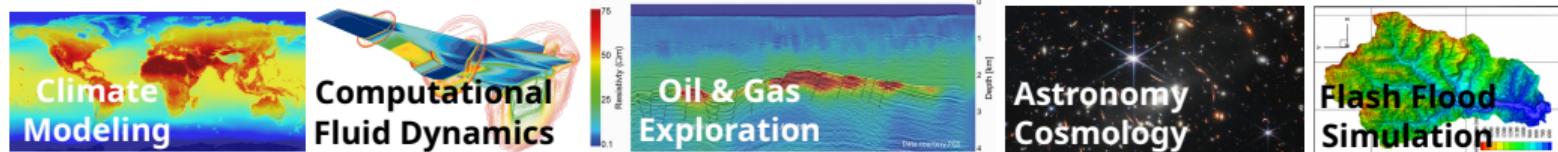
# O maior supercomputador do mundo (Top500 11/2023)

Processamento de Alto Desempenho (PAD) – *High-Performance Computing* (HPC)  
Área da computação que emprega computadores para resolver problemas grandes



# O maior supercomputador do mundo (Top500 11/2023)

Processamento de Alto Desempenho (PAD) – *High-Performance Computing* (HPC)  
Área da computação que emprega computadores para resolver problemas grandes



Supercomputador *Frontier*  
(Oak Ridge National Laboratory, USA)

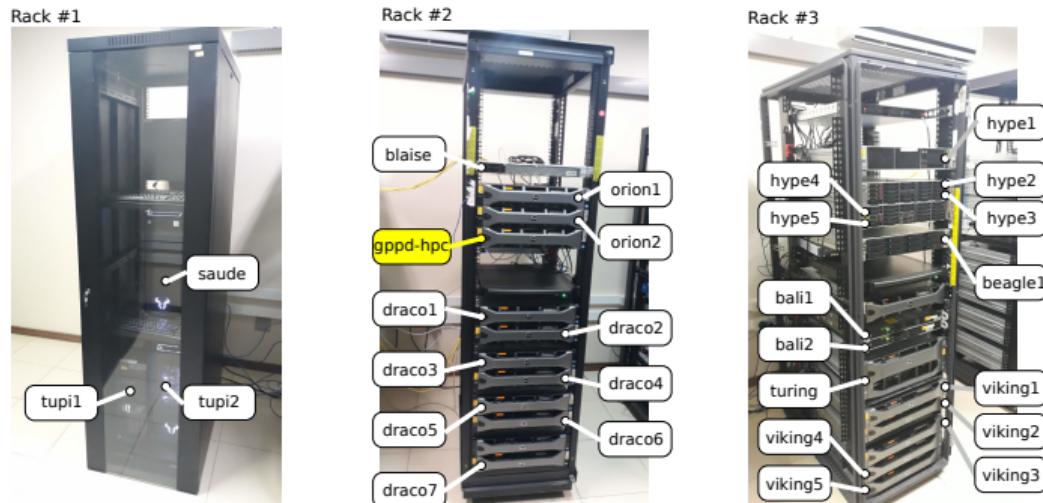
- 1.194 exaFLOPS (operações PF por segundo)
  - 9472 AMD Epyc 7A53s "Trento" 64 core 2 GHz CPUs
  - 37,888 Radeon Instinct MI250X GPUs
- 74 racks, cada um com 64 *blades*, cada blade com 2 nós
  - 1 nó: 1 CPU (4TB), 4 GPUs (cada 128GB)



# Parque Computacional de Alto Desempenho (PCAD) @ INF

Site: <https://gppd-hpc.inf.ufrgs.br/>

Possui aproximadamente 40 nós: 1000+ núcleos de CPU e 100.000+ de GPU



Temos um Grupo de Trabalho (GT) → DevOps da plataforma

- [gt-cluster-l@inf.ufrgs.br](mailto:gt-cluster-l@inf.ufrgs.br) (para mais informações)

# Inúmeros desafios para empregar eficientemente estas máquinas



## (1) Pensamento computacional paralelo

<https://doi.org/10.5753/sbc.13058.5> (Cap. 3)

- INF01008 (Prog. Distr. e Par.) e PPGC/CMP270 (Intr. HPC)

# Inúmeros desafios para empregar eficientemente estas máquinas



## (1) Pensamento computacional paralelo

<https://doi.org/10.5753/sbc.13058.5> (Cap. 3)

- INF01008 (Prog. Distr. e Par.) e PPGC/CMP270 (Intr. HPC)

## (2) Escolha do modelo de programação paralela

- Tradicional: MPI/OpenMP/CUDA
- Modelos abstratos baseado em grafo de tarefas

# Inúmeros desafios para empregar eficientemente estas máquinas



## (1) Pensamento computacional paralelo

<https://doi.org/10.5753/sbc.13058.5> (Cap. 3)

- INF01008 (Prog. Distr. e Par.) e PPGC/CMP270 (Intr. HPC)

## (2) Escolha do modelo de programação paralela

- Tradicional: MPI/OpenMP/CUDA
- Modelos abstratos baseado em grafo de tarefas

## (3) Balanceamento de carga computacional

- Dividir corretamente a carga de trabalho

Reflexão importante quando em produção

Uso eficiente? Poderia ser melhor?

# Inúmeros desafios para empregar eficientemente estas máquinas



## (1) Pensamento computacional paralelo

<https://doi.org/10.5753/sbc.13058.5> (Cap. 3)

- INF01008 (Prog. Distr. e Par.) e PPGC/CMP270 (Intr. HPC)

## (2) Escolha do modelo de programação paralela

- Tradicional: MPI/OpenMP/CUDA
- Modelos abstratos baseado em grafo de tarefas

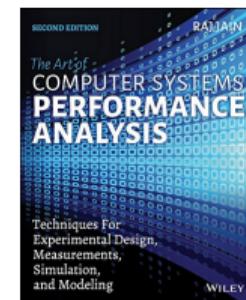
Análise de desempenho

## (3) Balanceamento de carga computacional

- Dividir corretamente a carga de trabalho

Reflexão importante quando em produção

Uso eficiente? Poderia ser melhor?



PPGC/CMP223  
(Comp. Syst. Perf. Analysis)  
4/9

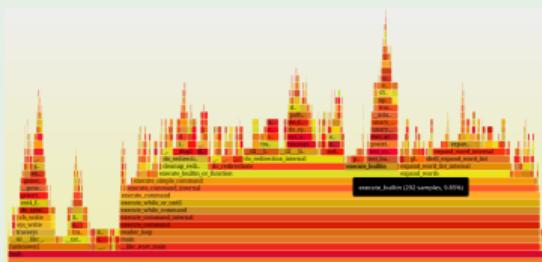
# Observação do comportamento de aplicações paralelas

Existem basicamente duas técnicas

## *Profiling*

Perfilamento periódico

Visão geral com baixo custo



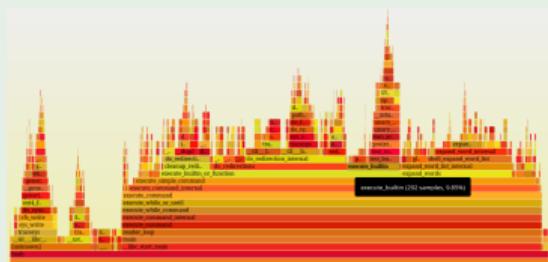
# Observação do comportamento de aplicações paralelas

Existem basicamente duas técnicas

## Profiling

Perfilamento periódico

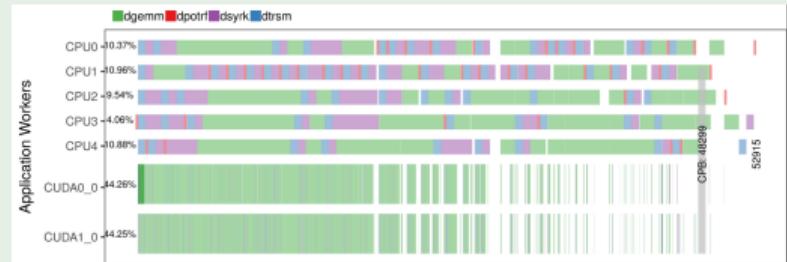
Visão geral com baixo custo



## Tracing

Rastreamento de eventos importantes

Habilita reconstruir comportamento

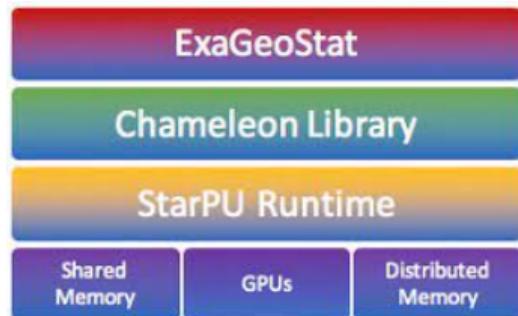


# Um exemplo do grande volume de dados (*Big Data*)

Aplicação ExaGeoStat - Modelagem de dados geoestatísticos

- <https://github.com/ecrc/exageostat>

→ Qual a melhor distribuição em clusters heterogêneos?

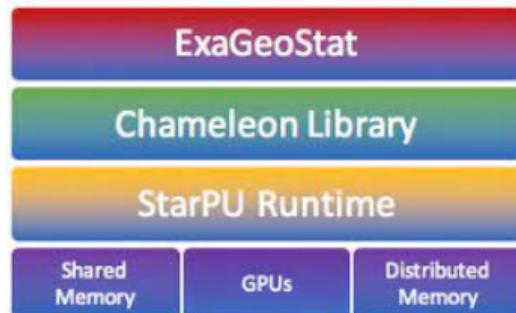


# Um exemplo do grande volume de dados (*Big Data*)

Aplicação ExaGeoStat - Modelagem de dados geoestatísticos

- <https://github.com/ecrc/exageostat>

→ Qual a melhor distribuição em clusters heterogêneos?



Cuidadosamente configurando o rastreamento para um determinada entrada

- 500MBytes por nó computacional a cada 3 iterações
- Uma execução completa tem aproximadamente 180 iterações
  - Usando 128 nós do Supercomputador SDumont:  $\approx$ 4Tbytes de dados

## Como analisar esses dados?

- A aplicação se comportou adequadamente?
- Foi eficiente no uso dos recursos?

# Ciência de dados para análise de aplicações paralelas

## Python

Python for Data Analysis, 3E

<https://wesmckinney.com/book/>



## R

R for Data Science, 2E  $\approx$  tidyverse

<https://r4ds.hadley.nz/>



# Ciência de dados para análise de aplicações paralelas

## Python

Python for Data Analysis, 3E

<https://wesmckinney.com/book/>



## R

R for Data Science, 2E  $\approx$  tidyverse

<https://r4ds.hadley.nz/>

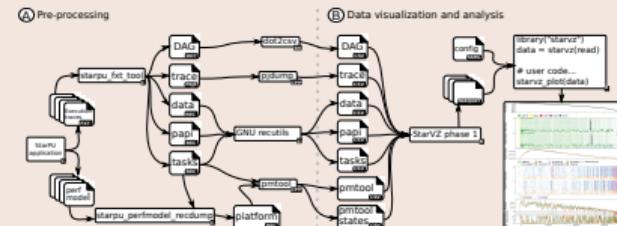


## starvz: R-Based Visualization Techniques for Task-Based Applications

(release)

<https://CRAN.R-project.org/package=starvz>

Visualização de dados para análise de desempenho

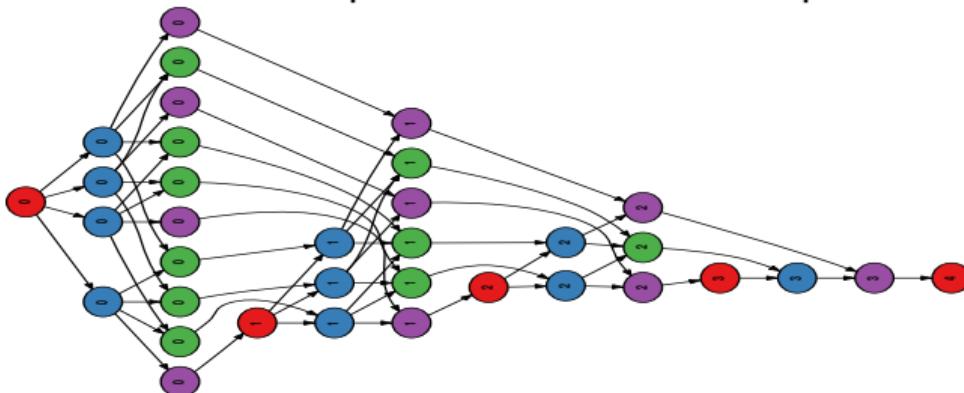


# Visualização do comportamento da aplicação paralela (Exemplo)

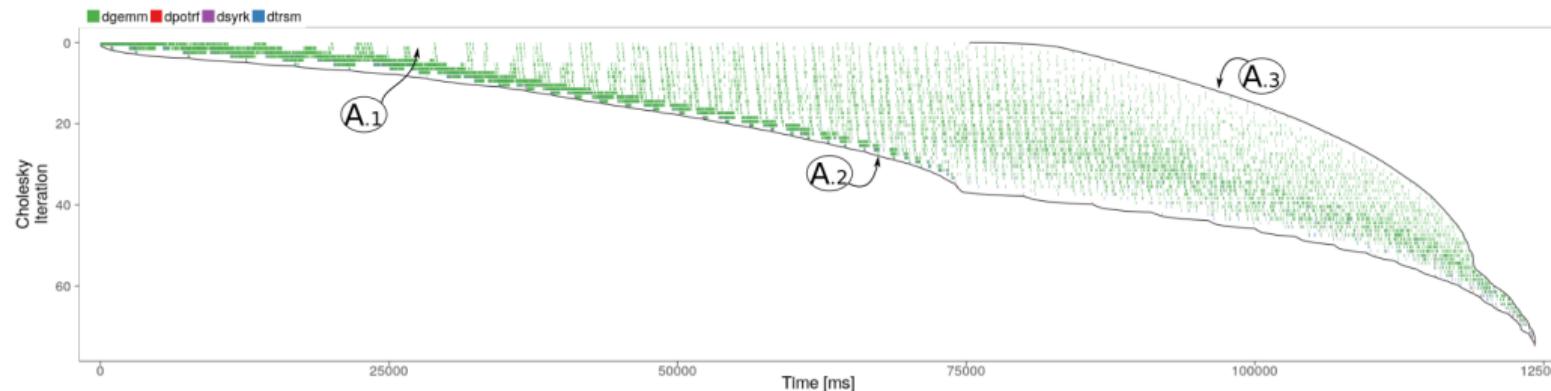
## Fatoração Cholesky por blocos

```
for (k = 0; k < N; k++) {  
    DPOTRF(RW, A[k][k]);  
    for (i = k+1; i < N; i++)  
        DTRSM(RW, A[i][k], R, A[k][k]);  
    for (i = k+1; i < N; i++) {  
        DSYRK(RW, A[i][i], R, A[i][k]);  
        for (j = k+1; j < i; j++)  
            DGEMM(RW, A[i][j], R, A[i][k],  
                   R, A[j][k]);  
    }  
}
```

## Grafo de tarefas que será escalonado na plataforma



## Empregando StarVZ



# Linhas de Pesquisa e Contato

## Computação de Alto Desempenho e Sistemas Distribuídos

Arthur Lorenzon, Claudio Geyer, **Lucas Mello Schnorr**, Philippe Navaux

## Mineração, Integração e Análise de Dados

João Comba, Jose Palazzo, Joel Carbonera, Karin Becker, **Lucas Mello Schnorr**, Mara Abel, Mariana R. Mendoza, Renata Galante, Viviane Pereira Moreira

# Linhas de Pesquisa e Contato

## Computação de Alto Desempenho e Sistemas Distribuídos

Arthur Lorenzon, Claudio Geyer, [Lucas Mello Schnorr](#), Philippe Navaux

## Mineração, Integração e Análise de Dados

João Comba, Jose Palazzo, Joel Carbonera, Karin Becker, [Lucas Mello Schnorr](#), Mara Abel, Mariana R. Mendoza, Renata Galante, Viviane Pereira Moreira

Obrigado pela atenção!

[schnorr@inf.ufrgs.br](mailto:schnorr@inf.ufrgs.br)

