

# Análise de um Log Real de Jobs visando a Previsão de Tempos de Espera para Execução em um Cluster de Alto Desempenho

Bernardo Gallo<sup>1</sup>, **Matheus Marotti**<sup>1</sup>, Lúcia Maria de Assumpção Drummond<sup>1</sup>, José Viterbo<sup>1</sup>, Felipe A. Portella<sup>2</sup>, Paulo J. B. Estrela<sup>2</sup>, Renzo Q. Malini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Computação - Universidade Federal Fluminense (UFF)  
{bgallo, matheusmarotti}@id.uff.br, {lucia, viterbo}@ic.uff.br

<sup>2</sup>Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS)  
{felipeportella, paulo.estrela, renzo}@petrobras.com.br

Novembro 2025

- 1 Introdução
- 2 Dataset e Pré-processamento
- 3 Resultados e Análise
- 4 Conclusão e Trabalhos Futuros

# Introdução

- A Petrobras utiliza extensivamente a Computação de Alto Desempenho (HPC) para simulações de reservatório complexas.
- A infraestrutura robusta, que inclui sistemas classificados no TOP500, lida com operações que geram picos de demanda.
- **Problema:** Quando a demanda supera os recursos, os *jobs* aguardam em uma fila de espera.
- **Impacto:** Isso afeta negativamente a produtividade e a eficiência das equipes de pesquisa e desenvolvimento.
- **Necessidade:** Entender e mitigar o comportamento dessa fila de espera é crucial.

## Objetivos

- **Analisar** logs históricos do escalonador Slurm de um *cluster* de HPC da Petrobras.
- **Identificar** quais fatores e métricas (do *job*, do usuário, do sistema) possuem maior correlação com o tempo de espera.
- **Gerar** o conhecimento base para a construção de futuras ferramentas de predição.

O objetivo **não** é o desenvolvimento imediato de um modelo preditivo, mas sim a **análise exploratória** que viabiliza sua construção.

# Dataset e Pré-processamento

## ***Dataset Original***

- **Fonte:** Logs do escalonador *Slurm* referentes ao ano de 2024.
- **Total de registros:** 2.745.759 *jobs*.

## **Filtragem (sugestão dos *stakeholders*)**

- Foco em execuções relevantes e remoção de *outliers*.
- Tempo de execução  $> 1$  hora (41.18%)
- Tempo de espera  $> 5$  minutos (5.42%)
- Tempo de espera  $< 1$  dia (99.99%)

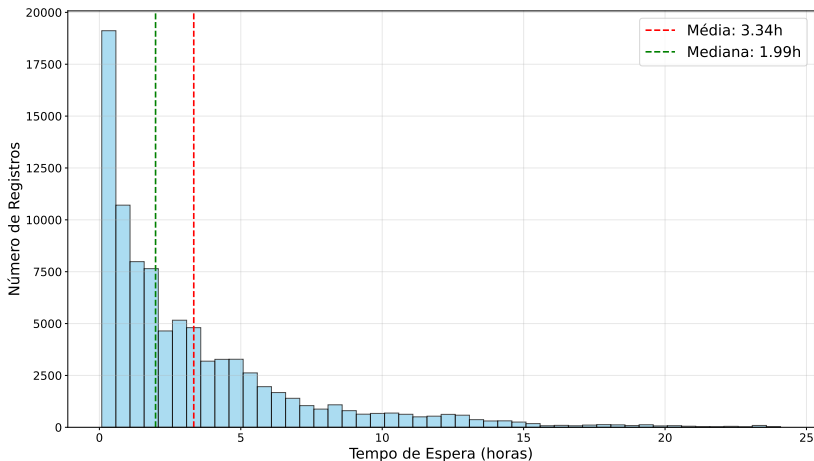
## ***Dataset Final para Análise***

- **88.787 *jobs*** (3.23% do total).

## Resultados e Análise

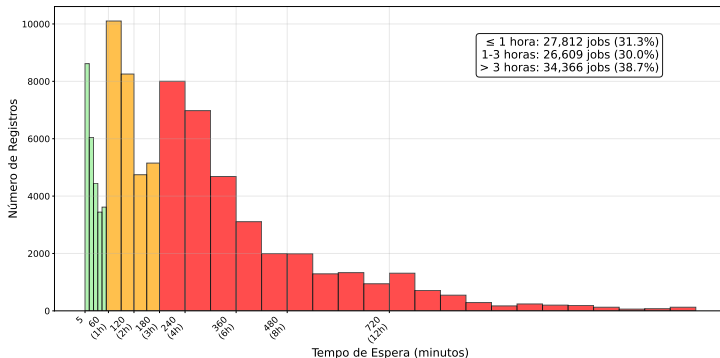


# Resultados e Análise



A distribuição é assimétrica, com alta variação (Média: 3.3h, Mediana: 2.0h). O histograma mostra uma “cauda longa” significativa.

# Resultados e Análise



A distribuição categorizada mostra um equilíbrio entre faixas curtas e longas de espera: 38.7% dos *jobs* aguardam mais de 3 horas, 30.0% entre 1-3 horas, e 31.3% esperam até 1 hora.

## Análise de Correlação

- **Como:** Métodos de *Pearson* (linear), *Spearman* e *Kendall* (monotônica).
- **Foco:** Investigamos atributos dos *jobs* e, principalmente, métricas de carga de trabalho **por usuário**.
- **Justificativa:** Baseado na literatura e na existência de limites de recursos por usuário no *cluster*.
- **Descoberta Principal:** A abordagem foi eficaz. As métricas específicas de usuário são as que possuem maior correlação com o tempo de espera.

# Resultados e Análise

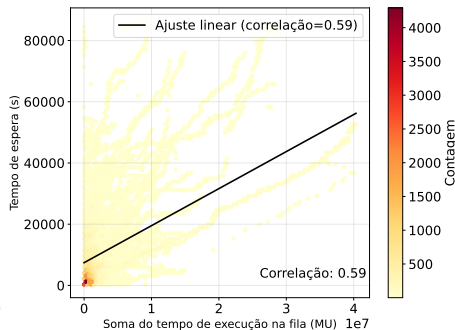
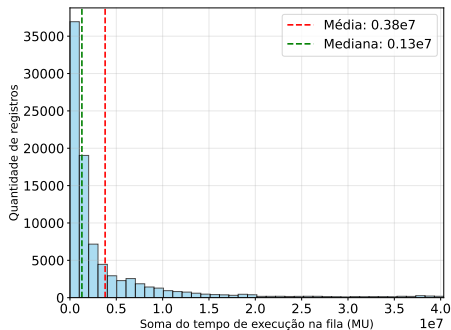
Variável	Pearson	Spearman	Kendall
Soma do tempo de execução na fila (MU)	0.591	0.567	0.401
Soma de CPUs requisitadas na fila (MU)	0.440	0.543	0.387
Soma de memória requisitada na fila (MU)	0.440	0.543	0.387
Soma do tempo de execução na fila	0.521	0.482	0.338
Número de <i>jobs</i> na fila (MU)	0.346	0.500	0.352

As 5 variáveis com maior correlação média são todas métricas que medem a carga de trabalho do **mesmo usuário** (MU) ou do sistema total.

## Análise: Soma do Tempo de Execução na Fila (MU)

- **O que é?** Carga de trabalho total (soma do tempo de execução) que o usuário já possui na fila.
- **Correlação:** É a variável de maior impacto, com a correlação mais forte (Pearson 0.591).
- **O Desafio:** Esta métrica foi calculada usando o **Tempo de Execução Real (TEJ)**.
- **Implicação:** O TEJ é um dado **indisponível** no momento da submissão. Portanto, esta é uma variável explicativa poderosa, mas não um preditor utilizável em tempo real.

# Resultados e Análise



O gráfico ilustra a forte correlação positiva (Pearson 0.591) entre o tempo de espera (Eixo Y) e a métrica (Eixo X). Além disso, o gráfico de densidade (direita) confirma a tendência geral do *dataset*: a maioria dos *jobs* tem um tempo de espera curto.

## Análise: Soma de CPUs na Fila (MU)

- **O que é?** Total de CPUs que o usuário já solicitou em *outros jobs* que também estão na fila.
- **Correlação:** Forte (Pearson=0.440, Spearman=0.543).
- **Por que?** O *cluster* possui um **limite de CPUs** simultâneas por usuário.
- **Implicação:** Esta métrica quantifica diretamente o quão próximo o usuário está de atingir sua cota de alocação.

## Conclusão e Trabalhos Futuros



## Conclusões

- Esta foi uma **análise de correlação** inicial para identificar os fatores de maior impacto no tempo de espera.
- **Principal Descoberta:** Métricas de carga de trabalho **por usuário** (soma de CPUs, soma de TEJ) apresentaram a maior correlação com o tempo de espera.
- **Limitação:** A métrica mais forte (soma de TEJ) é desconhecida no momento da submissão do *job*.

## Trabalhos Futuros

- **Modelos Preditivos:** Implementar e comparar modelos de aprendizado de máquina para a predição do tempo de espera.
- **Análise Multivariada:** Avançar da análise de correlação para uma análise multivariada, avaliando a significância estatística e a interação das *features*.
- **Otimização (TEJ):** Investigar o uso de uma arquitetura sequencial, prevendo o TEJ para ser usado como *feature* adicional.

# Obrigado!

Perguntas?

## Contatos

- **UFF:** {bgallo, matheusmarotti}@id.uff.br, {lucia, viterbo}@ic.uff.br
- **PETROBRAS:** {felipeportella, paulo.estrela, renzo}@petrobras.com.br