

Universidade de São Paulo  
Instituto de Matemática e Estatística  
Bacharelado em Ciência da Computação

Caio Costa Salgado

# **Uso de GPGPU na Análise de Buracos Negros**

São Paulo  
Dezembro de 2017

# Uso de GPGPU na Análise de Buracos Negros

Monografia final da disciplina  
MAC0499 – Trabalho de Formatura Supervisionado.

Supervisor: Prof. Dr. Rodrigo Nemmen da Silva

São Paulo  
Dezembro de 2017

# Resumo

Aqui vai o resumo que ainda tem que ser feito....

**Palavras-chave:** GPGPU, CUDA, HPC, Monte Carlo, Transferência radioativa, Buraco Negro.



# Abstract

And here will be the english abstract, that still need to be done....

**Keywords:** GPGPU, CUDA, HPC, Monte Carlo, Rasioactive Transfer, Black Hole.



# Sumário

<b>Lista de Abreviaturas</b>	<b>vii</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2 Grmonty: Monte carlo para relatividade geral</b>	<b>3</b>
2.1 O que Faz . . . . .	3
2.2 Para que Faz . . . . .	3
2.3 Como Faz . . . . .	3
<b>3 GPGPU</b>	<b>5</b>
3.1 História das GPU e GPGPU . . . . .	5
3.2 Bibliotecas: OpenCL e CUDA . . . . .	5
<b>4 Otimizacao</b>	<b>7</b>
4.1 Arquitetura . . . . .	7
4.2 Melhorias e Modificações . . . . .	7
4.2.1 Somente uma dimensão . . . . .	7
4.2.2 OpenMP e Concorrência . . . . .	7
4.2.3 math.h . . . . .	7
4.2.4 divisão e trabalho e paralelização . . . . .	7
4.2.5 Processar em Lotes . . . . .	7
<b>5 Resultados</b>	<b>9</b>
5.1 Métricas e medição . . . . .	9
5.2 comparações . . . . .	9
<b>6 Futuro</b>	<b>11</b>
6.1 Outras Linguagens de Programação . . . . .	11
6.2 Single Precision . . . . .	11
6.3 Novos Dispositivos e Particularidades dos fabricantes: AMD e NVIDIA . . . . .	11
6.4 Arcabouços: Tensorflow . . . . .	11
6.5 Application-specific integrated circuit chips (ASICs) . . . . .	11

<b>7 Conclusões</b>	<b>13</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>15</b>



# Lista de Abreviaturas

GPU	Unidade de processamento Gráfico ( <i>Graphics Grocessing Unit</i> )
GPGPU	Unidade de processamento Gráfico de Propósito Geral ( <i>General Purpose Graphics Processing Unit</i> )
CUDA	Computação em Arquitetura unificada de dispositivos ( <i>Compute Unified Device Architecture</i> )
HCP	Computação de Alta Performance ( <i>High Performance Computing</i> )
SIMD	Única Instrução Múltiplos dados ( <i>Sigle Instruction Multiple Dada</i> )



# Capítulo 1

## Introdução

apresentar o que é o *grmonty*, motivações para aumentar a sua performance.

mas como aumentar a velocidade? dada a arquitetura de funcionamento do programa uma ótima estratégia é mover parte de seu funcionamento para um GPU, pois o programa pode ser visto como uma SIMD

Uma grande dúvida dos astrofísicos e também de toda a comunidade científica é o que ocorre em um buraco negro e em suas proximidades. Na busca de respostas programas de computador são feitos com o intuito de simular essa região e talvez trazer alguma luz, um desses programas é o *GrMonty*.

Programas dessa natureza tendem a ser muito intensos no que diz respeito ao processamento, exigindo muito das CPUs estas tornam-se assim um limitante, um gargalo, para a velocidade com a qual o programa pode devolver um resultado. É neste contexto que buscamos aplicar métodos de *Computação de Alta Performance* para otimizar ao máximo o uso todos os dispositivos do computador (hardware) que temos disponíveis.

Muitas das técnicas de HPC exploram a paralelização, o que pode ser feito massivamente por um hardware específico as *unidades de processamento gráfico*, GPU. Tais dispositivos são confeccionados primordialmente para processamento gráfico em jogos digitais, porém graças a avanços recentes tais dispositivos tem se tornado mais genéricos

Ao analisar o funcionamento do *GrMonty*, por sua característica de simulador de partículas, é possível classificar parte de sua execução no modelo SIMD. Dada essa informação podemos explorar

Aumento de performance em cálculos de transferência radioativa ao redor de buracos negros usando unidades de processamento gráfico de propósito geral (GPGPU). *GRmonty* (nome reduzido, em inglês, de Monte Carlo para Relatividade Geral) é um programa de computador que simula as características ao redor de um buraco negro afim de calcular a transferência radioativa,

Existe o programa *grmonty* (Dolence *et al.*, 2009), o qual calcula a propagação de fótons nas proximidades de um buraco negro, utilizando-se de um alto custo de processamento. Apesar desse programa estar escrito em C e utilizando bibliotecas de computação em alta

performance (HPC sigla em inglês) como OpenMP ainda há muito espaço para melhorias em sua performance. Este trabalho mira ser uma dessas melhorias.

A estrutura de funcionamento do grmonty por ser descrita como um único cálculo aplicado a uma grande quantidade de dados, no qual cada cálculo é independente dos demais. Dada esta descrição é possível usar um modelo de computação, única instrução múltiplos dados (SIMD), com um hardware especializado a fim de aumentar a performance do cálculo como um todo. O emprego desta técnica neste programa específico é o tema deste TCC.

Uma monografia deve ter um capítulo inicial que é a Introdução e um capítulo final que é a Conclusão. Entre esses dois capítulos poderá ter uma sequência de capítulos que descrevem o trabalho em detalhes. Após o capítulo de conclusão, poderá ter apêndices e ao final deverá ter as referências bibliográficas.

# Capítulo 2

## Grmonty: Monte carlo para relatividade geral

### 2.1 O que Faz

explicar o que faz física e matematicamente talvez falar da tecnica de monte carlo

### 2.2 Para que Faz

casos de uso, onde é usado e como

### 2.3 Como Faz

descrever funcionamento computacional, MPI, SIMD, citar assim que possível oposto de lazy ou batch, C



# Capítulo 3

## GPGPU

### 3.1 História das GPU e GPGPU

era uma vez...

### 3.2 Bibliotecas: OpenCL e CUDA

o que são e como funcionam porque escolhemos cuda?





# Capítulo 4

## Otimizacao

### 4.1 Arquitetura

mostrar gráfico de processamento do grmonty apontar o track super photon como candidato a ser produzido no kernel

### 4.2 Melhorias e Modificações

#### 4.2.1 Somente uma dimensão

matrix pra vetor

#### 4.2.2 OpenMP e Concorrência

desligar o openmp

#### 4.2.3 math.h

unix math pra nvida math

#### 4.2.4 divisão e trabalho e paralelização

calculo de diviasão de trabalho na GPU

#### 4.2.5 Processar em Lotes

de “assim que possível” “para processamento em lotes”



# Capítulo 5

## Resultados

### 5.1 Métricas e medição

the old

### 5.2 comparações

demonstrar o aumento de 100X na velocidade



# Capítulo 6

## Futuro

### 6.1 Outras Linguagens de Programação

rust, nim, python

### 6.2 Single Precision

Usar float ao invés de double

### 6.3 Novos Dispositivos e Particularidades dos fabricantes: AMD e NVIDIA

cálculo discreto, arquiteturas diferentes

### 6.4 Arcabouços: Tensorflow

tensorflow TPU TensorProcessingUnit

### 6.5 Application-specific integrated circuit chips (ASICs)

O que são? Onde vivem? O que comem?



# Capítulo 7

## Conclusões

Calculos são importantes e o avanço da ciência depende de artiteturas de alta performance, gpus tem se apresentado competentes na realização de tais tarefas, e sua popular adoção facilita um maior acesso computação astrofísica, aumentando assim a velocidade do progresso científico.





# Referências Bibliográficas

**Dolence et al.(2009)** Joshua C. Dolence, Charles F. Gammie, Monika Mościbrodzka e Po Kin Leung. grmonty: A monte carlo code for relativistic radiative transport. *The Astrophysical Journal Supplement*, 184:387–397. Citado na pág. [1](#)