

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

CENTRO DE INFORMÁTICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

**ACELERAÇÃO DE AUTÔMATOS  
CELULARES NO CONTEXTO DE BIOLOGIA  
ATRAVÉS DE COMPUTAÇÃO PARALELA EM  
GPUS COM OPENCL**

**MAELSO BRUNO PACHECO NUNES PEREIRA**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Informática, área de concentração: Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. Alisson Vasconcelos de Brito

João Pessoa, Paraíba, Brasil

31 de Agosto de 2017

# RESUMO

Autômatos Celulares (AC) têm suas origens no trabalho de Von Neumann na década de 40 e, desde então, tornou-se um tema de pesquisa importante com uma ampla gama de aplicações, que vão desde modelagem de sequência de DNA até a dinâmica ecológica. Um aspecto que pode ser interessante durante uma simulação de AC é a evolução no número de indivíduos de cada espécie ao longo do tempo. Esta análise pode fornecer informações importantes sobre o domínio de certas espécies em um sistema dinâmico, ou identificar aspectos que possam favorecer uma ou mais espécies em detrimento de outras. As simulações de AC podem ser tarefas computacionalmente muito custosas. Dependendo do tamanho do domínio de simulação, do número de dimensões ou do número de indivíduos, essas simulações podem levar várias horas para serem concluídas. A avaliação do número de indivíduos em cada *time-step* de simulação é uma tarefa igualmente custosa. Várias técnicas de aceleração foram desenvolvidas para melhorar o desempenho das simulações de AC, e algumas delas levam em consideração a evolução no número de indivíduos ao longo da simulação. Neste trabalho, é proposto um simulador de AC, capaz de avaliar de forma eficiente a evolução no número de indivíduos de cada espécie. O alto desempenho é obtido através do uso do paralelismo maciço de GPUs. A abordagem apresentada alcançou uma aceleração de 44 vezes em comparação com uma implementação sequencial e 26 vezes em comparação com uma abordagem tradicional também na GPU.

**Palavras-chave:** Autômatos Celulares; GPU; GPGPU; Histograma; PRNG; Gerador de números pseudo-aleatórios.

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1 Motivação . . . . .	14
1.2 Objetivos . . . . .	15
1.2.1 Objetivo Geral . . . . .	15
1.2.2 Objetivos Especificos . . . . .	15
1.3 Estrutura da Dissertação . . . . .	15
<b>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>16</b>
2.1 Vida Artificial . . . . .	16
2.1.1 Algoritmos genéticos . . . . .	17
2.1.2 Mundos Virtuais . . . . .	18
2.1.3 Seres Artificiais . . . . .	18
2.1.4 Autômato Celular . . . . .	18
2.2 GPU ( <i>Graphical Processing Unit</i> ) e Paralelismo . . . . .	20
2.2.1 Arquitetura GPU . . . . .	21
2.2.2 Programação para GPU . . . . .	22
2.2.2.1 <i>Open Computing Language</i> - OpenCL . . . . .	22
<b>CAPÍTULO 3 – TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>28</b>
3.1 Aceleração sob a ótica da memória . . . . .	28
3.1.1 Discussão . . . . .	29

3.2	Técnicas de contagem utilizando GPU . . . . .	30
3.2.1	Discussão . . . . .	30
<b>CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO</b>		<b>32</b>
4.1	Modelagem do Autômato Celular . . . . .	32
4.2	Implementação com OpenCL . . . . .	33
4.3	Aceleração . . . . .	35
4.3.1	<i>Pseudo-Random Number Generator</i> . . . . .	35
4.3.2	<i>sort e count</i> . . . . .	38
<b>CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL E RESULTADOS</b>		<b>41</b>
5.1	Experimentos . . . . .	41
5.1.1	Experimento I - Sequencial . . . . .	41
5.1.2	Experimento II - PRNG na CPU e interações na GPU . . . . .	42
5.1.3	Experimento III - PRNG e interações na GPU . . . . .	44
5.1.4	Análises dos experimentos . . . . .	44
5.1.4.1	Experimentos I e II . . . . .	44
5.1.4.2	Experimentos II e III . . . . .	45
5.1.4.3	<i>Sort e Count</i> . . . . .	45
5.2	Publicações . . . . .	50
5.2.1	Técnicas de aceleração . . . . .	50
5.2.2	Simulação estocástica de sistemas naturais . . . . .	50
<b>CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO</b>		<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>		<b>52</b>
<b>APÊNDICE A – APENDICE A</b>		<b>57</b>

