

Simulação e Visualização do Canhão de Planadores no Jogo da Vida de Conway

Jorge Lucas de Amorim Lopes de Moraes

Departamento de Estatística e Informática
Universidade Federal Rural de Pernambuco – Recife, PE – Brasil
jorge.lucasm@ufrpe.br

Resumo

Este artigo apresenta a implementação, a simulação e a análise visual de um Autômato Celular Bidimensional, especificamente o **Jogo da Vida**, proposto por John Conway. Utilizando a linguagem Python e bibliotecas de cálculo numérico, o estudo concentra-se na construção e observação dos **Canhões de Planadores de Gosper**, estruturas capazes de gerar padrões móveis de forma contínua. A partir da conversão de matrizes de estados em animações dinâmicas, foi possível visualizar diretamente fenômenos emergentes como movimento, periodicidade e simetria. Os resultados evidenciam como regras simples, aplicadas localmente, podem produzir comportamentos complexos em escala global. O trabalho destaca ainda a relevância do modelo tanto para a simulação de processos inspirados em sistemas biológicos quanto para a compreensão de princípios fundamentais da Teoria da Computação, reforçando o potencial dos autômatos celulares como ferramentas de modelagem e investigação científica.

1. Introdução

A compreensão da emergência de complexidade em sistemas simples é um desafio central na ciência computacional. As origens dos autômatos celulares (AC) remontam aos trabalhos de John von Neumann na década de 1940, que buscava criar uma máquina auto-replicante em um meio discreto. Enquanto as construções originais exigiam 29 estados por célula, o matemático John Conway propôs uma simplificação radical: um universo bidimensional onde cada célula possui apenas dois estados (viva ou morta) e evolui baseada estritamente em seus oito vizinhos imediatos. Este sistema foi introduzido ao mundo acadêmico e ao público geral por Martin Gardner na *Scientific American* em 1970 (Gardner, 1970).

Apesar da simplicidade das regras, o sistema exibe um comportamento rico e imprevisível. Para compreender a dinâmica global da "vida" artificial é necessária uma abordagem que combine eficiência numérica com visualização gráfica. Neste trabalho, utiliza uma implementação em Python para instanciar o "Canhão de Planadores" (Glider Gun), uma estrutura descoberta por Bill Gosper em 1970. Essa estrutura marcou a história do modelo ao demonstrar que uma configuração inicial finita poderia, sim, gerar crescimento indefinido ao longo do tempo — contrariando uma suposição inicial do próprio Conway.

2. Metodologia Computacional

A metodologia adotada integra computação numérica de alto desempenho com técnicas de renderização gráfica.

2.1. O Espaço de Estados

O universo da simulação é modelado como um reticulado (grid) $N \times N$, onde cada célula (i, j) obedece às regras determinísticas clássicas descritas por Gardner (1970):

1. **Morte:** Células com menos de 2 ou mais de 3 vizinhos morrem (subpopulação ou superpopulação).
2. **Sobrevivência:** Células com 2 ou 3 vizinhos permanecem vivas.
3. **Nascimento:** Células mortas com exatamente 3 vizinhos tornam-se vivas.

2.2. Implementação das Regras de Transição

Para este experimento, o grid foi inicializado com quatro instâncias do **Canhão de Planadores (Gosper Glider Gun)**, organizadas de forma simétrica nos quatro quadrantes do espaço. Essa disposição faz com que os planadores emitidos por cada estrutura se movam em direção ao centro do sistema.

A matriz numérica que representa o estado do grid é convertida em uma animação, permitindo observar em tempo real a formação, o deslocamento e a colisão dos padrões. Essa visualização é essencial para analisar as interações espaciais e compreender fenômenos ligados à chamada computação baseada em colisões (Adamatzky, 2002).

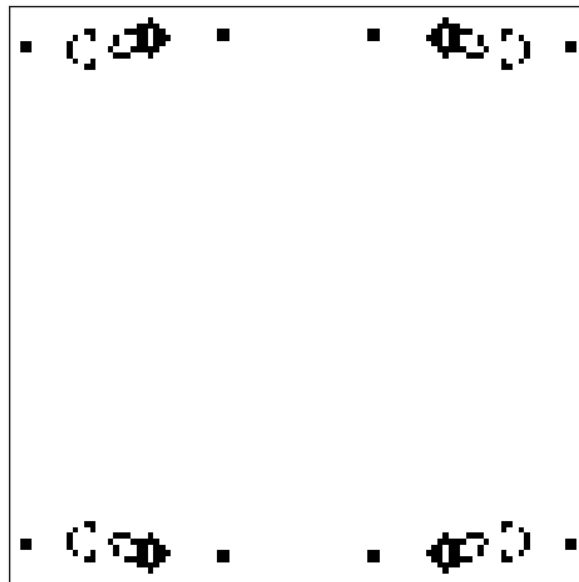


Figura 1: Configuração inicial do reticulado exibindo quatro instâncias do Canhão de Planadores de Gosper. As estruturas estão dispostas simetricamente nos quadrantes do grid, orientadas para emitir planadores em direção ao centro geométrico do sistema.

3. Resultados e Análise Dinâmica

Ao executar a simulação, torna-se evidente que o comportamento global do sistema não pode ser previsto apenas olhando as regras isoladamente.

3.1. Periodicidade e Movimento

O Canhão de Gosper apresenta um comportamento periódico estável. A cada 30 iterações, sua configuração interna retorna ao estado inicial e um novo planador é emitido. Esse ciclo contínuo demonstra que o sistema consegue gerar movimento estruturado e repetitivo ao longo do tempo.

Visualmente, isso confirma que o autômato permite a transmissão de informação através do espaço — uma característica fundamental para qualquer sistema que pretenda sustentar comunicação interna ou processamento lógico.

3.2. Interação de Partículas

Quando os planadores emitidos pelas quatro estruturas colidem no centro do grid, ocorre uma interação não linear. Em alguns casos, eles se aniquilam; em outros, formam padrões estáticos remanescentes.

Esse comportamento evidencia que o Jogo da Vida pode ser interpretado como um “meio excitável”: pequenas mudanças locais, como a presença de um planador, podem alterar significativamente o estado global do sistema.

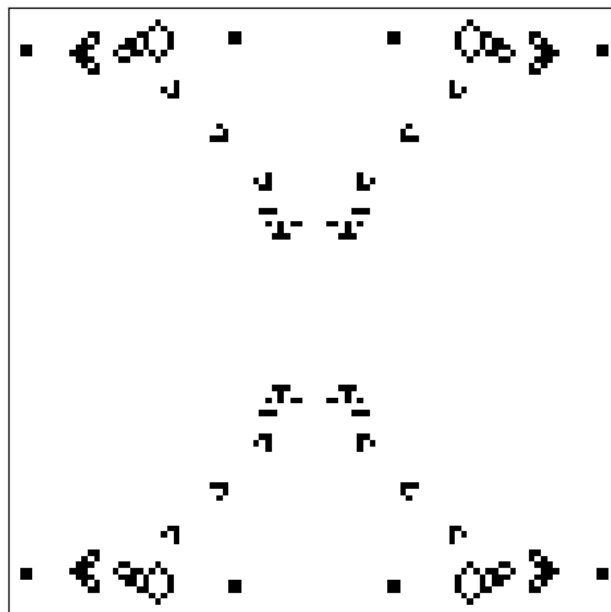


Figura 2: Evolução temporal e interação de estruturas. A colisão inelástica das partículas no centro gera padrões de detritos estáveis, mantendo a simetria visual devido à natureza determinística das regras.

4. Discussão

Mais do que uma simples visualização gráfica, o código desenvolvido serve como ponto de partida para reflexões teóricas importantes.

4.1. Universalidade Computacional

A existência do Canhão de Planadores é um marco porque demonstra que o Jogo da Vida é computacionalmente universal. Como mostrado por Rendell (2002), o fluxo contínuo de planadores pode ser interpretado como uma sequência de bits. Ao controlar colisões entre planadores, é possível implementar portas lógicas como AND, OR e NOT.

Isso significa que, em teoria, o Jogo da Vida pode simular uma Máquina de Turing Universal. Assim, a simulação apresentada não apenas exibe padrões interessantes, mas representa o funcionamento básico de um “computador lógico” dentro de um sistema extremamente simples.

4.2. Modelagem Biológica

Além do aspecto computacional, o modelo também dialoga com ideias da biologia teórica. A dinâmica de nascimento, sobrevivência e morte, baseada em regras locais, lembra processos observados em sistemas naturais. Embora simplificado, o modelo ajuda a compreender como interações locais podem produzir uma organização global.

5. Conclusão

O software desenvolvido demonstra como autômatos celulares podem funcionar como ferramentas poderosas de modelagem. A implementação dos Canhões de Planadores reforça a ideia de que sistemas discretos, regidos por regras simples, são capazes de sustentar fenômenos complexos como movimento estruturado, interação dinâmica e até computação.

Dessa forma, o trabalho estabelece uma ponte entre teoria matemática abstrata e comportamento observável em simulações, evidenciando como complexidade pode emergir naturalmente a partir da simplicidade.

Referências Bibliográficas

GARDNER, M. Mathematical Games: The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "Life". **Scientific American**, v. 223, n. 4, p. 120–123, 1970.

GOSPER, R. W. **Exploiting Regularities in Large Cellular Spaces**. AI Memo 223. Cambridge: MIT Artificial Intelligence Laboratory, 1970.

RENDELL, P. Turing universality of the game of life. In: ADAMATZKY, A. (Ed.). **Collision-based computing**. London: Springer, 2002. p. 513-539.