



# Simulação de Ecossistemas e de Dinâmicas Populacionais: Proposta de um Operador Genético ”Elemento Estrangeiro”

Felipe Souto<sup>1</sup> Fernando Osório<sup>2</sup>

## 1 Introdução

Ao longo da história da ciência, o uso de modelos inspirados na natureza (ou bio-inspirados) e a utilização da técnica de simulação foram duas ferramentas bastante utilizadas no estudo de fenômenos e comportamentos, inclusive de sistemas dinâmicos. Este trabalho se utiliza da teoria de algoritmos genéticos e da técnica de simulação para analisar e discutir os efeitos de um operador genético, aqui denominado de “elemento estrangeiro”.

Partindo das definições de sistema dinâmico como sendo: sistema no qual algumas grandezas que caracterizam seus objetos constituintes variam no tempo [1]. E simulação como sendo: forma de obtenção de resposta temporal das variáveis de interesse de um modelo, quando se excitam as variáveis de entrada e se definem os valores das condições iniciais [2]. É compreensível a relação entre estes conceitos, e o seu uso para modelar e estudar comportamentos e analisar a evolução desses sistemas.

Os estudos sobre simulações dinâmicas utilizando computadores datam de 1945, iniciando com computadores analógicos, e se firmaram e expandiram a partir de 1970, com computadores digitais [2]. Isso permitiu um grande avanço na análise de sistemas dinâmicos. Por meio de simulações é possível verificar o comportamento deste conjunto, principalmente no segmento de sistemas dinâmicos não-lineares [3].

No final do século XX, foi observada uma mudança do paradigma mecanicista para o ecológico, de diferentes formas e com diferentes velocidades nos vários campos científicos [4]. Dois conceitos são de importante compreensão nessa linha de pensamento: que as partes não explicam o funcionamento do todo e que os objetos não estão desassociados do meio. [4].

Em 1975 John Holland introduziu um método de otimização bio-inspirado, que toma como base a teoria de seleção natural apresentada por Charles Darwin em seu livro “A Origem das Espécies” [5]. Popularizado por David Goldberg, aluno de Holland, o modelo simula os mecanismos de evolução de populações de seres vivos. Em um processo iterativo, essa evolução segue a seguinte estrutura base: criação de população inicial, cálculo de aptidão de cada indivíduo, verificação de atingimento da solução ou condição de parada, seleção dos melhores indivíduos,

---

<sup>1</sup>ICMC/USP - souto.felipe@usp.br

<sup>2</sup>ICMC/USP - fosorio@icmc.usp.br (orientador)

cruzamento das melhores soluções e mutação de alguns indivíduos (vide esquema e detalhamento de funcionamento dos Algoritmos Genéticos em [5]).

Motivado por trabalhos anteriores como "*A Genetic Method for Evolutionary Agents in a Competitive Environment*" [7] e "*Co-evolution of Antagonistic Intelligent Agents using Genetic Algorithms*" [6], o objeto deste estudo é uma ferramenta que simula um ecossistema com agentes antagônicos que competem e atravessam um processo de coevolução. Neste ambiente, o trabalho busca discutir a aplicação do operador genético *elemento estrangeiro*. Este inspirado em observações empíricas, que como o próprio nome sugere, representa a inserção no ambiente de agentes que não derivam da população presente. A proposta é também debater a aplicação em algoritmos de otimização bio-inspirados. Como resultado é esperado conseguir observar e mensurar os impactos deste operador, bem como demonstrar uma ferramenta de simulação que pode ser extensível para aplicação em outras modelagens de ecossistemas e de sistemas dinâmicos populacionais.

## 2 Metodologia

O simulador utilizado neste estudo é estendido do [Ecosim](#) trabalho de Connor Brooks (inspirado em [7]). A ferramenta pode ser analisada em três pilares: simulação, ambiente e agentes.

A simulação é uma instância fechada comportando em si um ambiente e seus agentes, esta tem como seus parâmetros: *população inicial, percentual de geração populacional entre carnívoros e herbívoros* e a *quantidade inicial de plantas*. Como saída, além das séries temporais extraídas de cada simulação, a cada execução uma dessas pode ser observada através da interface gráfica (aqui é possível ver uma simulação <https://www.youtube.com/watch?v=qGwsEk1OaGY>)

O ambiente é o espaço ocupado pelos agentes e tem como parâmetros: *coordenadas do espaço, frequência de aparecimento das plantas, energia padrão das plantas, energia inicial dos agentes* (ativos), *máxima velocidade* dos agentes, *energia limite de vida, limiar genético* entre herbívoro e carnívoro e *taxa de mutação*.

Todos os elementos que interagem no ambiente são os agentes do sistema, temos assim três tipos de agentes: carnívoros, herbívoros (agentes ativos) e plantas (agente passivo). Cada agente tem suas características individuais e variáveis próprias. As variáveis são as propriedades que variam com o tempo, e são: *posição, velocidade, energia e estado*. Já as características são as propriedades perenes de cada indivíduo, no conceito dos algoritmos genéticos seu cromossomo, são: *dieta* (carnívoros, herbívoros ou próprio), *velocidade metabólica* (impacta no gasto energético e na velocidade), *energia mínima para reprodução, comportamento de rebanho, alcance da visão e oscilação*.

No decorrer de cada iteração (passagem de tempo no ambiente), os agentes passam por algumas ações e/ou operadores: nascer (ocorre de forma espontânea no início da simulação ou a partir da reprodução ao longo do tempo), comer, movimentar (aqui há a inteligência do agente em analisar o entorno para tomada de decisão), reproduzir, mutar (pode ocorrer nos agentes no momento da geração por reprodução), morrer (ao atingir um nível energético abaixo do limiar de vida) e *expurgar* (após servir de alimento para outro agente).

Durante a simulação são extraídas as diversas séries temporais para análise:

- *População*: quantidade total de agentes vivos (Herbívoros e carnívoros) e as quantidades

específicas de agentes herbívoros e carnívoros;

- *Tempo de vida*: tempo médio de vida dos agentes;

- *Energia*: quantidades de energia total do sistema, de energia específica das populações de herbívoros e carnívoros, de energia transmitida por operadores e de energia adicionada ao sistema;

- *Genética*: média dos valores de cada item do cromossomo, e variância dos mesmos;

- *Espécie*: quantidade de agentes de cada espécie.

Como saída da ferramenta, também são gravados em arquivos um log com todas os operadores (exceto Movimentar).

Em relação a energia é importante citar que o sistema tem mecanismos de geração de energia através da inserção de matéria orgânica (plantas). Há também a transferência de energia através da alimentação (onde um agente se alimenta de outro) e transferências energéticas pela reprodução, uma vez que para gerar um novo agente o(s) agente(s) progenitor(es) fornece(m) energia para o agente criado. Por fim, há um gasto energético ao longo do tempo para manter o agente vivo, consequentemente um consumo de energia do sistema ao longo do tempo.

### 3 Resultados

A partir da análise inicial de algumas simulações foi possível observar uma tendência de convergência de espécies, comportamentos cíclicos (dinâmicas e regimes do sistema), o impacto de alguns parâmetros iniciais e inclusive o efeito de interesse do estudo: as consequências da inserção dos elementos estrangeiros.

Apresentamos aqui o resultado de duas situações diferentes, em simulações de uma hora (3.600s) com inserção dos elementos estrangeiros somente na segunda metade da simulação (1.800s). Observou-se impactos significativos no comportamento das populações. Em um primeiro caso, uma recuperação do ecossistema tendendo a extinção para um estado de regime (veja Figura 1 - simulação 1). Em outro caso, uma mudança no estado de regime vigente (veja Figura 1 - simulação 2).

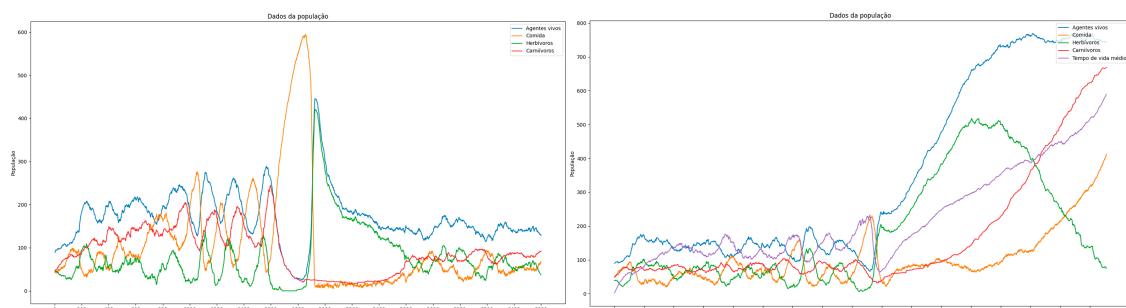


Figura 1: Dados de população - simulação 1(esquerda) e simulação 2(direita)

## 4 Conclusões

Os resultados preliminares do trabalho demonstraram constância no ambiente e que novas simulações podem ainda ser exploradas na ótica de outras modelagens de sistemas dinâmicos (p.ex. sistemas agrícolas, mercado financeiro), podendo assim simular diferentes tipos de ecossistemas e dinâmicas populacionais.

A questão chave deste trabalho ainda está em desenvolvimento, porém os resultados preliminares demonstram que o operador de "elemento estrangeiro" apresentou impactos relevantes no ecossistema e que merece aprofundamento do estudo.

## Referências

- [1] L. H. A. Monteiro. *Sistemas dinâmicos, 2a. edição*. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2006.
- [2] C. Garcia. *Modelagem e simulação de processo industriais e de sistemas eletromecânicos, 2a. edição*. Editora Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- [3] F.L. Milani, W. R. Lacerda Jr, S. A. M. Martins, E. G, Nepomuceno. Influência de softwares e sistemas operacionais na simulação de modelos não lineares, *Anais do CBA 2016 - XXI Congresso Brasileiro de Automática*, 2016.
- [4] F. Capra. *Teia da vida - Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. Editora Cultrix, São Paulo, 1996.
- [5] E. G. M. Lacerda, A. C. P. L. F. Carvalho. Introdução aos Algoritmos Genéticos. In: Jornada de Atualização em Informática, Anais do XIX Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação, 1999, Rio de Janeiro-RJ. Jornada de Atualização em Informática, Anais do XIX Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação, 1999.
- [6] J. Rosa, M. T. Souza, L. O. Recha, L. Q. Magnaboscoa, L. C. Lung. Co-evolution of Antagonistic Intelligent Agents using Genetic Algorithms, International Conference on Computational Science, ICCS 2013.
- [7] K. Moriwaki, N. Inuzuka, M. Yamada, H. Seki, H. Itoh. A Genetic Method for Evolutionary Agents in a Competitive Environment. In: On-line World Conference on Soft Computing in Engineering Design and Manufacturing (WSC2), 2., 1997.