

VERSÃO FINAL DO RESUMO ENSINO MÉDIO/TÉCNICO - ENGENHARIAS,
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

**ORGANIZAÇÃO E DIVISÃO DE TRABALHO EM FORMIGAS: UM MODELO
COMPUTACIONAL**

Cornélio Schwambach (cornelio.schwambach@fae.edu)

Pedro Luiz De Souza Neto (neto.pedro09@escola.pr.gov.br)

Angela Balcevicz (angela.balcevicz@escola.pr.gov.br)

O comportamento coletivo de colônias de formigas constitui um dos mais notáveis exemplos de auto-organização biológica e inteligência de enxame na natureza, emergindo de interações locais descentralizadas e mecanismos de retroalimentação baseados em estigmergia e comunicação por feromônios. Como insetos eusociais, as formigas atuam como arquétipos de sistemas nos quais a ordem macroscópica se estabelece sem a necessidade de um controle centralizado. Este trabalho apresenta uma pesquisa teórica e aplicada focada na modelagem matemático-computacional multiescala destinada a descrever, simular e prever os padrões dinâmicos de organização social e espacial nessas colônias. A problematização do estudo fundamenta-se na necessidade de compreender quantitativamente como indivíduos com capacidades cognitivas e sensoriais limitadas conseguem gerar respostas coletivas altamente adaptativas

— tais como o forrageamento otimizado, a divisão de trabalho entre castas funcionais e a defesa do ninho —, superando a escassez de modelos integrados na literatura que associem simultaneamente variáveis contínuas e processos estocásticos discretos. A hipótese central estabelece que a aplicação rigorosa de modelos matemáticos fundamentados em cálculo diferencial e integral, equações diferenciais ordinárias e parciais, combinada com teoria de grafos, cadeias de Markov, aprendizado por reforço e análises estatísticas, permite quantificar e prever com precisão o comportamento emergente da colônia, bem como as variações da entropia do sistema ao longo do tempo. O objetivo geral consiste em desenvolver e validar um modelo computacional capaz de mimetizar a dinâmica do formigueiro por meio do acoplamento multiescala entre os estados internos dos indivíduos e os campos ambientais dinâmicos. Metodologicamente, a pesquisa estrutura-se na articulação entre uma revisão bibliográfica multidisciplinar — abrangendo ecologia, neurociência, matemática e física estatística — e a formulação de equações quantitativas. No modelo proposto, o estado individual engloba posição, velocidade, nível energético e estado comportamental, enquanto o deslocamento é representado por um passeio aleatório enviesado por gradientes de atração química, busca de recursos e evitação de ameaças. A dinâmica dos feromônios no ambiente é modelada por equações de reação-difusão que contemplam taxas de deposição, difusão espacial e evaporação contínua. Para representar as decisões de transição comportamental e recrutamento, aplicam-se matrizes de transição estocásticas e regras inspiradas nos algoritmos de inteligência de enxame (Ant System). Ademais, a metodologia contempla a construção de uma simulação digital interativa desenvolvida em linguagem JavaScript, utilizada como ferramenta experimental para monitorar a densidade populacional, as trajetórias de forrageamento e a evolução temporal da entropia do sistema sob variadas condições ambientais. Como resultados esperados, o estudo busca consolidar um arcabouço analítico e computacional preciso sobre a tomada de decisão descentralizada em sistemas biológicos complexos, oferecendo contribuições diretas para a Biologia Matemática e fornecendo subsídios fundamentais para o aprimoramento de algoritmos de otimização distribuída, computação bioinspirada e robótica de enxame.

Palavras-chave: formigas; inteligência coletiva; modelagem matemática; equações diferenciais; simulação computacional.