

## Introdução

Muitos avanços da ciência foram obtidos a partir da observação da natureza. Milênios de seleção natural e evolução fizeram com que certos seres vivos desenvolvessem habilidades e características realmente notáveis, e que ainda hoje nos surpreendem pela sua complexidade e adaptabilidade. Alguns ramos da ciência fazem uso constante da observação intensiva dessas características, na tentativa de reproduzi-las em um ambiente controlado, de forma a desenvolver métodos e ferramentas baseados nelas. A matemática e a engenharia, por exemplo, devem muitos de seus avanços e descobertas à simples observação e compreensão da natureza. Um exemplo disso são modelos matemáticos como redes neurais, algoritmos genéricos e sistemas de colônias de formigas. Estes últimos constituem o foco desta dissertação.

Sistemas de colônias de formigas (*Ant Colony Systems - ACS*) são modelos matemáticos baseados no comportamento de formigas quando imersas em colônias de indivíduos semelhantes. Estes algoritmos são muito úteis na resolução de grandes problemas de otimização combinatória, geralmente muito complexos para serem resolvidos por técnicas exatas de otimização, e representam um incipiente e importante campo de estudos da engenharia de produção.

Este trabalho se propõe a descrever alguns algoritmos de colônias de formigas, utilizados em problemas de otimização combinatória/discreta. Em especial, o foco do trabalho será na aplicação destes algoritmos no problema de roteirização de veículos com janelas de tempo. Este problema se mostra muito comum no mundo empresarial, sendo encontrado com muita frequência hoje em dia. Muitos métodos de solução foram desenvolvidos ao longo da segunda metade do século XX, mas as colônias de formigas emergem como uma nova classe de algoritmos com grande potencial a ser desenvolvido.

A seção 2 desta dissertação se destinará a descrever a idéia geral destes modelos baseados em colônias de formigas, através do comportamento observado na natureza, bem como o modo pelo qual os mecanismos naturais são passados para modelos computacionais, suas semelhanças e diferenças. A seção 3 descreverá o problema de roteirização de veículos propriamente dito. Para isso,

primeiramente será necessário apresentar o problema do caixeiro viajante (*Traveling Salesman Problem – TSP*), passando por alguns métodos heurísticos de solução comumente empregados. O problema de roteirização de veículos (*Vehicle Routing Problem – VRP*) será então formalizado, e alguns métodos de solução serão apresentados.

Na seção 4, entraremos nos algoritmos baseados em colônias de formigas, que são o foco desta dissertação. Nesta seção, será apresentado em detalhes o primeiro algoritmo desta classe: o *Ant System (AS)*, e será mostrado como se dá a sua aplicação ao TSP. Na seção 5, abordaremos um algoritmo mais complexo, desenvolvido a partir do AS: o *Ant Colony System (ACS)*, e mais uma vez demonstraremos sua aplicabilidade ao TSP. Finalmente, na seção 6, detalharemos o algoritmo principal desta dissertação: o *Multiple Ant Colony System (MACS)*, destinado à resolução do problema de roteirização de veículos com janelas de tempo (*Vehicle Routing Problem with Time Windows - VRPTW*). Este algoritmo será ainda implementado em linguagem de programação, e seu funcionamento será descrito nos mínimos detalhes.

Na seção 7, será demonstrada uma aplicação do algoritmo proposto na seção 6 a problemas reais de roteirização de veículos. Sua performance será analisada e comparada com as melhores soluções conhecidas. Finalmente, a seção 8 trará algumas conclusões do trabalho e considerações finais.