

Algoritmos Evolutivos com Populações Fechadas e outras Meta-heurísticas para Problemas de Otimização Difíceis

Edson dos Santos Araújo¹; Thiago D’Martin Maia²

1. Bolsista FAPESB, Graduando em Engenharia da computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, email: edson.ara08@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Ciências Exatas (DEXA), Universidade Estadual de Feira de Santana, email: tdmaia@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Meta-heurísticas; QAP; Otimização.

INTRODUÇÃO

Com o advento de novas tecnologias de processamento, observa-se que ainda assim existem e, por estudos em potencialidade de algoritmos, existirão vários problemas importantes cujos exemplos demandam dias, meses, anos e demandariam até mesmo séculos de computação para ser resolvidos otimamente, sendo alguns desses problemas denominados NP-Difíceis (Toscani & Veloso, 2005). Para tais exemplos de problemas, muitos desses de Otimização, utilizar um algoritmo exato acarretaria tempo de processamento inviável. Quanto ao problema tratado, o Problema de Designação Quadrática (QAP), algoritmos exatos conseguem solucionar exemplos com desempenho razoável apenas quando apresentam ordem máxima igual a 25 (Burkard & Çela, 1997), ou ainda 30 (Merz & Freisleben, 1999).

Observando esse tipo de problema, encontra-se um vasto campo de aplicação de heurísticas e meta-heurísticas. Esses algoritmos de Otimização não necessariamente encontram soluções exatas, mas encontram soluções que se aproximam das soluções exatas. Esses algoritmos são utilizados por sua eficiência.

Tais algoritmos foram testados com configuração voltada para o QAP, que pode ser definido como a necessidade de se otimizar a designação de certo conjunto de instalações, entre as quais são dados os fluxos de interação, a certo conjunto de localidades, entre as quais são dadas as distâncias (Maia, 2002).

METODOLOGIA

Busca Tabu

Tal método é baseado no conceito de busca local, pois se considera uma solução como referencial corrente e se percorre a vizinhança dessa solução procurando soluções factíveis melhores. O acréscimo a isso no funcionamento da Busca Tabu está na procura de soluções melhores a cada vizinhança percorrida, memorizando-se as soluções encontradas anteriormente (Gomes, 2003).

Simulated Annealing

Annealing é um processo físico utilizado para fundir materiais, sendo esses aquecidos a altas temperaturas e em seguida resfriados até apresentar homogeneidade. Em cada estágio de temperatura o material apresenta um nível de energia. O ponto de solidificação (material ideal) é atingido quando se encontra o ponto de energia mínima. Levando-se em consideração que o resfriamento do material deve ser lento e gradativo para não se danificar o material e se

atingir o ponto de energia mínima, podem-se definir estágios de energia para cada temperatura, discretizando a temperatura em relação à energia.

Em 1983 Kirkpatrick propôs que a simulação desse processo poderia ser utilizada ao se compararem soluções factíveis, com o objetivo de se encontrar a solução ótima em problemas de Otimização (Reeves, 1993). Essa analogia com Otimização é chamada de *Simulated Annealing* (SA) ou Têmpera Simulada, e consiste em otimizar o problema por níveis, simulando níveis de temperatura. Em cada nível de temperatura uma mesma variável representa uma solução factível, e no decorrer do processo a vizinhança dessa variável é testada na tentativa de se encontrar a melhor solução para cada nível de temperatura (Haeser & Gomes-Ruggiero, 1995). Note-se que a relação entre temperatura e busca da melhor solução vem da probabilidade de certa variável ter sua energia (E) aumentada, levando-se em consideração um fator Δ , que pode ser expresso pela função probabilística seguinte:

$$p(\Delta E) = e^{-\Delta E/T}$$

Busca Local *fast2opt*

Um conjunto importante de heurísticas são as operações de trocas k-opt. Em linhas gerais trata-se de algoritmos que, partindo de uma solução inicial, realizam permutações de k instalações entre as respectivas localidades, buscando a cada troca diminuir o custo total do problema (Herrera, 2007).

A *fast2opt* é uma busca local que não avalia a qualidade dos possíveis movimentos seguintes, o que acelera seu desempenho sem grande perda na qualidade das soluções. Para que fosse acelerada ainda mais, e ainda sem perda de qualidade, usou-se a técnica “*don't look bits*”, que consiste em desconsiderar a localidade i na iteração corrente caso esteja marcada por um *bit* proibitivo num vetor auxiliar. A localidade i é marcada no vetor auxiliar com o *bit* de proibição, se não fizer parte do movimento de melhora anterior. Quando um movimento de melhora é realizado, os *bits* auxiliares das duas localidades envolvidas são liberados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para verificarmos os resultados das heurísticas e meta-heurísticas, foram implementados alguns algoritmos específicos como busca local *fast2opt* (uma busca local), busca tabu e *Simulated Annealing*. Sendo o primeiro algoritmo uma heurística e os demais, meta-heurísticas. Outros algoritmos foram até agora somente analisados, como Algoritmos Genéticos e Algoritmos Meméticos.

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos utilizando-se o exemplo ‘had14’, proveniente da biblioteca *online* QAPLib, que por sua vez pode ser encontrada a partir do endereço <http://www.opt.math.tu-graz.ac.at/qaplib/>.

QAPLib	<i>Simulated Annealing</i>	Busca Tabu	Busca <i>Fast 2 opt</i>
2724	2824	3000	3033

Tabela 1: Melhores resultados encontrados para cada algoritmo, e o da QAPLib.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a implementação e a avaliação de técnicas heurísticas e meta-heurísticas para a resolução do QAP. Ainda não se tem um algoritmo eficiente que apresente resolução exata desse problema, pois ele pertence à classe de problemas NP-Difíceis.

É observável na Tabela 1 que o algoritmo que obteve o melhor resultado foi o *Simulated Annealing*, uma meta-heurística. O pior resultado obtido foi o da busca local *fast2opt*, uma heurística. Observa-se a esperada melhora que as meta-heurísticas trazem aos resultados, em comparação às heurísticas, por buscarem soluções em diferentes subespaços do espaço total de soluções factíveis.

REFERÊNCIAS

BURKARD, R.E. Çela, E. 1997. Quadratic and Three-Dimensional Assignments: An Annotated Bibliography, Annotated Bibliographies in Combinatorial Optimization, M. Dell'Amico, F. Maffioli e S.Martello, eds., Wiley – Chichester, pp. 373-392.

COELHO, A.M. 2006. Uma Abordagem via Algoritmos Meméticos para a Solução do Problema de Horário Escolar. CEFET-MG – Belo Horizonte.

GOMES, A. 2003. Uma Introdução à Busca Tabu. USP – São Paulo.

HAESER, G. GOMES-RUGGIERO, M. 1995. Aspectos Teóricos de *Simulated Annealing* e um Algoritmo duas Fases em Otimização Global. UNICAMP – Campinas.

HERRERA, B.A.L.M. 2007. Combinação de Enxame de Partículas com Inspiração Quântica e Método Lin-Kernighan-Helsgaun Aplicada ao Problema do Caixeiro Viajante. UCP – Curitiba.

MAIA, T.D. 2002. Uma Avaliação de Meta-heurísticas para o Problema de Designação Quadrática. USP – São Paulo.

MERZ, P. FREISLEBEN, B. 1999. *A Comparison of Memetic Algorithms, Tabu Search, and Ant Colonies for the Quadratic Assignment Problem*, *Proceedings of the 1999 International Congress of Evolutionary Computation (CEC'99)*, IEEE Press, pp. 2063-2070.

REEVES, C.R. 1993. *Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems*, Blackwell.

TOSCANI, L.V. VELOSO, P.A.S. 2005. *Complexidade de algoritmos*. 2ª edição, Sagra Luzzatto – Porto Alegre.