

## **PROPOSTA DE UM ALGORITMO HÍBRIDO EXATO PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DE TRIPULAÇÃO**

Renan Samuel da Silva<sup>1</sup>, Omir Correia Alves Junior<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico(a) do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação / CCT - PIBIC-EM

<sup>2</sup> Orientador, Departamento de Ciência da Computação / CCT – omalves@udesc.br

Palavras-chave: Otimização Combinatorial; Geração de Colunas; Meta Heurísticas.

Atualmente os gastos com salários de funcionário consistem em uma das duas maiores fontes de despesas em empresas de transporte. Portanto, a otimização do processo de contratação e escala de funcionários é interessante do ponto de vista logístico.

A programação logística de empresas de transporte urbano tipicamente dá-se pelas seguintes etapas: Projeto das rotas; Planejamento dos horários; Programação da frota; Programação da tripulação; Escalonamento da tripulação. Estas etapas ocorrem em sequência e utilizam dados externos (tais como demanda em horários de pico, etc) e modelos matemáticos para efetuar sua otimização.

Neste trabalho abordou-se o Problema de Programação de Tripulantes (PPT). O PPT tem como objetivo atribuir um conjunto de tarefas para ser realizado por um conjunto de tripulantes. À uma sequência de tarefas dá-se o nome de jornada. Uma jornada deve atender a uma série de restrições legais e acordos sindicais. Horas de folga, duração da jornada, escalas de fins de semana, etc devem ser considerados durante a modelagem do problema. A solução deste modelo pode se reduzir a um problema de cobertura/particionamento de conjuntos, que por sua vez é um problema NP-Difícil.

Dada a complexidade do PPT, a solução utilizando-se métodos exatos está limitado a instâncias pequenas e muitas vezes sintéticas, já que casos reais são relativamente mais complexos. Portanto, a utilização de heurísticas e metaheurísticas torna-se indispensável para a solução de problemas reais.

O uso de métodos exatos oferece uma garantia de otimalidade no processo de solução a um custo de tempo de processamento. Por outro lado, a utilização de métodos heurísticos permite uma solução muito mais rápida ao custo de precisão.

A utilização de métodos híbridos (que empregam métodos heurísticos e exatos) oferecem uma alternativa que agrega a velocidade dos métodos heurísticos com a alta precisão dos métodos exatos. Neste trabalho desenvolveu-se um *framework* que agrega o método de geração de colunas a um conjunto de metaheurísticas. Com base na sua utilização na literatura escolheu-se as seguintes heurísticas: *Hill Climbing*, *Simulated Annealing*, *Ant Colony Optimization* e Busca Tabu.

A experimentação consistiu na solução das instâncias de PPT presentes na OR-Library. Os testes foram divididos em três cenários. O primeiro cenário consistiu no teste referência onde

solucionou-se as instâncias utilizando-se o método puramente exato encontrado na literatura. O segundo cenário solucionou as instâncias utilizando-se as heurísticas de modo encadeado, onde uma é executada após a outra conforme a necessidade. O terceiro cenário dividiu-se em 4 testes,

| Heurística | Acerto | Erro  |
|------------|--------|-------|
| hc         | 0.477  | 0.523 |
| sa         | 0.183  | 0.819 |
| aco        | 0.354  | 0.646 |
| tabu       | 0.849  | 0.151 |
| todos      | 0.901  | 0.099 |
| exact      | 1.000  | 0.000 |

| Heurística | Tempo   | Fator desempenho |
|------------|---------|------------------|
| hc         | 114.719 | 4.853            |
| sa         | 333.573 | 1.669            |
| aco        | 547.167 | 1.017            |
| tabu       | 58.988  | 9.437            |
| todos      | 66.966  | 8.313            |
| exact      | 556.733 | 1.000            |

onde cada um constituiu na utilização individual de cada heurística.

**Fig. 1** Taxa de acerto

**Fig. 2** Desempenho relativo

Os resultados coletados foram analisados e condensados considerando-se a relação entre o sucesso de cada heurística comparada com o método exato e o seu desempenho relativo. Observando-se a Figura 1 observa-se que a busca Tabu teve o melhor desempenho individual, enquanto que a utilização das heurísticas encadeadas ofereceu a maior taxa de acerto entre os métodos não exatos. A taxa de acerto de 1.0 do método exato está associada a sua precisão. A Figura 2 apresenta o desempenho relativo dos métodos heurísticos comparados ao método exato. Observa-se que a Busca Tabu obteve o melhor tempo de solução, em segundo lugar o método com as heurísticas encadeadas seguido pelo *Hill Climbing*. Nota-se ainda que existe uma relação entre a taxa de acerto do método e o seu tempo de solução.

Neste trabalho analisou-se o efeito da combinação da geração de coluna a métodos heurísticos. Com base nos experimentos realizados pode-se observar uma relação entre a taxa de acerto das heurísticas e o *speedup* obtido. Pode-se ainda observar quais os efeitos da geração de um grande número de colunas no modelo. Os resultados obtidos deste trabalho deram origem a dois artigos aceitos e a escrita de um terceiro artigo que está sendo finalizado. Desenvolveu-se ainda um trabalho de conclusão de curso seguindo a mesma linha de pesquisa.