

## Heurística para o Problema de Carregamento de Contêiner Integrado com Roteirização

Thais Aparecida Silva Camacho (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Ademir Aparecido Constantino (Orientador), e-mail: ra93807@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá /Departamento de Informática /Maringá, PR.

### Metodologia e Técnicas da Computação

**Palavras-chave:** empacotamento, heurísticas, pcc

### Resumo:

O problema de carregamento de contêineres (PCC) consiste em posicionar um conjunto de itens tridimensionais dentro de um local (contêiner) otimizando alguma função objetivo e atendendo a um conjunto de restrições. Este problema possui diversas variantes e sua classificação está diretamente ligada a suas restrições. O objetivo neste trabalho é estudar e classificar os algoritmos heurísticos para versões correlatas do problema. Além disso, procura-se propor e avaliar um método heurístico para uma versão do problema que considera restrições de balanceamento da carga e roteirização.

### Introdução

Nos dias atuais um dos maiores problemas das indústrias é o de embalar objetos de diferentes volumes em um número finito de recipientes de volume  $V$  de forma que minimize o número de recipientes utilizados. Na literatura, esse problema é conhecido como problema de empacotamento e sua complexidade é NP-Difícil.

Existem muitas variações deste problema, uma delas é o problema de carregamento de contêineres (PCC), que é um problema de empacotamento tridimensional no qual caixas precisam ser arranjadas em contêineres, de maneira a otimizar um certo objetivo. Os dois objetivos principais que podem ser considerados são: *i*) minimizar o volume total dos contêineres utilizados e *ii*) maximizar o volume de caixas dentro dos contêineres disponíveis. Onde se utiliza a abordagem *i* quando se deseja minimizar a quantidade de contêineres utilizados e a abordagem *ii* quando se tem apenas um contêiner disponível.

Além das restrições triviais, como as restrições geométricas envolvidas, outras restrições podem ser consideradas como o balanceamento da carga

e a ordem de descarregamento da mesma. As primeiras pesquisas sobre o problema de carregamento de contêineres, consideravam apenas duas restrições: as caixas devem ser empacotadas completamente dentro dos contêineres e as caixas empacotadas não devem ocupar o mesmo lugar dentro do contêiner. Com o passar do tempo, teve-se que considerar outras restrições que são muito comuns e importantes na prática.

## Resultados e Discussão

O problema de empacotamento tridimensional de carregamento de caixas dentro de um contêiner é conhecido por problema de empacotamento em contêineres (PCC). Os algoritmos exatos para esse problema ou possui custo computacional alto ou ainda são não conhecidos. Com isso, uma alternativa aos algoritmos exatos são os algoritmos heurísticos (H) e os algoritmos meta-heurísticos (MH), os métodos H e MH podem alcançar a solução rapidamente, no entanto não garantem que a solução encontrada será a solução ótima, ou seja, podem sacrificar a otimalidade.

Existem dois tipos do PCC, um cujo objetivo é maximizar o volume das caixas empacotadas e o outro que envolve a minimização do número de contêineres necessários para empacotar um determinado conjunto de caixas. Para ambos existem métodos H e métodos MH que os solucionam. No entanto, este presente trabalho foca no primeiro tipo.

As abordagens de métodos H do PCC se diferenciam de acordo com a forma de colocação das caixas dentro do contêiner, ou seja, se diferenciam de acordo com a construção da solução. Algumas abordagens heurísticas encontradas consideram a construção de paredes verticais. Além da construção em paredes, também tem-se na literatura abordagens heurísticas cujos empacotamentos são construídos através de arranjos em camadas horizontais. Outra abordagem construtiva é o empacotamento realizando a colocação de colunas de caixas.

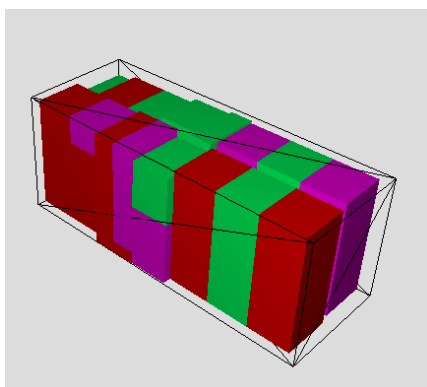
De acordo com Junqueira, Morabito e Yamashita (2011, p. 2), os métodos MH são heurísticas de pesquisa em um espaço de soluções que são divididas em duas classes. A primeira classe corresponde aos métodos que exploram uma vizinhança como a Busca Tabu. Já a segunda classe, são os métodos que exploram uma população como o Algoritmo Genético. Na literatura, o PCC possui abordagens na segunda classe. Como exemplo, tem-se a abordagem com Algoritmo Genético proposta pelos autores Gehring e Bortfeldt (1997).

O PCC integrado com a roteirização pode ser tratado de duas formas. Uma forma é considerar que o roteiro já é conhecido, restando apenas encontrar a melhor forma de realizar o carregamento dentro do contêiner. Já na segunda forma, deve-se primeiro definir o roteiro e depois realizar o carregamento, levando em consideração o roteiro definido. Na literatura tem-

se abordagens tratando as duas formas, no entanto, no presente trabalho considera-se a primeira forma.

Com relação ao balanceamento de carga, Moura (2005, p. 54) diz que é possível obter uma melhora do balanceamento no contêiner através da rotação ou troca de blocos, pois com essa mudança, normalmente implica em uma mudança na posição do centro de gravidade ao longo do contêiner.

A abordagem proposta neste trabalho foi baseada no algoritmo de Gehring e Bortfeldt (1997), portanto, divide-se em duas partes. Na primeira parte, tem-se uma heurística construtiva que busca construir pilhas de caixa, mantendo as restrições de roteirização. Na segunda parte, utiliza-se do Algoritmo Genético para encontrar a posição correta das pilhas no contêiner, mantendo o balanceamento da carga e a maximização do volume utilizado do contêiner. A solução encontrada para o caso de teste 1, pode ser verificada na Figura 1.



**Figura 1** – Resultado da abordagem proposta para o caso de teste 1.

Com essa abordagem tem-se a diminuição da complexidade do problema, já que tem-se a transformação do problema tridimensional em um problema bidimensional. De fato, como as pilhas são montadas na primeira parte, na segunda parte basta encaixar as pilhas no contêiner sem se preocupar com as alturas da mesma.

## Conclusões

Após realização de uma revisão da literatura com o objetivo de classificar os problemas e restrições abordadas, obteve-se que na literatura o problema de carregamento de contêiner possui estudos utilizando métodos heurísticos e métodos meta-heurísticos. Ao mesmo tempo, tem-se que o problema em questão possui uma gama de variações de acordo com as restrições a serem consideradas.

## Agradecimentos

Agradecimentos ao CNPq e a Fundação Araucária pelo auxílio.

## Referências

JUNQUEIRA, Leonardo et al. Abordagens para problemas de carregamento de contêineres com considerações de múltiplos destinos. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 2, p. 265-284, 2011.

GEHRING, Hermann; BORTFELDT, Andreas. A genetic algorithm for solving the container loading problem. **International transactions in operational research**, v. 4, n. 5-6, p. 401-418, 1997.

MOURA, Ana Maria Pinto de. Abordagens heurísticas para o planejamento de rotas e carregamento de veículos. 2005.