

Problemas de Empacotamento

métodos heurísticos baseados em *bottom-left*

Gabriel Medeiros Lopes Carneiro
Orientador: Pedro Belin Castellucci
Coorientador: Rafael de Santiago

Universidade Federal de Santa Catarina

11 de maio de 2023



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

Problemas de Empacotamento
métodos heurísticos baseados em *bottom-left*

Gabriel Medeiros Lopes Carneiro
Orientador: Pedro Belin Castellucci
Coorientador: Rafael de Santiago

Universidade Federal de Santa Catarina

11 de maio de 2023



Sumário

1. Conceitos básicos

Modelos de otimização

Tipos de soluções

Métodos exatos × heurísticos

2. Problema

N-dimensões

Tipos de peças

Classificação

Variantes

3. *Bottom-left*

Critérios de ordenação

Regiões

Testes

4. Resultados

Comparativo - Ordenação

5. Conclusão



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ Sumário

Sumário

1. Conceitos básicos
 - Modelos de otimização
 - Tipos de soluções
 - Métodos exatos × heurísticos
2. Problema
 - N-dimensões
 - Tipos de peças
 - Classificação
 - Variantes
3. *Bottom-left*
 - Critérios de ordenação
 - Regiões
 - Testes
4. Resultados
 - Comparativo - Ordenação
5. Conclusão

$$\min/\max f(x), x \in \mathcal{X}.$$

- x : variável de decisão, $x = x_1, x_2, \dots, x_n$.
- \mathcal{X} : conjunto factível ou domínio;
- $f(x)$: função objetivo.

$$\min/\max f(x), x \in \mathcal{X}.$$

- x : variável de decisão, $x = x_1, x_2, \dots, x_n$.
- \mathcal{X} : conjunto factível ou domínio;
- $f(x)$: função objetivo.



Tipos de soluções

- Factual.
 - Problema ilimitado.
- Infactível.
- Ótima.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ Conceitos básicos

└ Tipos de soluções

└ Tipos de soluções

Tipos de soluções

- Factual.
 - Problema ilimitado.
- Infactível.
- Ótima.

Métodos exatos × heurísticos

Exatos

- Solução ótima.
- Tempo.
- Recursos.

Heurísticos

- Solução factível.
- Simplicidade.
- Grande porte.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ Conceitos básicos

└ Métodos exatos × heurísticos

└ Métodos exatos × heurísticos

Exatos

- Solução ótima.
- Tempo.
- Recursos.

Heurísticos

- Solução factível.
- Simplicidade.
- Grande porte.

Problema

Alocar peças em um espaço.

- Difícil resolução.
- N -dimensional.
- Tipos de peças.
- Classificação.
- Variantes.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ Problema

└ Problema

Problema

Alocar peças em um espaço.

- Difícil resolução.
- N -dimensional.
- Tipos de peças.
- Classificação.
- Variantes.

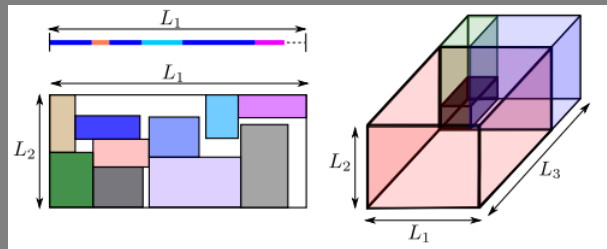


Figura: Represeção 1D, 2D e 3D.

2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ Problema

└└ N -dimensões

└└└ N -dimensões

N -dimensões

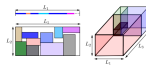


Figura: Represeção 1D, 2D e 3D.

Tipos de peças

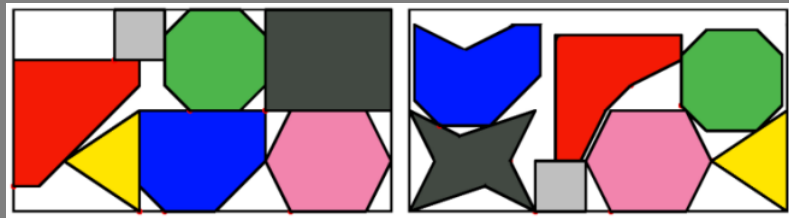


Figura: Exemplos de peças regulares (esquerda) e irregulares (direita).

2023-05-11

Problemas de Empacotamento

- └ Problema

- └ Tipos de peças

- └ Tipos de peças

Tipos de peças



Figura: Exemplos de peças regulares (esquerda) e irregulares (direita).

- Empacotamento em faixa.

- Dado um conjunto de itens e uma caixa com comprimento fixo, queremos encontrar uma solução de altura mínima.

- Empacotamento em faixa.
- Empacotamento da mochila.



└ Problema

└ Classificação

└ Classificação

- Empacotamento em faixa.
- Empacotamento da mochila.

- Dado um conjunto de itens e uma caixa com comprimento fixo, queremos encontrar uma solução de altura mínima.
- Nesse caso, queremos maximizar o valor da caixa (geralmente é a área da caixa).

- Empacotamento em faixa.
- Empacotamento da mochila.
- Empacotamento em caixas.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ Problema

└ Classificação

└ Classificação

Classificação

- Empacotamento em faixa.
- Empacotamento da mochila.
- Empacotamento em caixas.

- Dado um conjunto de itens e uma caixa com comprimento fixo, queremos encontrar uma solução de altura mínima.
- Nesse caso, queremos maximizar o valor da caixa (geralmente é a área da caixa).
- Minimizar o número de caixas necessárias para empacotar todos os itens.

- Empacotamento em faixa.
- Empacotamento da mochila.
- Empacotamento em caixas.
- Empacotamento ortogonal.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ Problema

└ Classificação

└ Classificação

Classificação

- Empacotamento em faixa.
- Empacotamento da mochila.
- Empacotamento em caixas.
- Empacotamento ortogonal.

- Dado um conjunto de itens e uma caixa com comprimento fixo, queremos encontrar uma solução de altura mínima.
- Nesse caso, queremos maximizar o valor da caixa (geralmente é a área da caixa).
- Minimizar o número de caixas necessárias para empacotar todos os itens.
- Alocar todos os itens numa caixa.
- Todos os problemas são NP-difícil, com exceção do ortogonal (NP-completo).

- Corte guilhotinado.



- Corte guilhotinado.

- Corte guilhotinado.
- Rotações ortogonais.



└ Problema

└ Variantes

└ Variantes

- Consiste em cortar a caixa de forma paralela a um dos lados de forma recursiva.
- É um modo de relaxar o problema, permitindo rotações de 90° nos itens.

- Corte guilhotinado.
- Rotações ortogonais.

- Corte guilhotinado.
- Rotações ortogonais.
- Restrições de carga e descarga.



- Corte guilhotinado.
- Rotações ortogonais.
- Restrições de carga e descarga.

- Consiste em cortar a caixa de forma paralela a um dos lados de forma recursiva.
- É um modo de relaxar o problema, permitindo rotações de 90° nos itens.
- Algumas peças precisam ser posicionadas em certa posição ou próximas a outras.

- Corte guilhotinado.
- Rotações ortogonais.
- Restrições de carga e descarga.
- Caixas de tamanho variável.



└ Problema

└└ Variantes

└└└ Variantes

- Corte guilhotinado.
- Rotações ortogonais.
- Restrições de carga e descarga.
- Caixas de tamanho variável.

- Consiste em cortar a caixa de forma paralela a um dos lados de forma recursiva.
- É um modo de relaxar o problema, permitindo rotações de 90° nos itens.
- Algumas peças precisam ser posicionadas em certa posição ou próximas a outras.
- Define que caixas não precisam ter o mesmo tamanho (aplicável somente para Empacotamento em Caixas.)

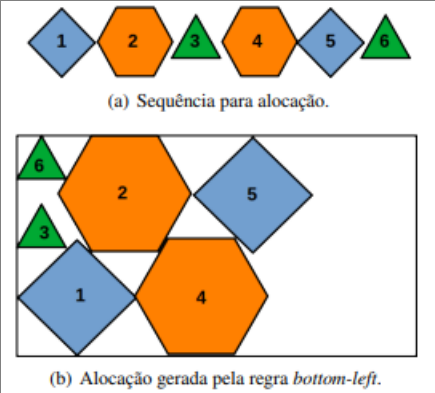


Figura: Representação de alocação.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ Bottom-left

└ Bottom-left

Bottom-left

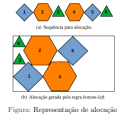


Figura: Representação de alocação.

Critérios de ordenação

- Área.
- Perímetro.
- Largura.
- Altura.
- Id.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ *Bottom-left*

└ Critérios de ordenação

└ Critérios de ordenação

Critérios de ordenação

- Área.
- Perímetro.
- Largura.
- Altura.
- Id.

- Vertical.
- Horizontal.
- $\max(\text{área})$.
- Nenhuma.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ *Bottom-left*

└ Regiões

└ Regiões

Regiões

- Vertical.
- Horizontal.
- $\max(\text{área})$.
- Nenhuma.

- 45 Instâncias.
 - BKW.
 - GCUT.
 - NGCUT.
 - OF.
 - OKP.
- 5 testes por configuração.
- 9000 execuções.
- ± 5 horas.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ *Bottom-left*

└ Testes

└ Testes

Testes

- 45 Instâncias.
 - BKW.
 - GCUT.
 - NGCUT.
 - OF.
 - OKP.
- 5 testes por configuração.
- 9000 execuções.
- ± 5 horas.

Comparativo - Ordenação

Descending	Wons	Draws	Quality %	Items %	Time (s)
F	167	8	57.306	47.6518	2.37153
T	736	8	78.9136	46.3642	1.77985



2023-05-11

- Problemas de Empacotamento
 - Resultados
 - Comparativo - Ordenação
 - Comparativo - Ordenação

Comparativo - Ordenação					
Descending	Wons	Draws	Quality %	Items %	Time (s)
F	167	8	57.306	47.6518	2.37153
T	736	8	78.9136	46.3642	1.77985

Comparativo - Ordenação

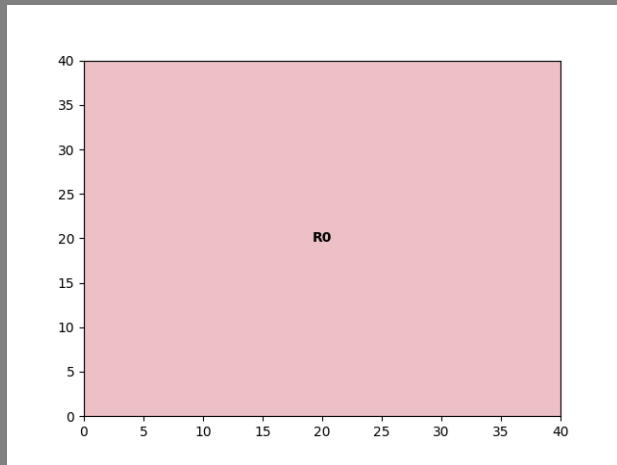


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ Resultados

└ Comparativo - Ordenação

└ Comparativo - Ordenação

Comparativo - Ordenação

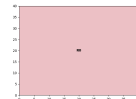


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.

Comparativo - Ordenação

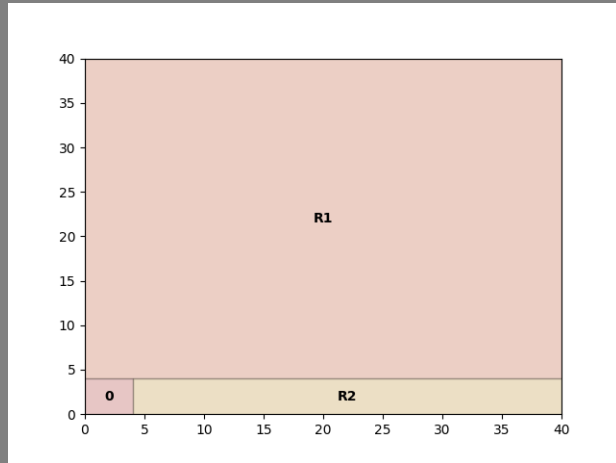


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└ Resultados

└ Comparativo - Ordenação

└ Comparativo - Ordenação

Comparativo - Ordenação

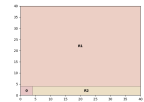


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.

Comparativo - Ordenação

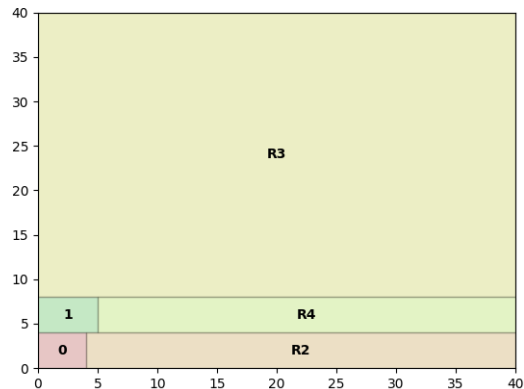


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

Resultados

Comparativo - Ordenação

Comparativo - Ordenação

Comparativo - Ordenação

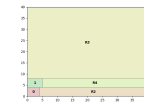


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.

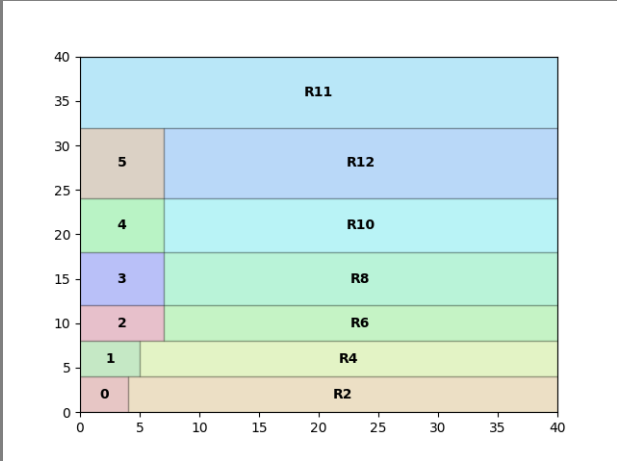
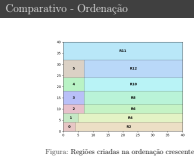


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.



Conclusão

- Resultados inesperados.
- Múltiplos métodos de solução.



2023-05-11

Problemas de Empacotamento

└─ Conclusão

└─ Conclusão

Conclusão

- Resultados inesperados.
- Múltiplos métodos de solução.