

# 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

10 de maio de 2023



2023-05-10

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

10 de maio de 2023



# Sumário

## 1. Conceitos básicos

Modelos de otimização

Tipos de soluções

Métodos exatos  $\times$  heurísticos

## 2. Problema

N-dimensões

Tipos de peças

Classificação

Variantes

## 3. *Bottom-left*

Critérios de ordenação

Regiões

Testes

## 4. Resultados

Configurações ruins

## 5. Conclusão



2023-05-10

# Problemas de Empacotamento

└ Sumário

## Sumário

1. Conceitos básicos
  - Modelos de otimização
  - Tipos de soluções
  - Métodos exatos  $\times$  heurísticos
2. Problema
  - N-dimensões
  - Tipos de peças
  - Classificação
  - Variantes
3. *Bottom-left*
  - Critérios de ordenação
  - Regiões
  - Testes
4. Resultados
  - Configurações ruins
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.



2023-05-10

## 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.



2023-05-10

## 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.



2023-05-10

## Problemas de Empacotamento

└ Problema

└ Problema

Problema

Alocar peças em um espaço.

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

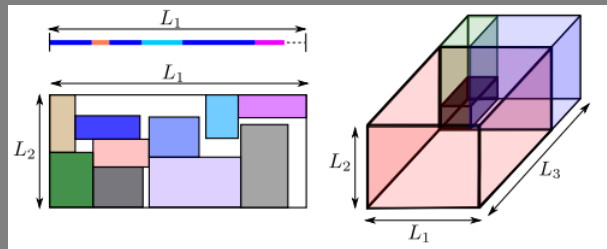


Figura: Represeção 1D, 2D e 3D.

2023-05-10

## Problemas de Empacotamento

└ Problema

└└  $N$ -dimensões

└└└  $N$ -dimensões

$N$ -dimensões

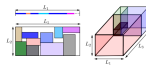


Figura: Represeção 1D, 2D e 3D.

# Tipos de peças

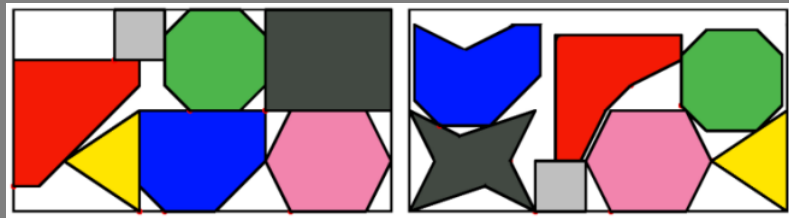


Figura: Exemplos de peças regulares (esquerda) e irregulares (direita).

2023-05-10

## 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.



2023-05-10

## Problemas de Empacotamento

└ Problema

└ Classificação

└ Classificação

1. NP-difícil

2. NP-difícil

- Empacotamento em faixa.

# Classificação

- Empacotamento em faixa.
- Empacotamento da mochila.



2023-05-10

## Problemas de Empacotamento

└ Problema

└ Classificação

└ Classificação

1. NP-difícil

2. NP-difícil

Classificação

- Empacotamento em faixa.
- Empacotamento da mochila.

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



└ Problema

└ Classificação

└ Classificação

1. NP-difícil

2. NP-difícil

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

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



2023-05-10

## Problemas de Empacotamento

└ Problema

└ Classificação

└ Classificação

1. NP-difícil

2. NP-difícil

Classificação

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

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



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

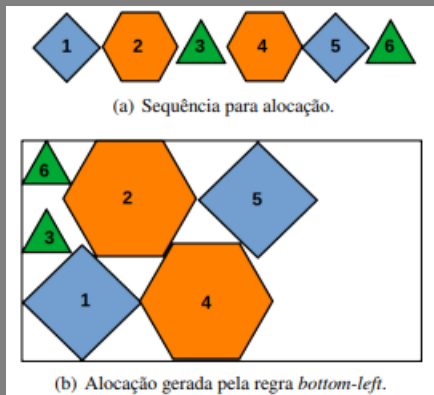


Figura: Representação de alocação.

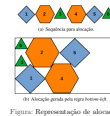
2023-05-10

## Problemas de Empacotamento

└ *Bottom-left*

└ *Bottom-left*

Bottom-left



# Critérios de ordenação

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



2023-05-10

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.



2023-05-10

## 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.
- $\pm 5$  horas.



2023-05-10

## Problemas de Empacotamento

└ *Bottom-left*

└ Testes

└ Testes

Testes

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

# Configurações ruins

2023-05-10

- Problemas de Empacotamento
  - Resultados
    - Configurações ruins
      - Configurações ruins

Configurações ruins

Tabela: Resultado da comparação entre Descending.

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

Tabela: Resultado da comparação entre Descending.

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



# Configurações ruins

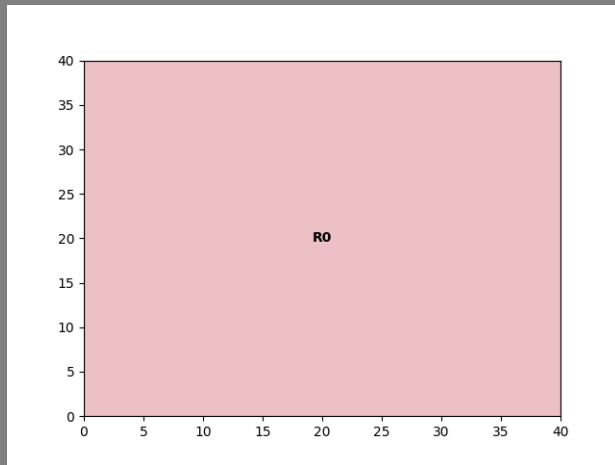


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.



2023-05-10

## Problemas de Empacotamento

└ Resultados

└ Configurações ruins

└ Configurações ruins

Configurações ruins

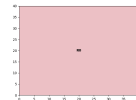


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.

# Configurações ruins

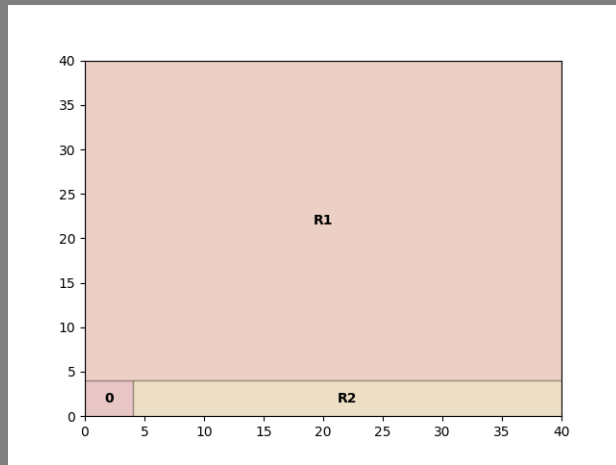


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.



2023-05-10

## Problemas de Empacotamento

└ Resultados

└ Configurações ruins

└ Configurações ruins

Configurações ruins

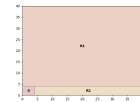


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.

# Configurações ruins

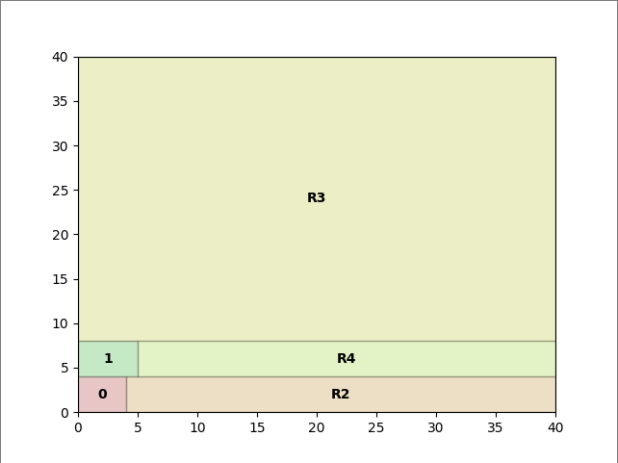


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.



2023-05-10

- Problemas de Empacotamento
  - Resultados
    - Configurações ruins
      - Configurações ruins

Configurações ruins

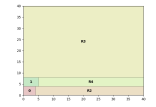


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.

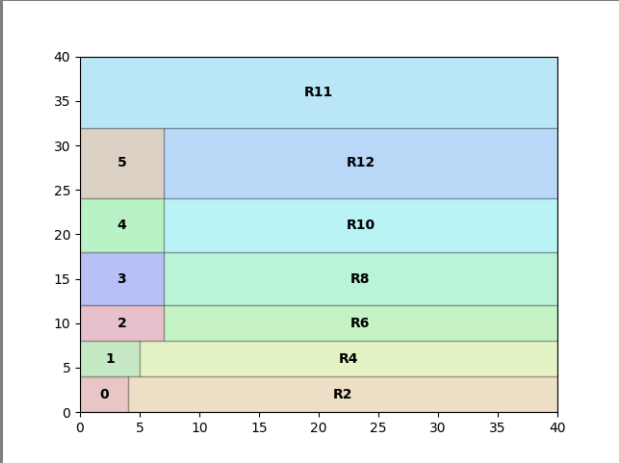


Figura: Regiões criadas na ordenação crescente.



# Conclusão

- Resultados inesperados.
- Múltiplos métodos de solução.



2023-05-10

## Problemas de Empacotamento

└─ Conclusão

└─ Conclusão

Conclusão

- Resultados inesperados.
- Múltiplos métodos de solução.