Ordenação

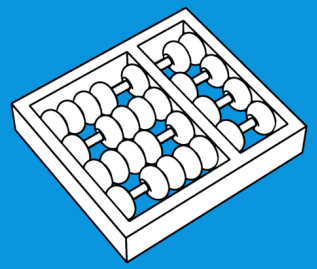
MC102 - Algoritmos e Programação de Computadores

05/24

21

Santiago Valdés Ravelo
https://ic.unicamp.br/~santiago/
ravelo@unicamp.br

UNICAMP



“A boa ordem é a base de todas as coisas.”

Edmund Burke.

Dúvidas da aula anterior

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?
- Não entendi exatamente a utilidade de w+, a+ e r+.

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?
- Não entendi exatamente a utilidade de w+, a+ e r+.
- Um programa em Python pode modificar o arquivo de onde próprio está rodando?

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?
- Não entendi exatamente a utilidade de w+, a+ e r+.
- Um programa em Python pode modificar o arquivo de onde próprio está rodando?
- Não entendi direito como funciona o encoding e como eu saberia qual usar em cada caso.

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?
- Não entendi exatamente a utilidade de w+, a+ e r+.
- Um programa em Python pode modificar o arquivo de onde próprio está rodando?
- Não entendi direito como funciona o encoding e como eu saberia qual usar em cada caso.
- Não entendi a diferença do arquivo.write() e arquivo.writelines().

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?
- Não entendi exatamente a utilidade de w+, a+ e r+.
- Um programa em Python pode modificar o arquivo de onde próprio está rodando?
- Não entendi direito como funciona o encoding e como eu saberia qual usar em cada caso.
- Não entendi a diferença do arquivo.write() e arquivo.writelines().
- Diferentes partes de um software podem ter diferentes tipos de codificação?

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?
- Não entendi exatamente a utilidade de w+, a+ e r+.
- Um programa em Python pode modificar o arquivo de onde próprio está rodando?
- Não entendi direito como funciona o encoding e como eu saberia qual usar em cada caso.
- Não entendi a diferença do arquivo.write() e arquivo.writelines().
- Diferentes partes de um software podem ter diferentes tipos de codificação?
- Existe alguma diferença de abrir o arquivo com o endereço local do "global"?

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?
- Não entendi exatamente a utilidade de w+, a+ e r+.
- Um programa em Python pode modificar o arquivo de onde próprio está rodando?
- Não entendi direito como funciona o encoding e como eu saberia qual usar em cada caso.
- Não entendi a diferença do arquivo.write() e arquivo.writelines().
- Diferentes partes de um software podem ter diferentes tipos de codificação?
- Existe alguma diferença de abrir o arquivo com o endereço local do "global"?
- Não entendi o conceito de "encoding".

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?
- Não entendi exatamente a utilidade de w+, a+ e r+.
- Um programa em Python pode modificar o arquivo de onde próprio está rodando?
- Não entendi direito como funciona o encoding e como eu saberia qual usar em cada caso.
- Não entendi a diferença do arquivo.write() e arquivo.writelines().
- Diferentes partes de um software podem ter diferentes tipos de codificação?
- Existe alguma diferença de abrir o arquivo com o endereço local do "global"?
- Não entendi o conceito de "encoding".
- Quando os slides serao disponibilizados na pagina da disciplina?

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?
- Não entendi exatamente a utilidade de w+, a+ e r+.
- Um programa em Python pode modificar o arquivo de onde próprio está rodando?
- Não entendi direito como funciona o encoding e como eu saberia qual usar em cada caso.
- Não entendi a diferença do arquivo.write() e arquivo.writelines().
- Diferentes partes de um software podem ter diferentes tipos de codificação?
- Existe alguma diferença de abrir o arquivo com o endereço local do "global"?
- Não entendi o conceito de "encoding".
- Quando os slides serao disponibilizados na pagina da disciplina?
- Não entendi como funciona o with as em python e se ele pode ser usado pra outras coisas além de arquivos.

Dúvidas selecionadas

- Não entendi direito como, na prática, seria escrever algo no meio de um arquivo com append. Você pode dar um exemplo?
- Tem como eu executar um código que esta dentro de um arquivo quando dou open?
- Se todo o arquivo que eu leio vem no formato de string, como que eu conseguiria ler uma imagem? Ela vem num formato tipo pbm?
- Não entendi exatamente a utilidade de w+, a+ e r+.
- Um programa em Python pode modificar o arquivo de onde próprio está rodando?
- Não entendi direito como funciona o encoding e como eu saberia qual usar em cada caso.
- Não entendi a diferença do arquivo.write() e arquivo.writelines().
- Diferentes partes de um software podem ter diferentes tipos de codificação?
- Existe alguma diferença de abrir o arquivo com o endereço local do "global"?
- Não entendi o conceito de "encoding".
- Quando os slides serao disponibilizados na pagina da disciplina?
- Não entendi como funciona o with as em python e se ele pode ser usado pra outras coisas além de arquivos.
- Quando devo usar os.path.join ao invés de concatenar strings para formar caminhos de arquivos?

Lembrando definições

Problema Computacional

Um **problema computacional** é uma **função** que relaciona cada possível **entrada** com um conjunto de **saídas**:

Problema Computacional

Um **problema computacional** é uma **função** que relaciona cada possível **entrada** com um conjunto de **saídas**:

- A entrada é o que chamamos de **instância**.

Problema Computacional

Um **problema computacional** é uma **função** que relaciona cada possível **entrada** com um conjunto de **saídas**:

- A entrada é o que chamamos de **instância**.
- A saída é o que chamamos de **solução**.

Problema Computacional

Um **problema computacional** é uma **função** que relaciona cada possível **entrada** com um conjunto de **saídas**:

- A entrada é o que chamamos de **instância**.
- A saída é o que chamamos de **solução**.

Mínimo: Dada uma lista l de números, encontrar o índice do menor valor que aparece em l:

Problema Computacional

Um **problema computacional** é uma **função** que relaciona cada possível **entrada** com um conjunto de **saídas**:

- A entrada é o que chamamos de **instância**.
- A saída é o que chamamos de **solução**.

Mínimo: Dada uma lista l de números, encontrar o índice do menor valor que aparece em l:

- Instância: $l = [7, 1, 3, -2, 9, -2]$.

Problema Computacional

Um **problema computacional** é uma **função** que relaciona cada possível **entrada** com um conjunto de **saídas**:

- A entrada é o que chamamos de **instância**.
- A saída é o que chamamos de **solução**.

Mínimo: Dada uma lista l de números, encontrar o índice do menor valor que aparece em l:

- Instância: $l = [7, 1, 3, -2, 9, -2]$.
- Soluções: 3 e 5.

Problema Computacional

Sistema de Equações Lineares 2×2: Dados números a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, b_1 e b_2, encontrar x_1 e x_2 tal que:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2$$

Problema Computacional

Sistema de Equações Lineares 2×2: Dados números a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, b_1 e b_2, encontrar x_1 e x_2 tal que:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2$$

Exemplo: Se a instância é $a_{11} = 5$, $a_{12} = 20$, $a_{21} = 1$, $a_{22} = 2$, $b_1 = 5$ e $b_2 = 3$ então temos o seguinte sistema:

$$5x_1 + 20x_2 = 5$$
$$x_1 + 2x_2 = 3$$

e a solução (única) é $x_1 = 5$ e $x_2 = -1$.

Problema Computacional

Sistema de Equações Lineares 2×2: Dados números a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}, b_1 e b_2, encontrar x_1 e x_2 tal que:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2$$

Exemplo: Se a instância é $a_{11} = 5$, $a_{12} = 20$, $a_{21} = 1$, $a_{22} = 2$, $b_1 = 5$ e $b_2 = 3$ então temos o seguinte sistema:

$$5x_1 + 20x_2 = 5$$
$$x_1 + 2x_2 = 3$$

e a solução (única) é $x_1 = 5$ e $x_2 = -1$.

Sistema de Equações Lineares: Dados $\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{n \times m}$ e $\mathbf{b} \in \mathbb{R}^n$, encontrar $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^m$ tal que $A \cdot x = b$.

Problema Computacional

Caixeiro Viajante: Dados um número n de cidades e, para cada par (i, j) de cidades com $1 \leq i, j \leq n$, um número d_{ij} indicando a distância entre as cidades i e j, encontrar uma rota de distância mínima que percorra todas as cidades.

Problema Computacional

Caixeiro Viajante: Dados um número n de cidades e, para cada par (i, j) de cidades com $1 \leq i, j \leq n$, um número d_{ij} indicando a distância entre as cidades i e j, encontrar uma rota de distância mínima que percorra todas as cidades.

Temos vários outros problemas:

Problema Computacional

Caixeiro Viajante: Dados um número n de cidades e, para cada par (i, j) de cidades com $1 \leq i, j \leq n$, um número d_{ij} indicando a distância entre as cidades i e j, encontrar uma rota de distância mínima que percorra todas as cidades.

Temos vários outros problemas:

- Cálculos de expressões em geral.

Problema Computacional

Caixeiro Viajante: Dados um número n de cidades e, para cada par (i, j) de cidades com $1 \leq i, j \leq n$, um número d_{ij} indicando a distância entre as cidades i e j, encontrar uma rota de distância mínima que percorra todas as cidades.

Temos vários outros problemas:

- Cálculos de expressões em geral.
- Detectar primalidade.

Problema Computacional

Caixeiro Viajante: Dados um número n de cidades e, para cada par (i, j) de cidades com $1 \leq i, j \leq n$, um número d_{ij} indicando a distância entre as cidades i e j, encontrar uma rota de distância mínima que percorra todas as cidades.

Temos vários outros problemas:

- Cálculos de expressões em geral.
- Detectar primalidade.
- Buscar um texto em uma string.

Problema Computacional

Caixeiro Viajante: Dados um número n de cidades e, para cada par (i, j) de cidades com $1 \leq i, j \leq n$, um número d_{ij} indicando a distância entre as cidades i e j, encontrar uma rota de distância mínima que percorra todas as cidades.

Temos vários outros problemas:

- Cálculos de expressões em geral.
- Detectar primalidade.
- Buscar um texto em uma string.
- etc.

Problema Computacional

Caixeiro Viajante: Dados um número n de cidades e, para cada par (i, j) de cidades com $1 \leq i, j \leq n$, um número d_{ij} indicando a distância entre as cidades i e j, encontrar uma rota de distância mínima que percorra todas as cidades.

Temos vários outros problemas:

- Cálculos de expressões em geral.
- Detectar primalidade.
- Buscar um texto em uma string.
- etc.

No final das contas, cada exercício nos lab era um problema computacional.

Algoritmos

Um **ALGORITMO** é:

Algoritmos

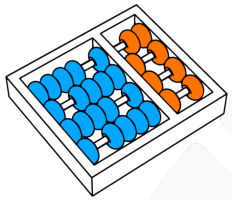
Um **ALGORITMO** é:

- Uma sequência de passos suficientemente simples:

Algoritmos

Um **ALGORITMO** é:

- Uma sequência de passos suficientemente simples:
  - Simples: o computador é capaz de executá-los.



Algoritmos

Um **ALGORITMO** é:

- Uma sequência de passos suficientemente simples:
  - Simples: o computador é capaz de executá-los.
  - Ou até mesmo uma pessoa com papel (e muita paciência).

Algoritmos

Um **ALGORITMO** é:

- Uma sequência de passos suficientemente simples:
  - Simples: o computador é capaz de executá-los.
  - Ou até mesmo uma pessoa com papel (e muita paciência).
  - De fato, existe uma definição matemática para isso. . .

Algoritmos

Um **ALGORITMO** é:

- Uma sequência de passos suficientemente simples:
  - Simples: o computador é capaz de executá-los.
  - Ou até mesmo uma pessoa com papel (e muita paciência).
  - De fato, existe uma definição matemática para isso. . .
- Que termina para qualquer entrada.

Algoritmos

Um **ALGORITMO** é:

- Uma sequência de passos suficientemente simples:
  - Simples: o computador é capaz de executá-los.
  - Ou até mesmo uma pessoa com papel (e muita paciência).
  - De fato, existe uma definição matemática para isso. . .
- Que termina para qualquer entrada.

Um algoritmo A resolve um problema computacional P se:

Algoritmos

Um **ALGORITMO** é:

- Uma sequência de passos suficientemente simples:
  - Simples: o computador é capaz de executá-los.
  - Ou até mesmo uma pessoa com papel (e muita paciência).
  - De fato, existe uma definição matemática para isso. . .
- Que termina para qualquer entrada.

Um algoritmo A resolve um problema computacional P se:

- Para qualquer instância de P.

Algoritmos

Um **ALGORITMO** é:

- Uma sequência de passos suficientemente simples:
  - Simples: o computador é capaz de executá-los.
  - Ou até mesmo uma pessoa com papel (e muita paciência).
  - De fato, existe uma definição matemática para isso. . .
- Que termina para qualquer entrada.

Um algoritmo A resolve um problema computacional P se:

- Para qualquer instância de P.
- A devolve uma solução para esta instância.

Algoritmos

Um **ALGORITMO** é:

- Uma sequência de passos suficientemente simples:
  - Simples: o computador é capaz de executá-los.
  - Ou até mesmo uma pessoa com papel (e muita paciência).
  - De fato, existe uma definição matemática para isso. . .
- Que termina para qualquer entrada.

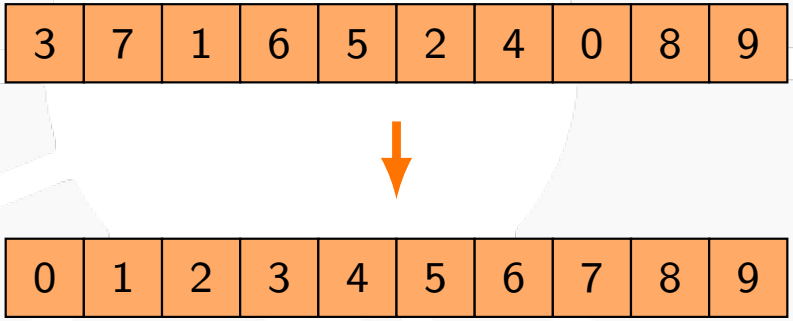
Um algoritmo A resolve um problema computacional P se:

- Para qualquer instância de P.
- A devolve uma solução para esta instância.
- Isto é, A sempre dá uma resposta correta para P.

Ordenação

Ordenação

Ordenação: Dada uma lista l de n elementos, rearranjar os elementos de l de forma que $l[0] \leq l[1] \leq \cdots \leq l[n-1]$.



Aquecimento — Ordenação de três elementos

Queremos ordenar uma lista de três elementos.

Aquecimento — Ordenação de três elementos

Queremos ordenar uma lista de três elementos.

- Há um algoritmo que verifica as $3! = 6$ possibilidade e ordena:

Aquecimento — Ordenação de três elementos

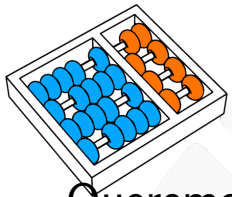
Queremos ordenar uma lista de três elementos.

- Há um algoritmo que verifica as $3! = 6$ possibilidade e ordena:
  - Mas isso claramente não escala para n elementos. . .

Aquecimento — Ordenação de três elementos

Queremos ordenar uma lista de três elementos.

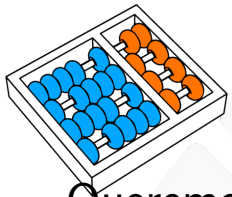
- Há um algoritmo que verifica as $3! = 6$ possibilidade e ordena:
  - Mas isso claramente não escala para n elementos. . .
- Ideia de um algoritmo menor (e útil):



Aquecimento — Ordenação de três elementos

Queremos ordenar uma lista de três elementos.

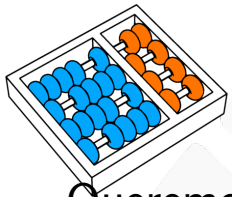
- Há um algoritmo que verifica as $3! = 6$ possibilidade e ordena:
  - Mas isso claramente não escala para n elementos. . .
- Ideia de um algoritmo menor (e útil):
  - Vamos colocar o menor elemento na primeira posição.



Aquecimento — Ordenação de três elementos

Queremos ordenar uma lista de três elementos.

- Há um algoritmo que verifica as $3! = 6$ possibilidade e ordena:
  - Mas isso claramente não escala para n elementos. . .
- Ideia de um algoritmo menor (e útil):
  - Vamos colocar o menor elemento na primeira posição.
  - Em seguida ordenamos **l[1]** e **l[2]**.



Aquecimento — Ordenação de três elementos

Queremos ordenar uma lista de três elementos.

- Há um algoritmo que verifica as $3! = 6$ possibilidade e ordena:
  - Mas isso claramente não escala para n elementos. . .
- Ideia de um algoritmo menor (e útil):
  - Vamos colocar o menor elemento na primeira posição.
  - Em seguida ordenamos **l[1]** e **l[2]**.

```
se l[0] > l[1]
  └ Troque l[0] com l[1]
se l[0] > l[2]
  └ Troque l[0] com l[2]
se l[1] > l[2]
  └ Troque l[1] com l[2]
```

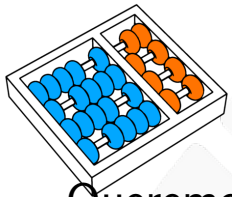
Aquecimento — Ordenação de três elementos

Queremos ordenar uma lista de três elementos.

- Há um algoritmo que verifica as $3! = 6$ possibilidade e ordena:
  - Mas isso claramente não escala para n elementos. . .
- Ideia de um algoritmo menor (e útil):
  - Vamos colocar o menor elemento na primeira posição.
  - Em seguida ordenamos **l[1]** e **l[2]**.

```
se l[0] > l[1]
  └ Troque l[0] com l[1]
se l[0] > l[2]
  └ Troque l[0] com l[2]
se l[1] > l[2]
  └ Troque l[1] com l[2]
```

O algoritmo resolve o problema pois:



Aquecimento — Ordenação de três elementos

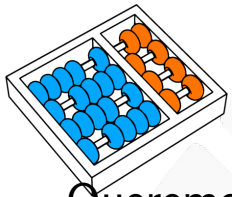
Queremos ordenar uma lista de três elementos.

- Há um algoritmo que verifica as $3! = 6$ possibilidade e ordena:
  - Mas isso claramente não escala para n elementos. . .
- Ideia de um algoritmo menor (e útil):
  - Vamos colocar o menor elemento na primeira posição.
  - Em seguida ordenamos **l[1]** e **l[2]**.

```
1 se l[0] > l[1]
2   Troque l[0] com l[1]
3 se l[0] > l[2]
4   Troque l[0] com l[2]
5 se l[1] > l[2]
6   Troque l[1] com l[2]
```

O algoritmo resolve o problema pois:

- Após a linha 2, **l[0]** tem o valor mínimo entre **l[0]** e **l[1]**.



Aquecimento — Ordenação de três elementos

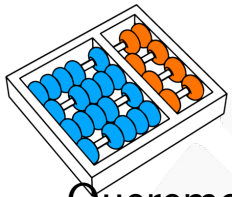
Queremos ordenar uma lista de três elementos.

- Há um algoritmo que verifica as $3! = 6$ possibilidade e ordena:
  - Mas isso claramente não escala para n elementos. . .
- Ideia de um algoritmo menor (e útil):
  - Vamos colocar o menor elemento na primeira posição.
  - Em seguida ordenamos **l[1]** e **l[2]**.

```
1 se l[0] > l[1]
2   Troque l[0] com l[1]
3 se l[0] > l[2]
4   Troque l[0] com l[2]
5 se l[1] > l[2]
6   Troque l[1] com l[2]
```

O algoritmo resolve o problema pois:

- Após a linha 2, **l[0]** tem o valor mínimo entre **l[0]** e **l[1]**.
- Após a linha 4, **l[0]** tem o valor mínimo entre **l[0]**, **l[1]** e **l[2]**.



Aquecimento — Ordenação de três elementos

Queremos ordenar uma lista de três elementos.

- Há um algoritmo que verifica as $3! = 6$ possibilidade e ordena:
  - Mas isso claramente não escala para n elementos. . .
- Ideia de um algoritmo menor (e útil):
  - Vamos colocar o menor elemento na primeira posição.
  - Em seguida ordenamos **l[1]** e **l[2]**.

```
1 se l[0] > l[1]
2   Troque l[0] com l[1]
3 se l[0] > l[2]
4   Troque l[0] com l[2]
5 se l[1] > l[2]
6   Troque l[1] com l[2]
```

O algoritmo resolve o problema pois:

- Após a linha 2, **l[0]** tem o valor mínimo entre **l[0]** e **l[1]**.
- Após a linha 4, **l[0]** tem o valor mínimo entre **l[0]**, **l[1]** e **l[2]**.
- Após a linha 6, **l** está ordenada.

SelectionSort

Ordenação por Seleção

Ideia:

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```

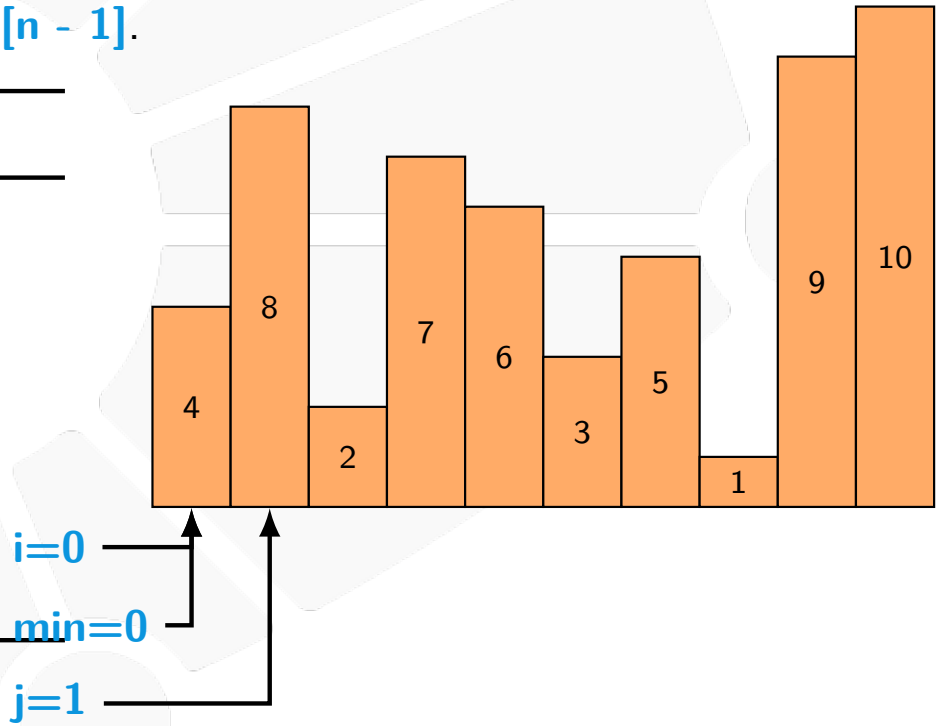
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



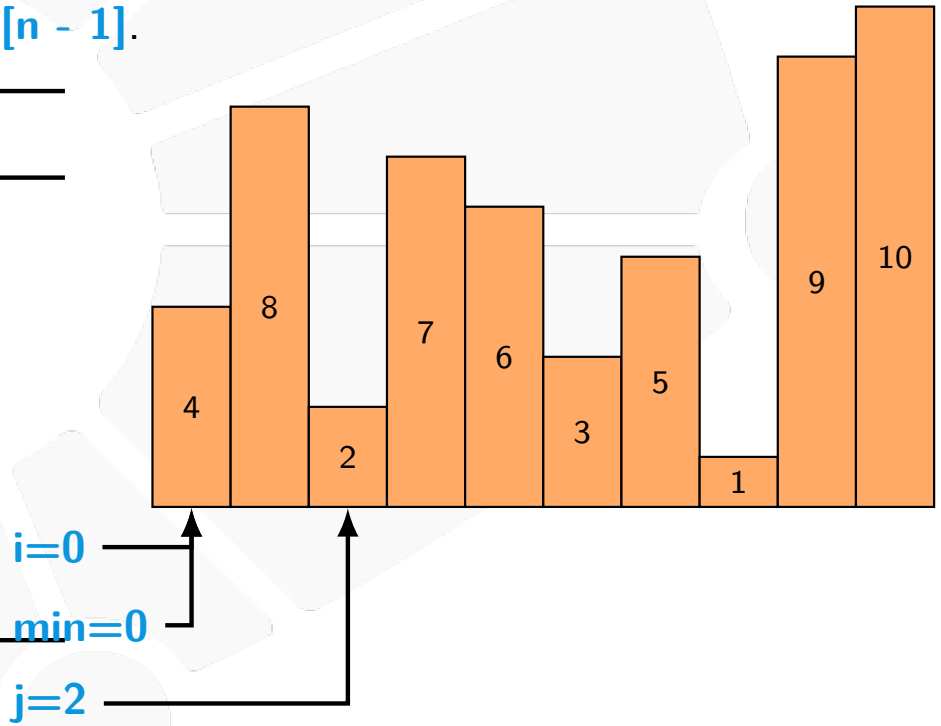
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



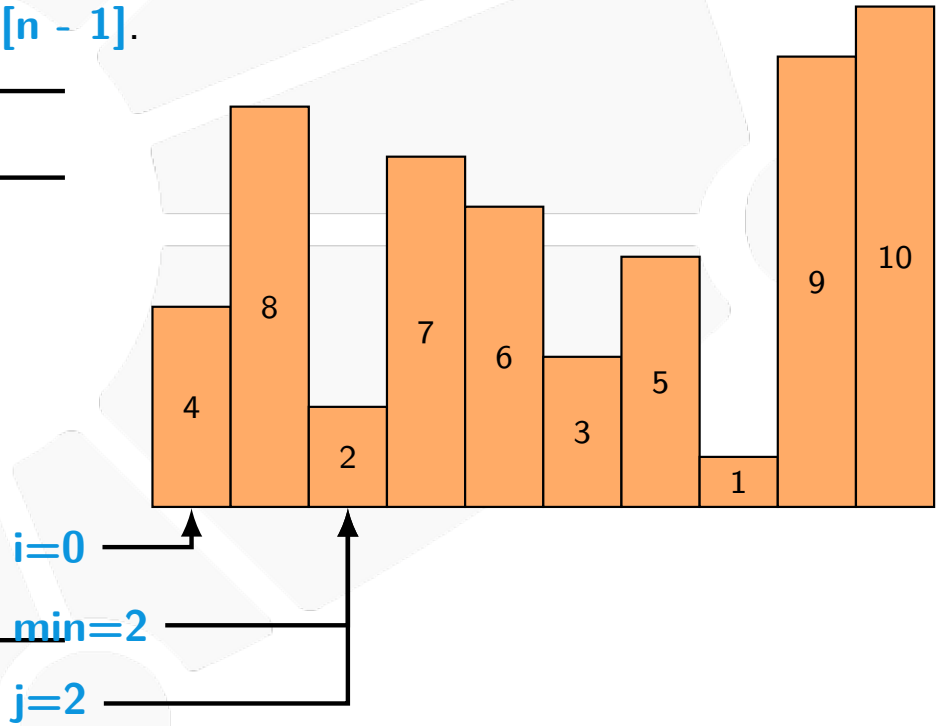
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



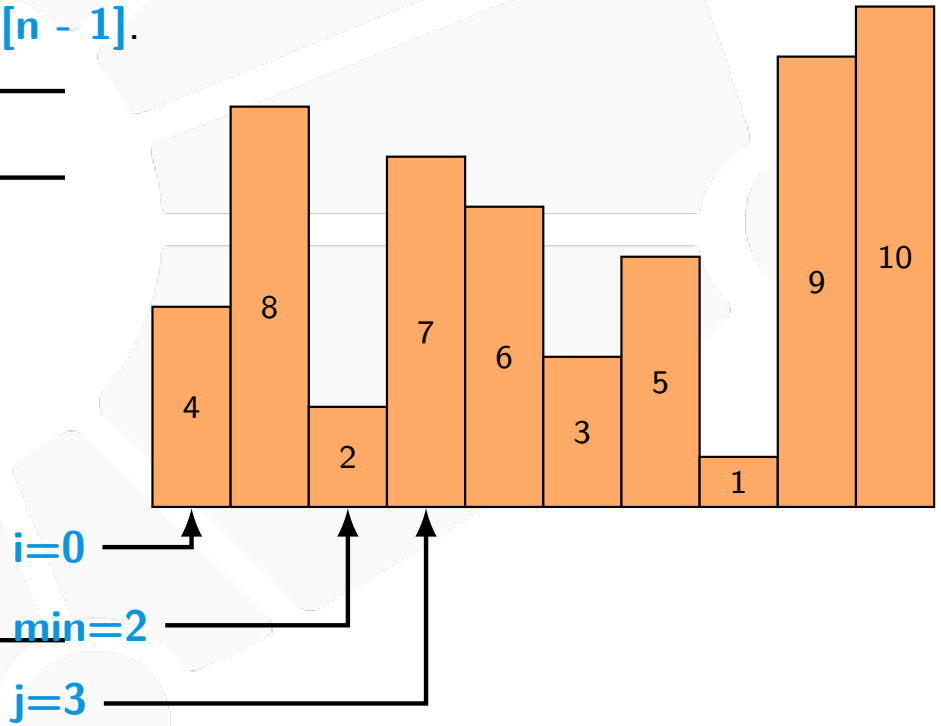
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



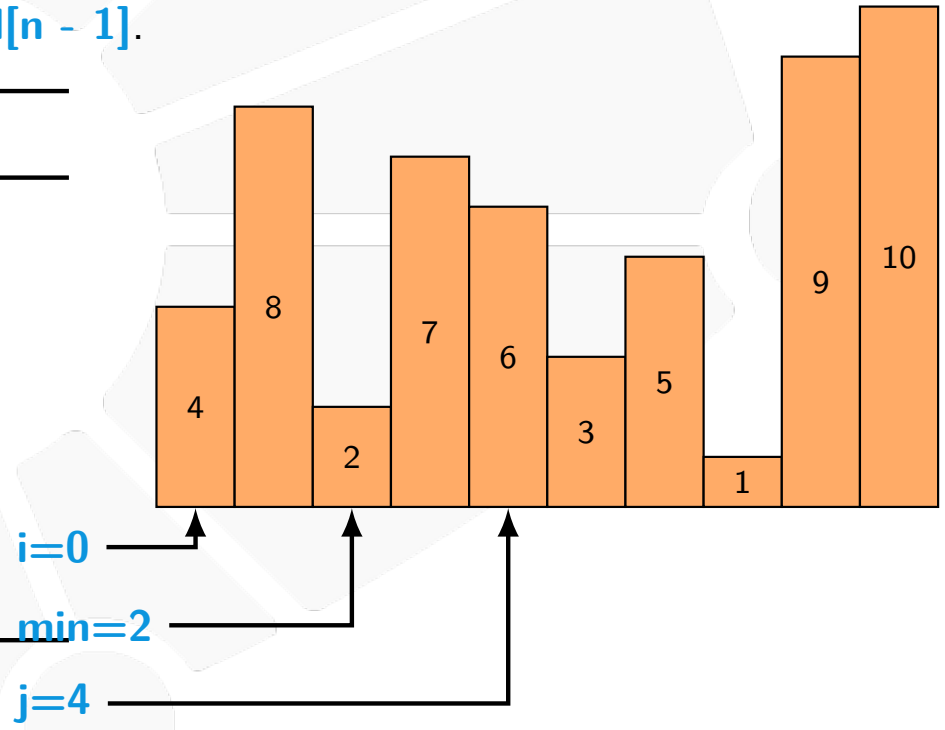
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



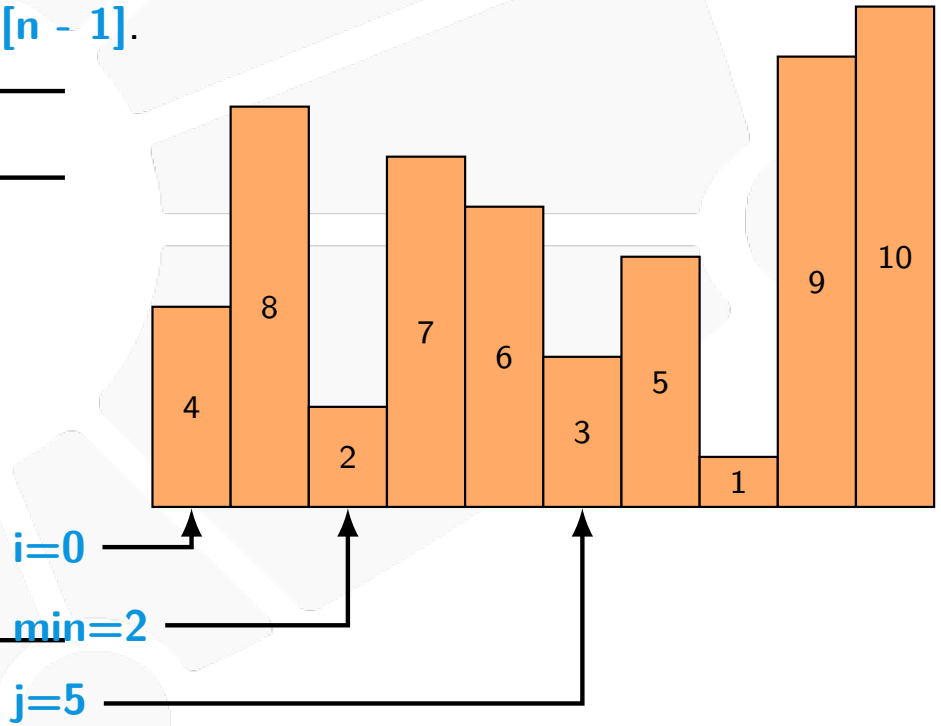
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



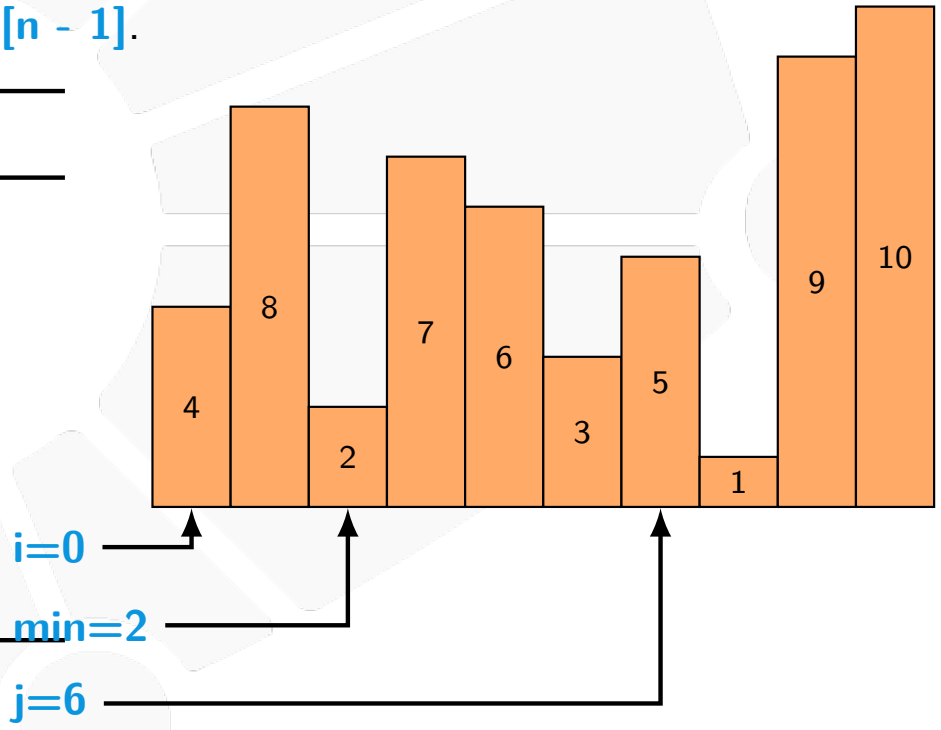
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



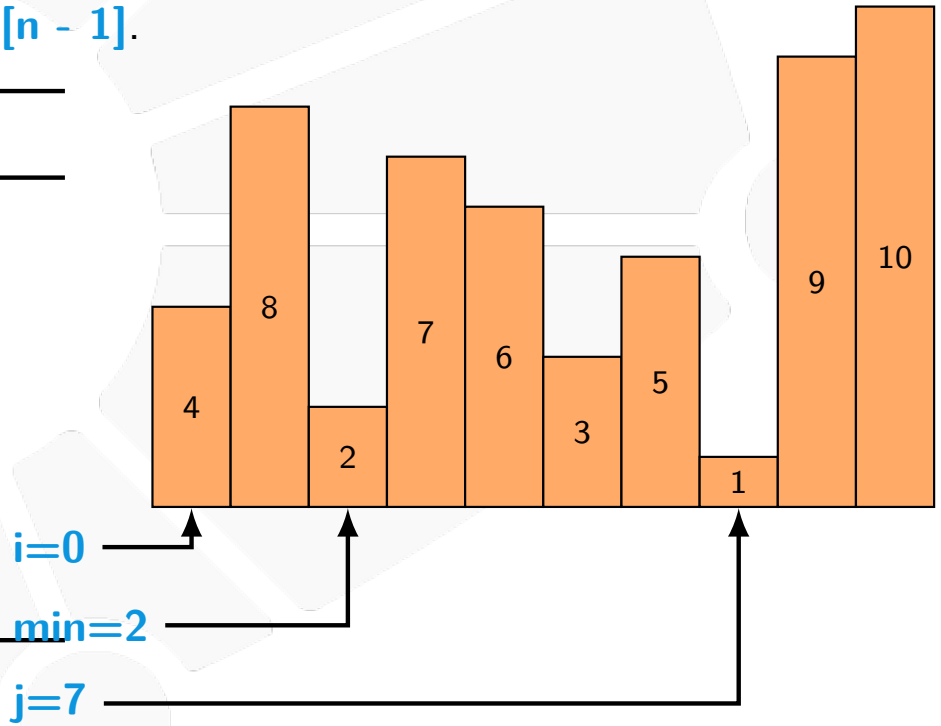
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



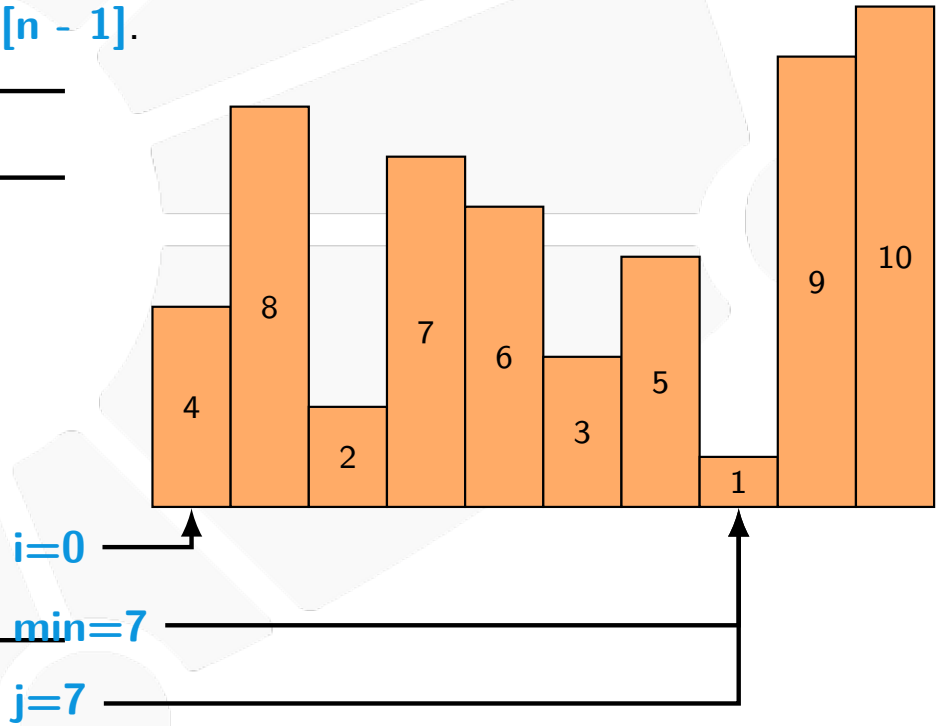
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



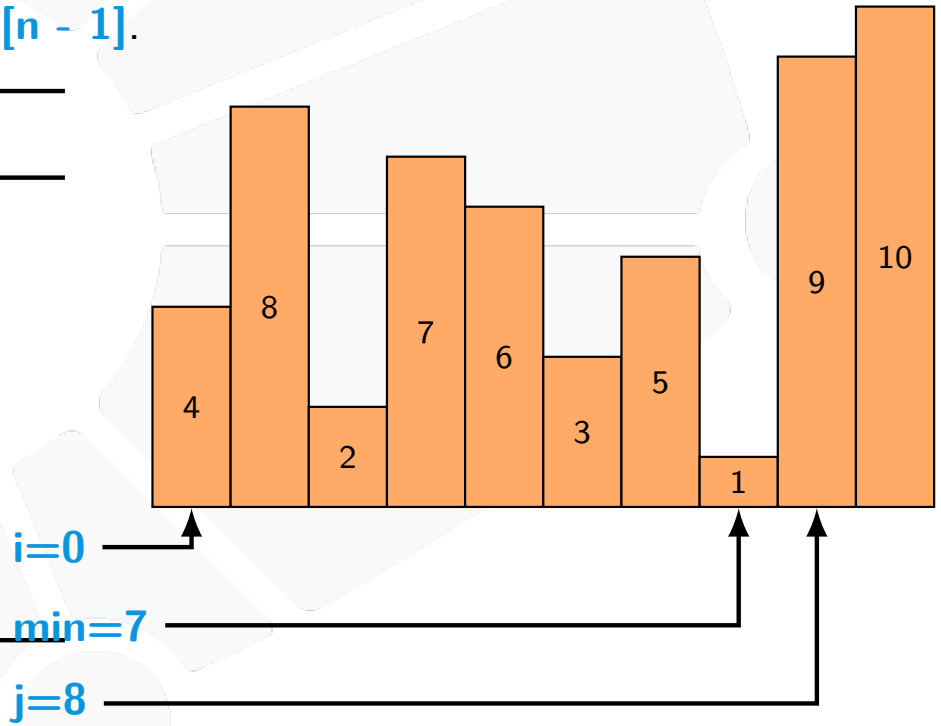
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



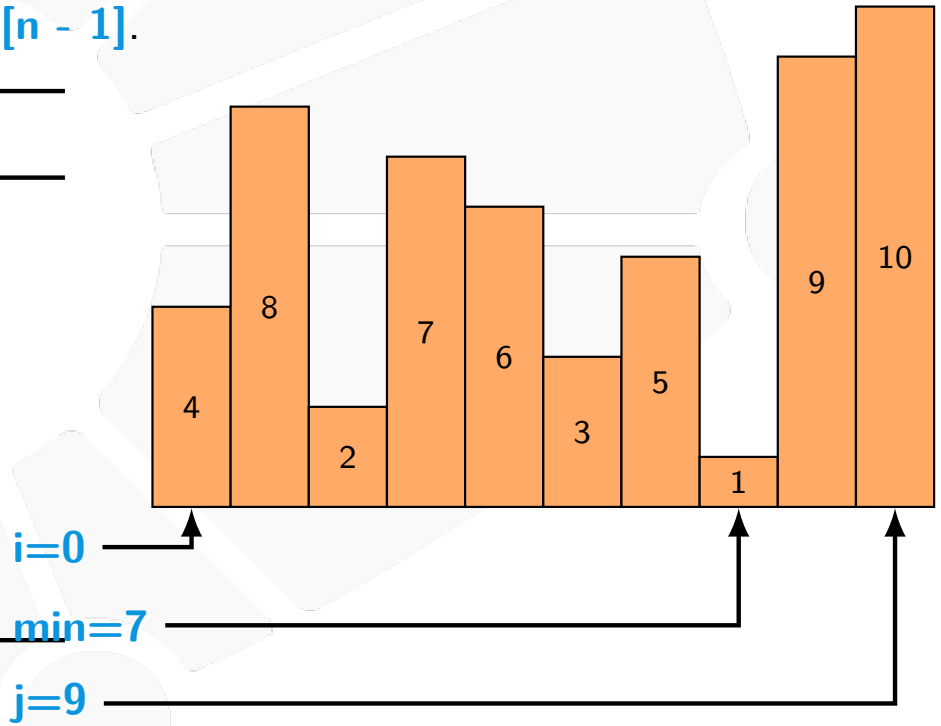
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



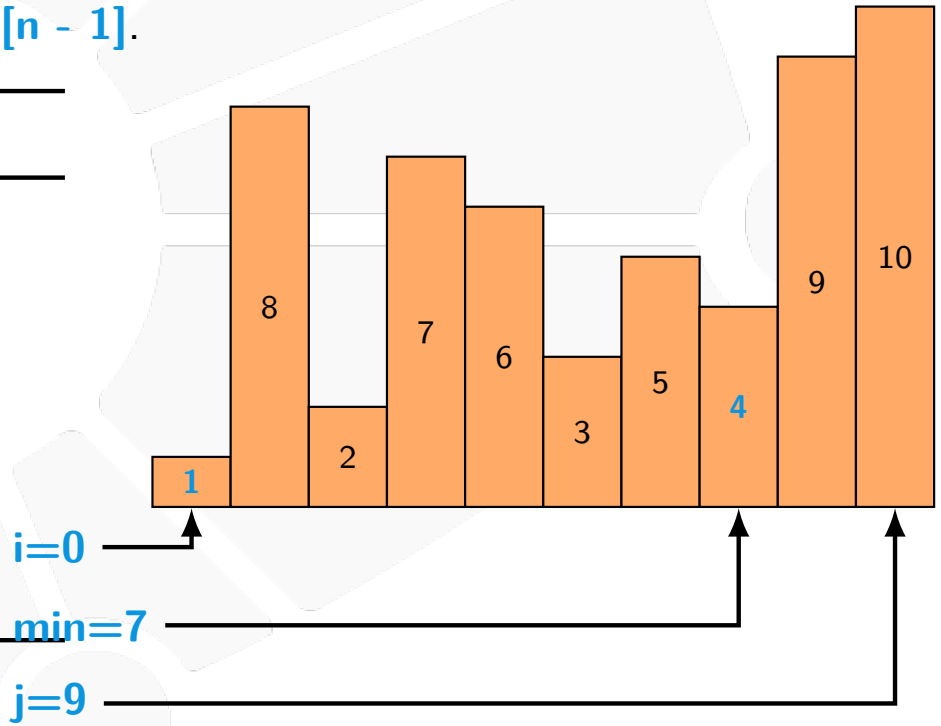
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **I[0]** com o mínimo de **I[0], . . ., I[n - 1]**.
- Trocar **I[1]** com o mínimo de **I[1], . . ., I[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **I[i]** com o mínimo de **I[i], . . ., I[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se I[j] < I[min]
            min ← j
    Troque I[i] com I[min]
```



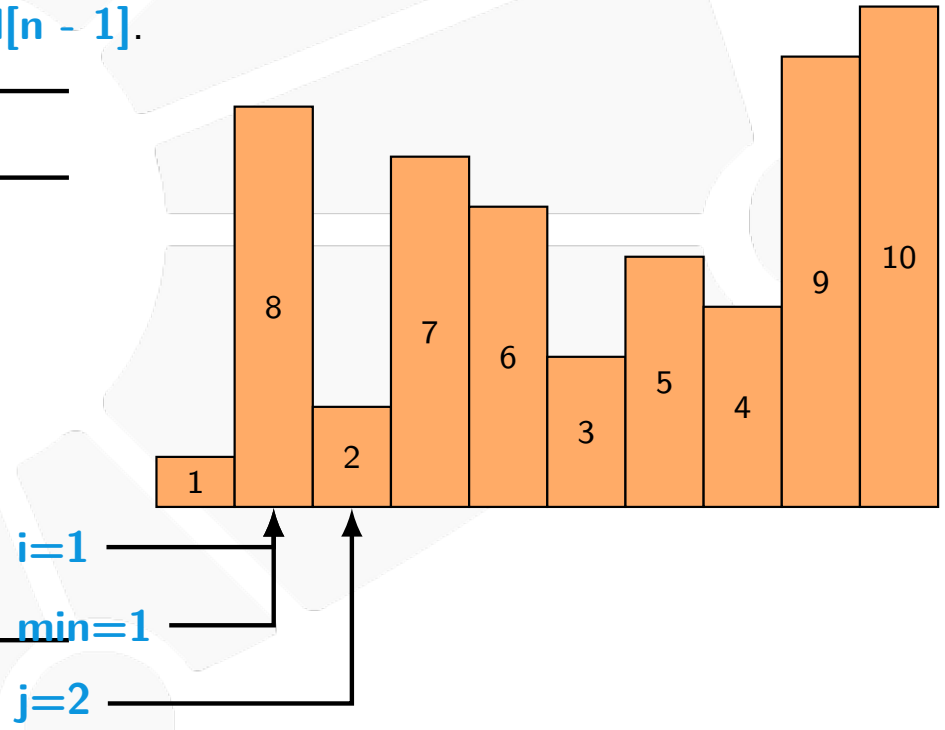
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **I[0]** com o mínimo de **I[0], . . ., I[n - 1]**.
- Trocar **I[1]** com o mínimo de **I[1], . . ., I[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **I[i]** com o mínimo de **I[i], . . ., I[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se I[j] < I[min]
            min ← j
    Troque I[i] com I[min]
```



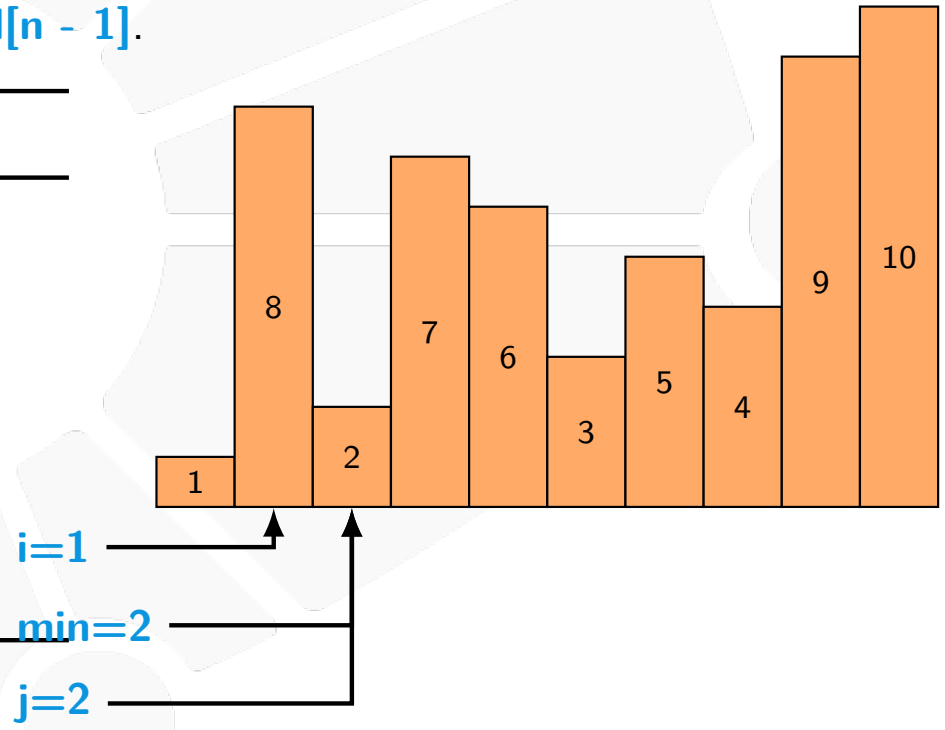
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



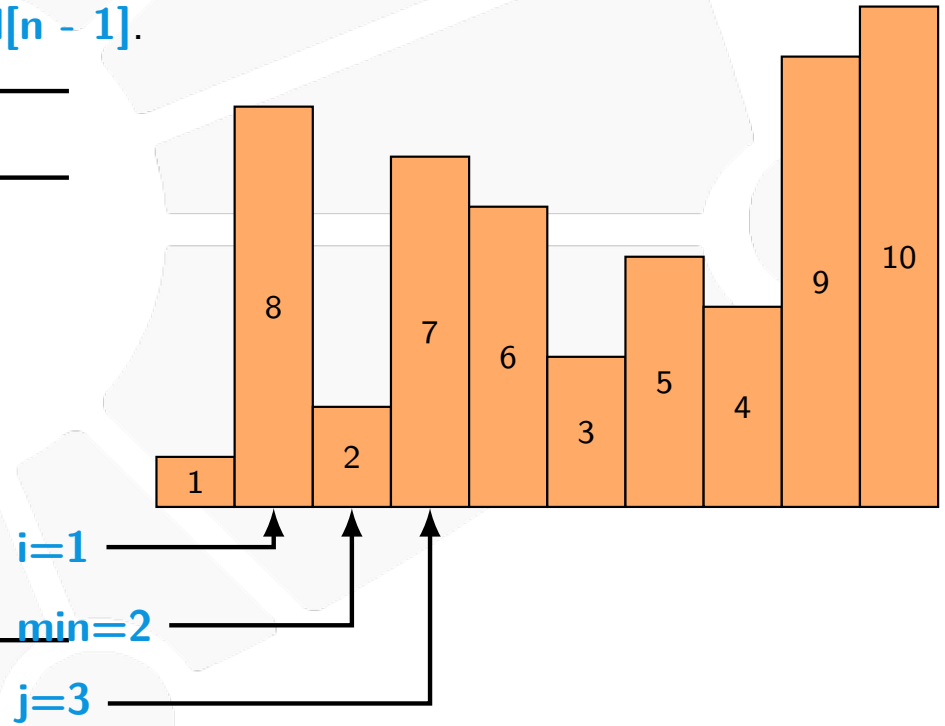
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



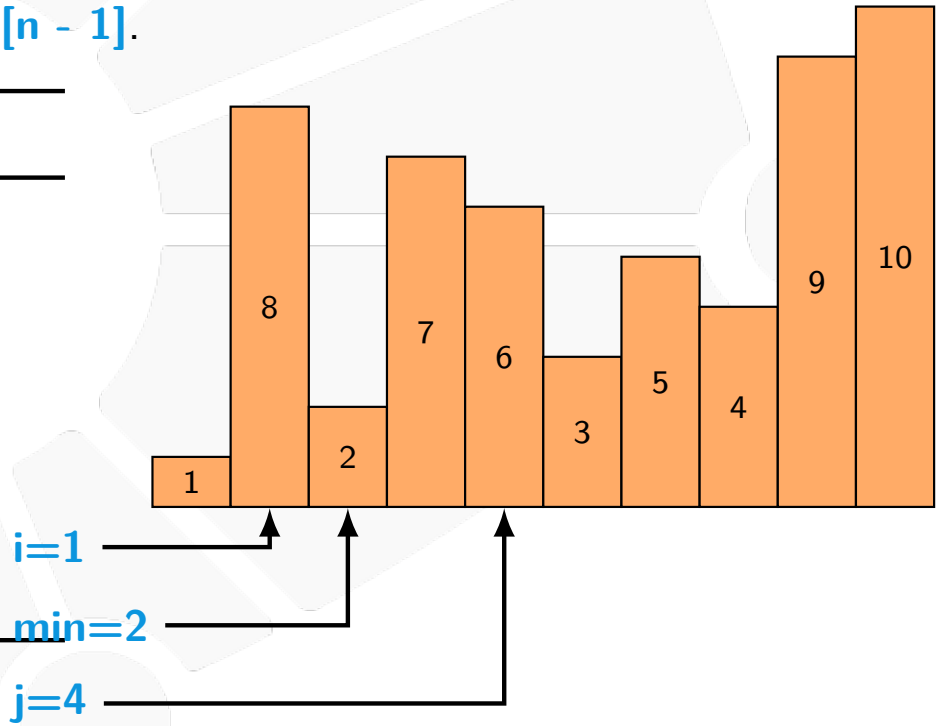
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



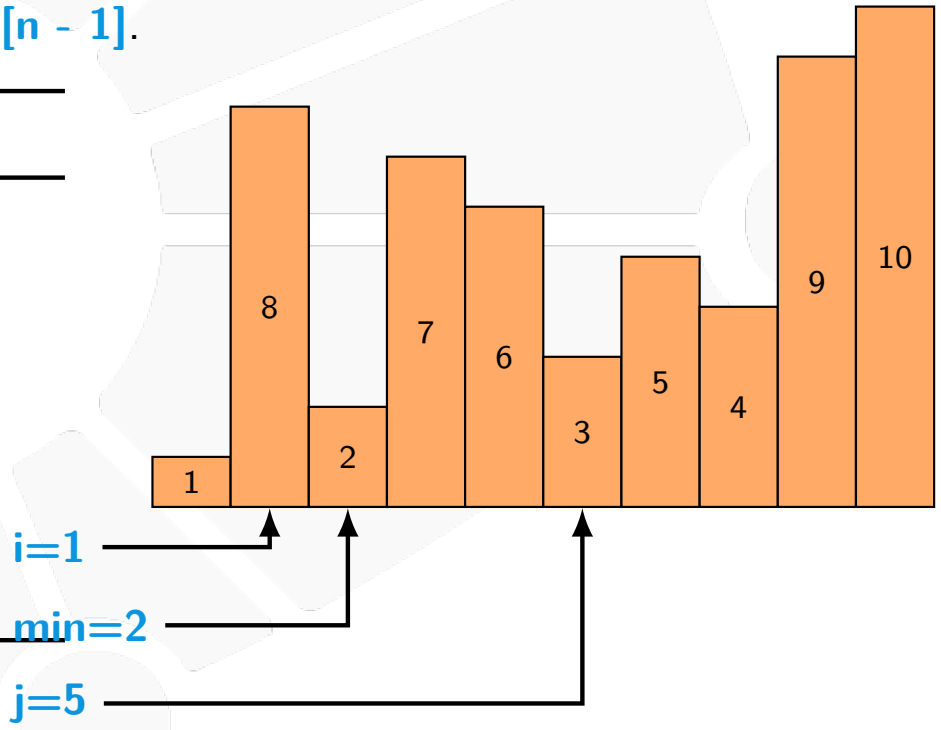
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



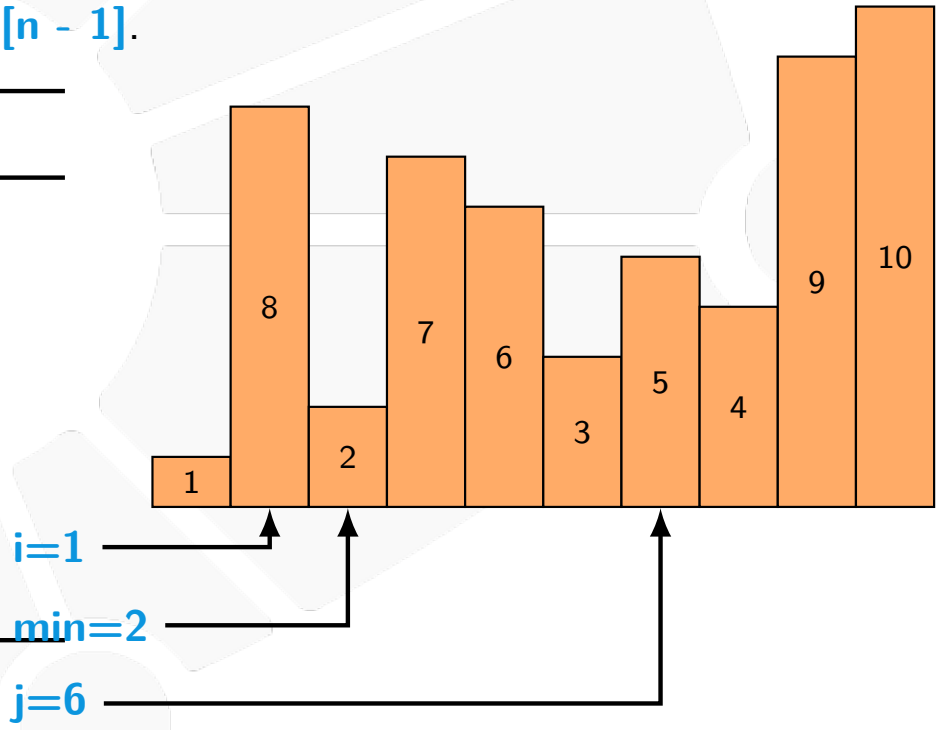
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



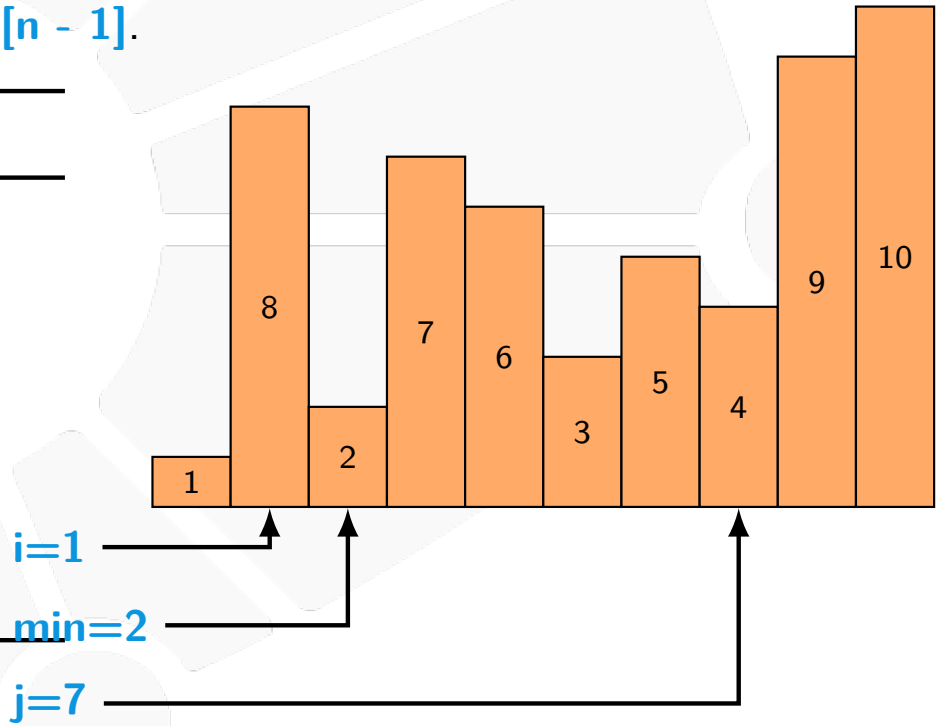
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



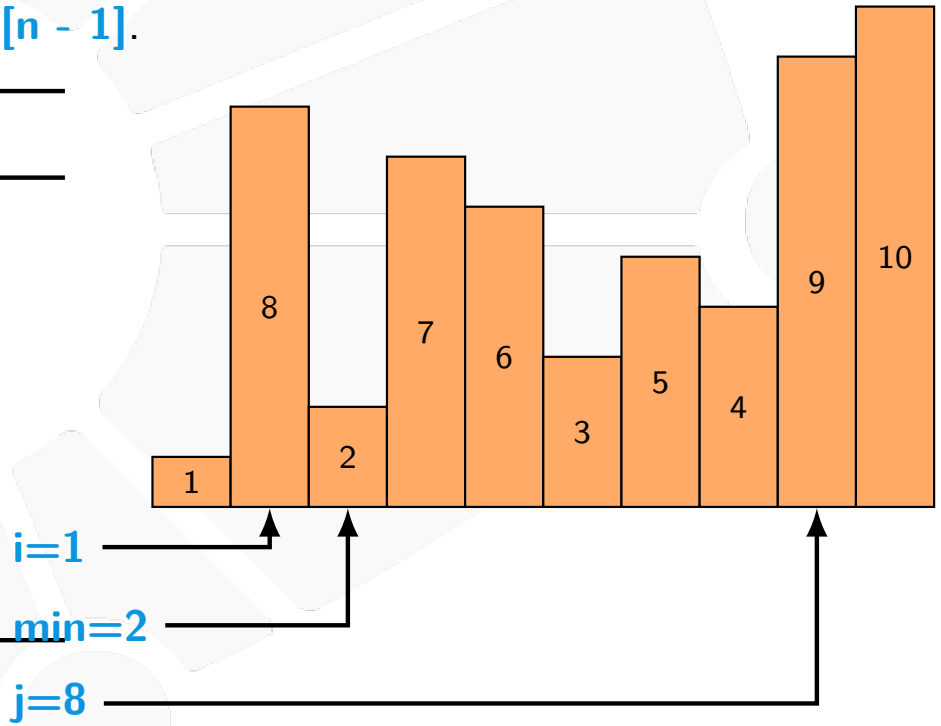
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



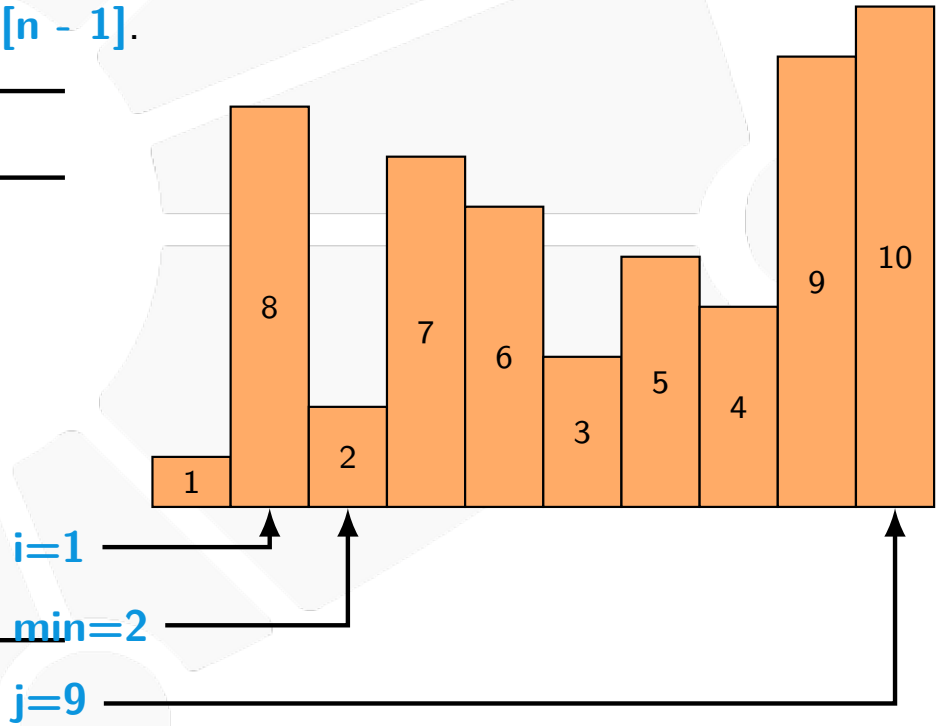
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



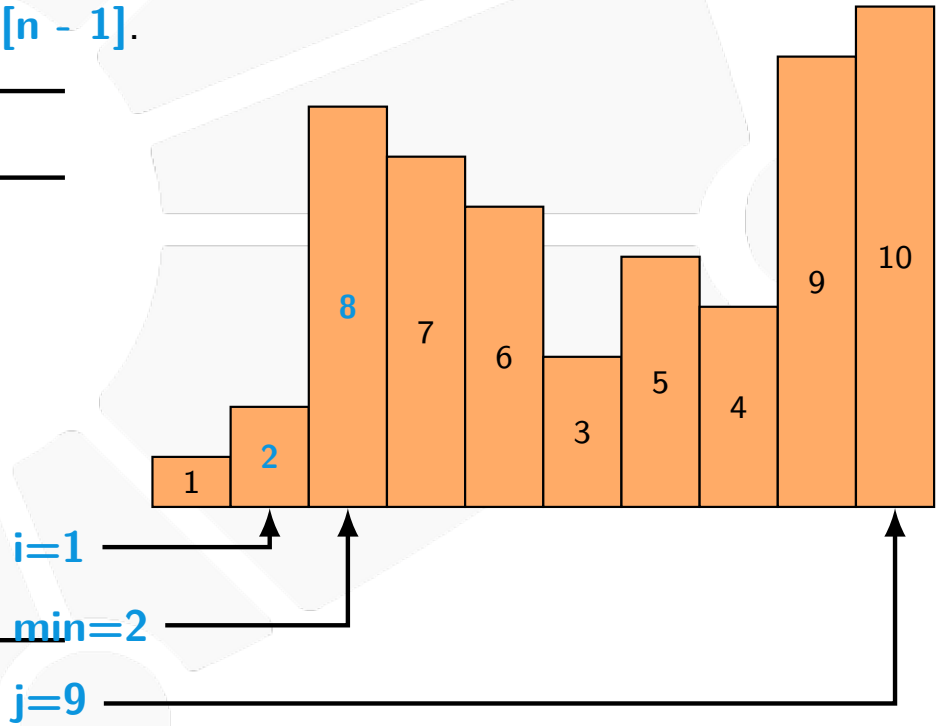
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



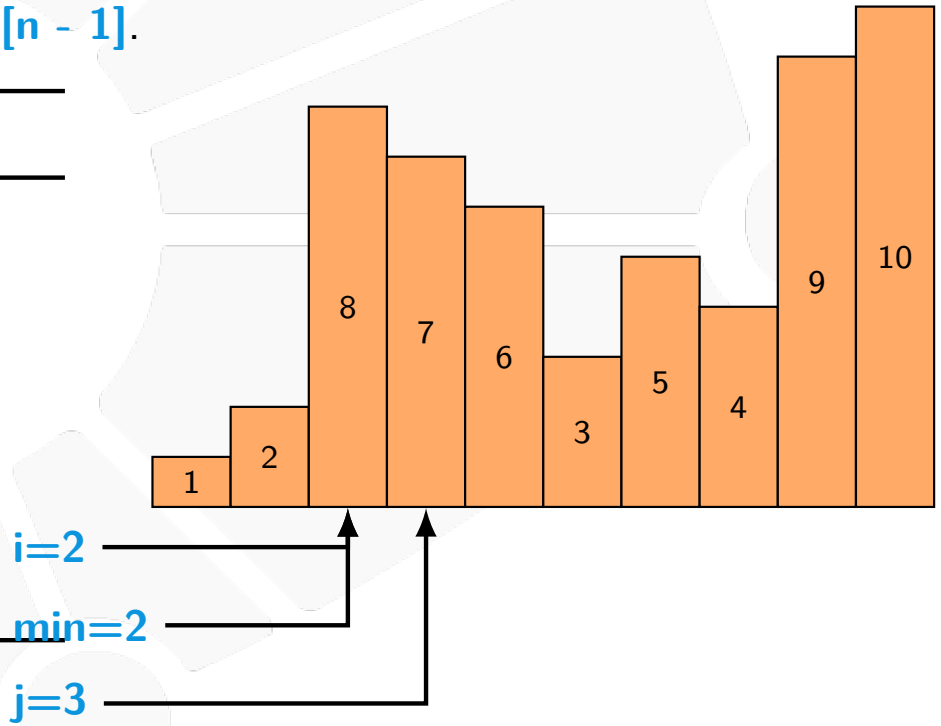
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



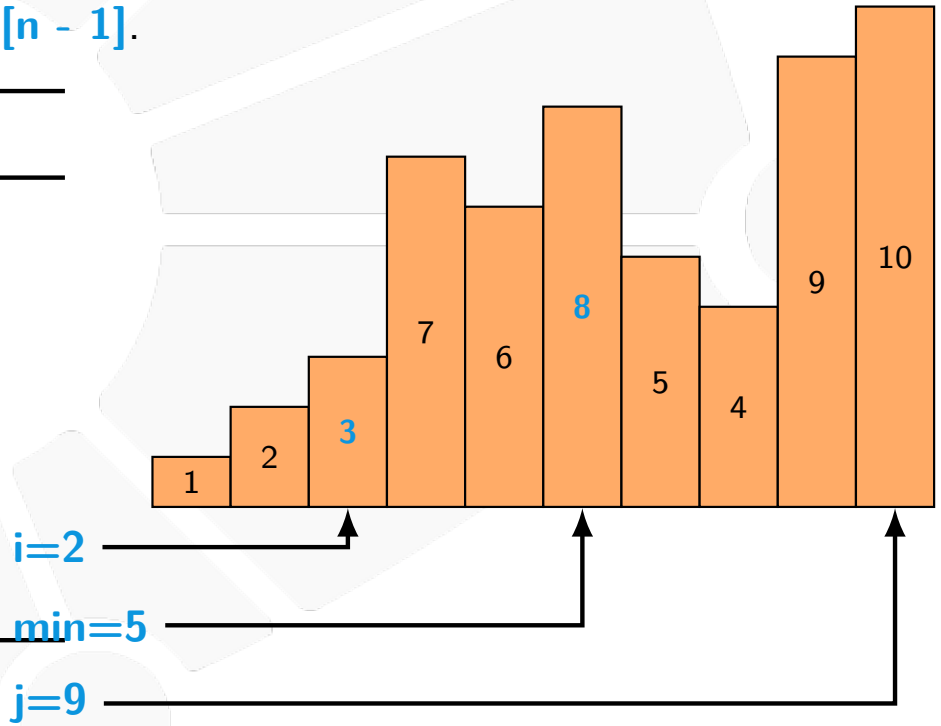
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



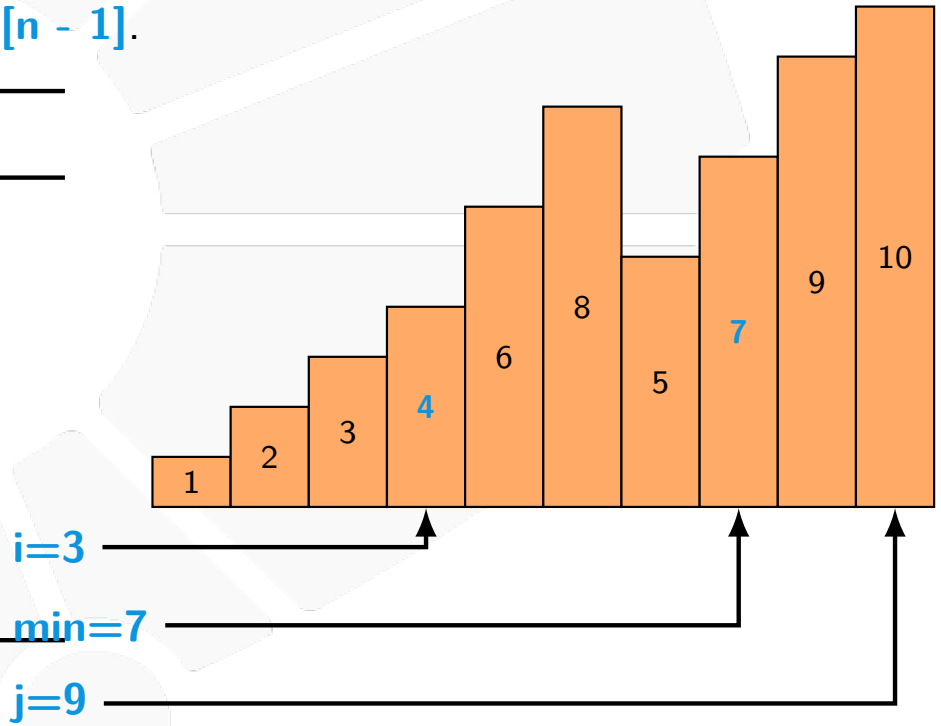
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **I[0]** com o mínimo de **I[0], . . ., I[n - 1]**.
- Trocar **I[1]** com o mínimo de **I[1], . . ., I[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **I[i]** com o mínimo de **I[i], . . ., I[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se I[j] < I[min]
            min ← j
    Troque I[i] com I[min]
```



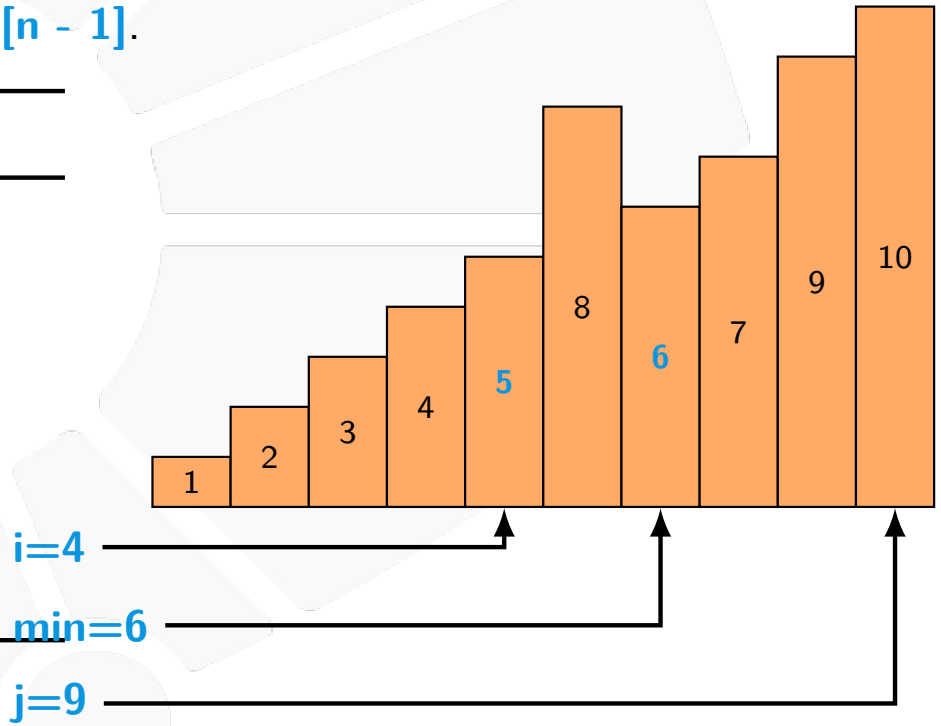
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar I[0] com o mínimo de I[0], ..., I[n - 1].
- Trocar I[1] com o mínimo de I[1], ..., I[n - 1].
- ...
- Trocar I[i] com o mínimo de I[i], ..., I[n - 1].

Algoritmo: SELECTIONSORT(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se I[j] < I[min]
            min ← j
    Troque I[i] com I[min]
```



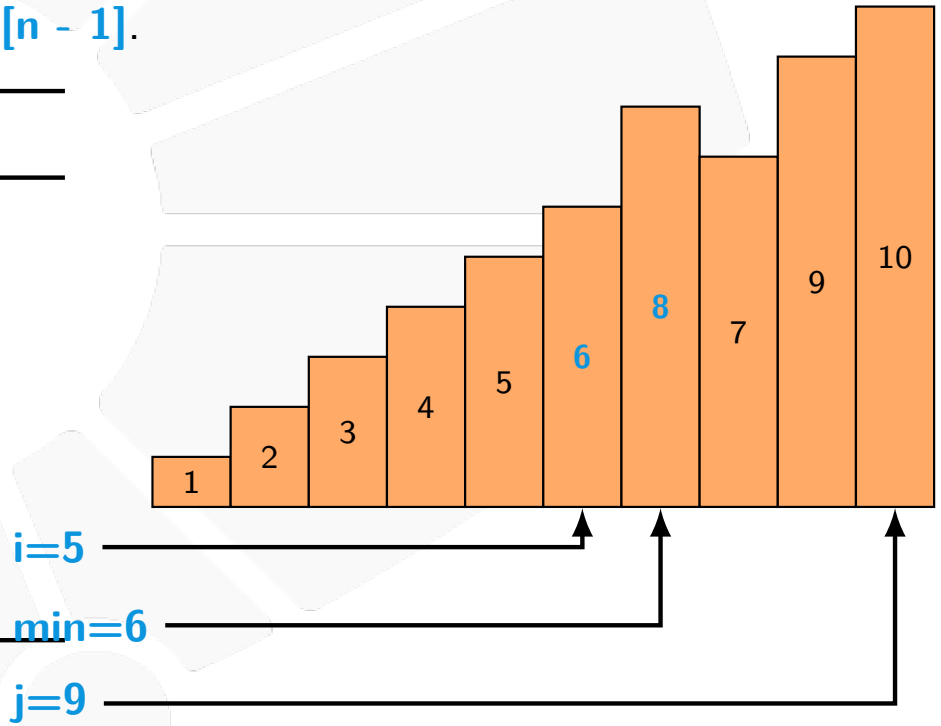
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar I[0] com o mínimo de I[0], ..., I[n - 1].
- Trocar I[1] com o mínimo de I[1], ..., I[n - 1].
- ...
- Trocar I[i] com o mínimo de I[i], ..., I[n - 1].

Algoritmo: SELECTIONSORT(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se I[j] < I[min]
            min ← j
    Troque I[i] com I[min]
```



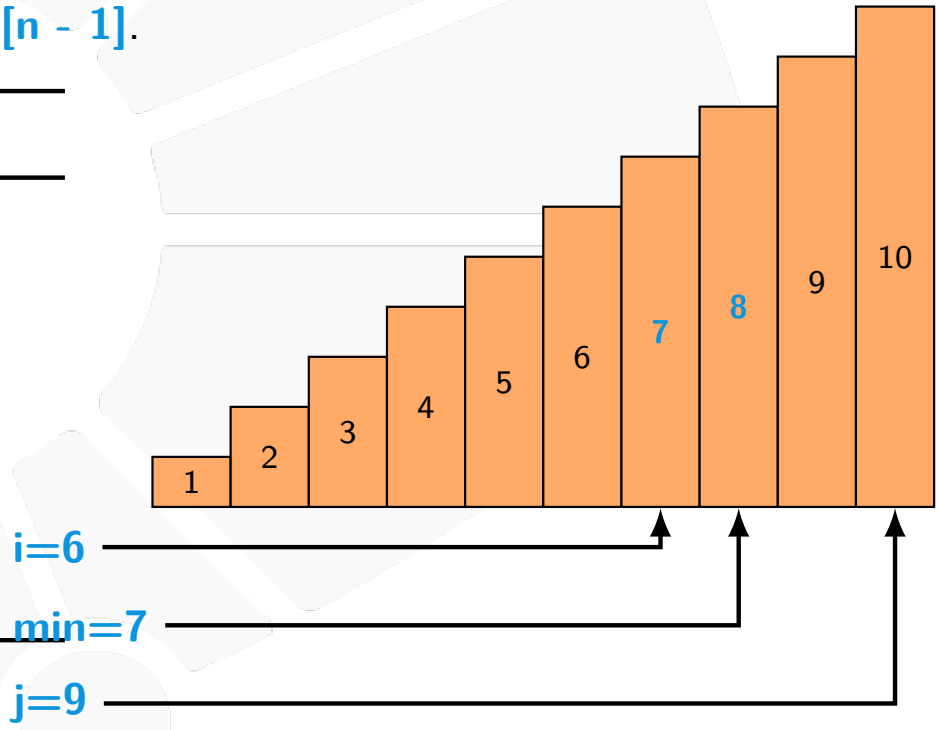
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



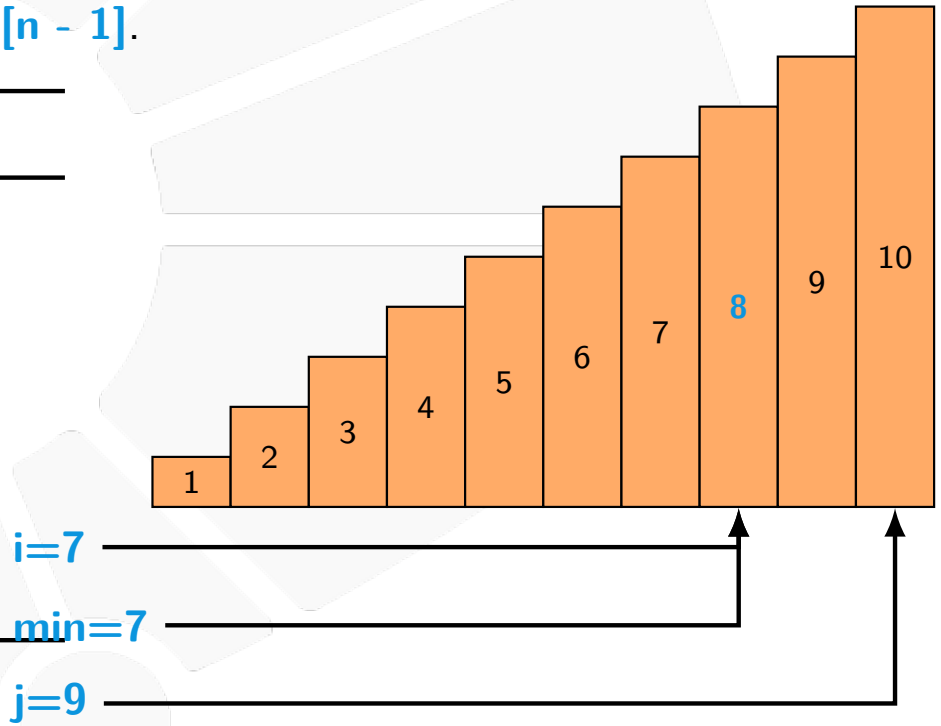
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **I[0]** com o mínimo de **I[0], . . ., I[n - 1]**.
- Trocar **I[1]** com o mínimo de **I[1], . . ., I[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **I[i]** com o mínimo de **I[i], . . ., I[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se I[j] < I[min]
            min ← j
    Troque I[i] com I[min]
```



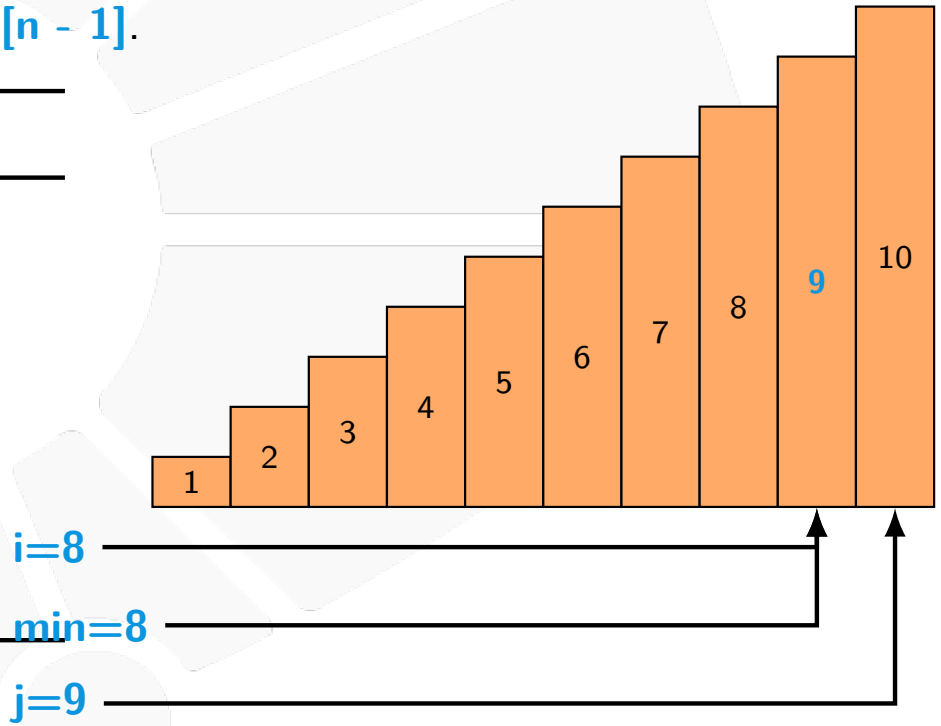
Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



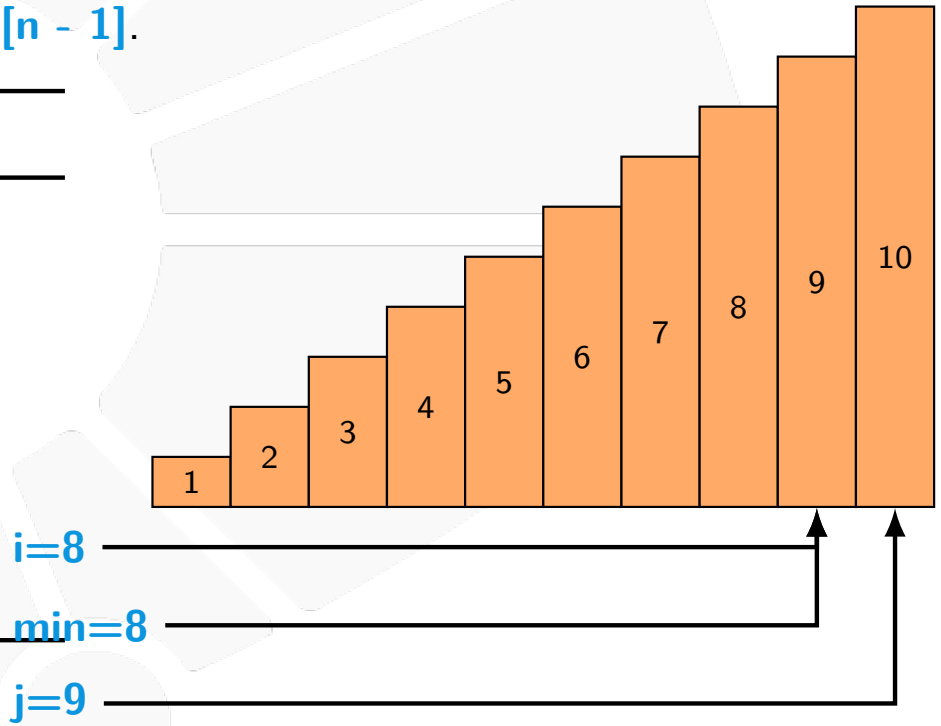
Ordenação por Seleção

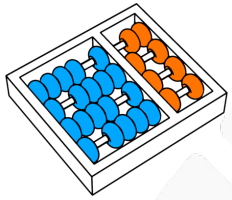
Ideia:

- Trocar **l[0]** com o mínimo de **l[0], . . ., l[n - 1]**.
- Trocar **l[1]** com o mínimo de **l[1], . . ., l[n - 1]**.
- . . .
- Trocar **l[i]** com o mínimo de **l[i], . . ., l[n - 1]**.

Algoritmo: SELECTIONSORT(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```

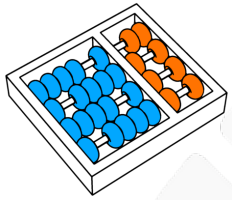




SelectionSort funciona?

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```



SelectionSort funciona?

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    min ← i
    para j = i + 1 até n − 1
        se l[j] < l[min]
            min ← j
    Troque l[i] com l[min]
```

Os passos de SelectionSort são simples e ele sempre termina.

SelectionSort funciona?

Algoritmo: SelectionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 0 até n − 2
3     min ← i
4     para j = i + 1 até n − 1
5         se I[j] < I[min]
6             min ← j
7     Troque I[i] com I[min]
```

Os passos de SelectionSort são simples e ele sempre termina.
Suponha que no início da iteração (linha 3) **I[0], ..., I[i - 1]** estão ordenados e são os menores elementos de **I**:

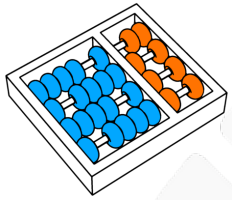
SelectionSort funciona?

Algoritmo: SelectionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 0 até n − 2
3     min ← i
4     para j = i + 1 até n − 1
5         se I[j] < I[min]
6             min ← j
7     Troque I[i] com I[min]
```

Os passos de SelectionSort são simples e ele sempre termina.
Suponha que no início da iteração (linha 3) **I[0], ..., I[i - 1]** estão ordenados e são os menores elementos de **I**:

- Isso é verdade no início da primeira iteração.



SelectionSort funciona?

Algoritmo: SelectionSort(l)

1 $n \leftarrow$ tamanho de l
2 **para** $i = 0$ **até** $n - 2$
3 $\quad min \leftarrow i$
4 $\quad$ **para** $j = i + 1$ **até** $n - 1$
5 $\quad\quad$ **se** $l[j] < l[min]$
6 $\quad\quad\quad min \leftarrow j$
7 $\quad$ Troque $l[i]$ com $l[min]$

Os passos de SelectionSort são simples e ele sempre termina.
Suponha que no início da iteração (linha 3) **l[0], ..., l[i - 1]** estão ordenados e são os menores elementos de **l**:

- Isso é verdade no início da primeira iteração.

No final da iteração, **l[0], ..., l[i]** estão ordenados e são os menores elementos da lista?

SelectionSort funciona?

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
1 n ← tamanho de l
2 para i = 0 até n − 2
3     min ← i
4     para j = i + 1 até n − 1
5         se l[j] < l[min]
6             min ← j
7     Troque l[i] com l[min]
```

Os passos de SelectionSort são simples e ele sempre termina.
Suponha que no início da iteração (linha 3) **l[0], ..., l[i - 1]** estão ordenados e são os menores elementos de **l**:

- Isso é verdade no início da primeira iteração.

No final da iteração, **l[0], ..., l[i]** estão ordenados e são os menores elementos da lista?

- Sim, pois pegamos o menor valor de **l[i], l[i + 1], ..., l[n - 1]** e trocamos com **l[i]**.

SelectionSort funciona?

Algoritmo: SelectionSort(l)

```
1 n ← tamanho de l
2 para i = 0 até n − 2
3     min ← i
4     para j = i + 1 até n − 1
5         se l[j] < l[min]
6             min ← j
7     Troque l[i] com l[min]
```

Os passos de SelectionSort são simples e ele sempre termina.
Suponha que no início da iteração (linha 3) **l[0], ..., l[i - 1]** estão ordenados e são os menores elementos de **l**:

- Isso é verdade no início da primeira iteração.

No final da iteração, **l[0], ..., l[i]** estão ordenados e são os menores elementos da lista?

- Sim, pois pegamos o menor valor de **l[i], l[i + 1], ..., l[n - 1]** e trocamos com **l[i]**.

Ou seja, no final da última iteração, a lista está ordenada.

BubbleSort

BubbleSort

- Se l não está ordenada, existe j com l[j - 1] > l[j].

BubbleSort

- Se l não está ordenada, existe j com l[j - 1] > l[j].
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.

BubbleSort

- Se l não está ordenada, existe j com l[j - 1] > l[j].
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .

BubbleSort

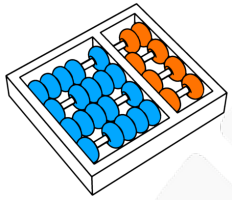
- Se l não está ordenada, existe j com l[j - 1] > l[j].
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em l[0].

BubbleSort

- Se l não está ordenada, existe j com l[j - 1] > l[j].
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em l[0].
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em l[1].

BubbleSort

- Se l não está ordenada, existe j com l[j - 1] > l[j].
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em l[0].
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em l[1].
- E assim por diante. . . realizando n - 1 passadas.



BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

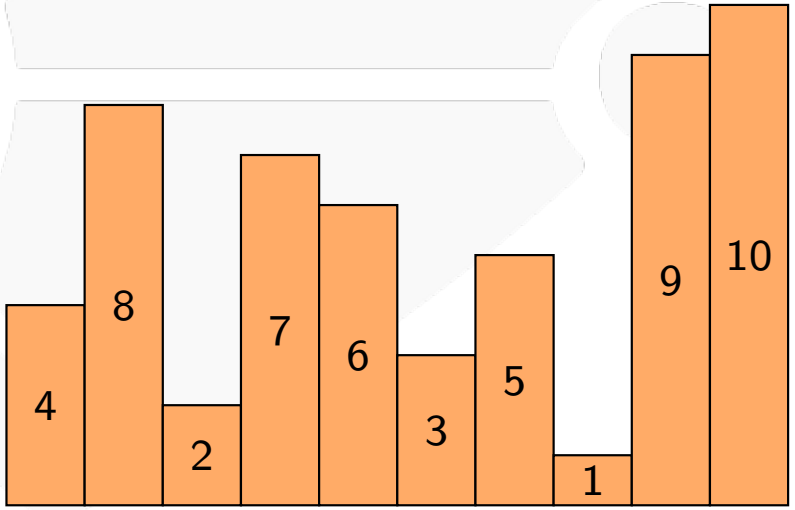
```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```



i

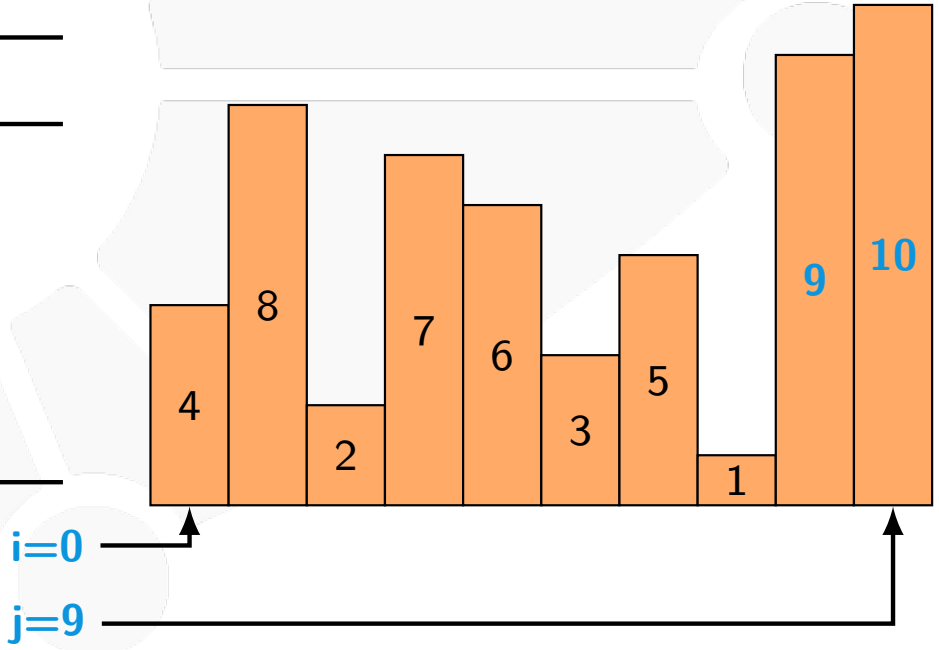
j

BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

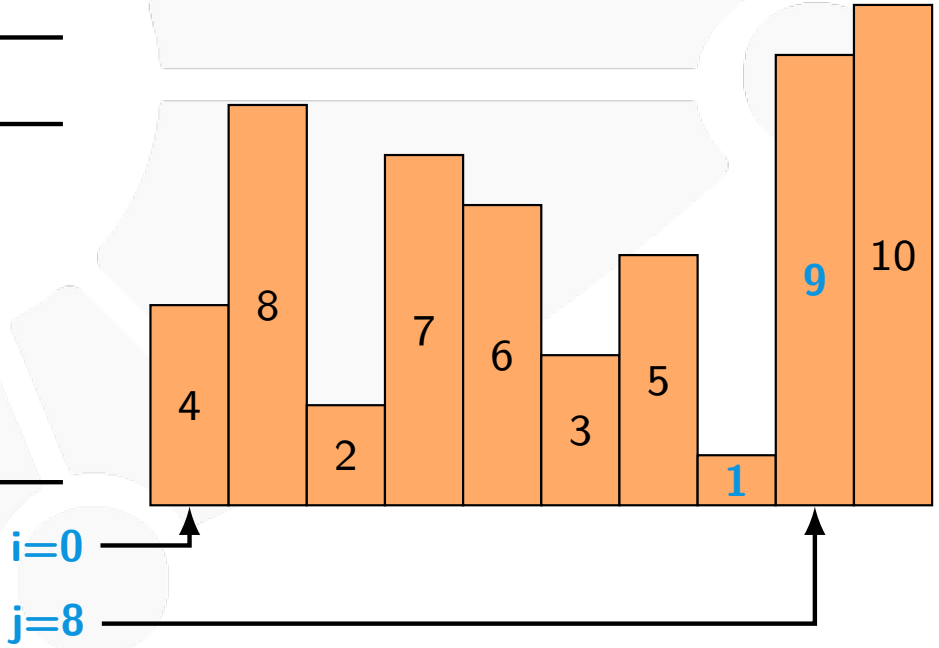


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

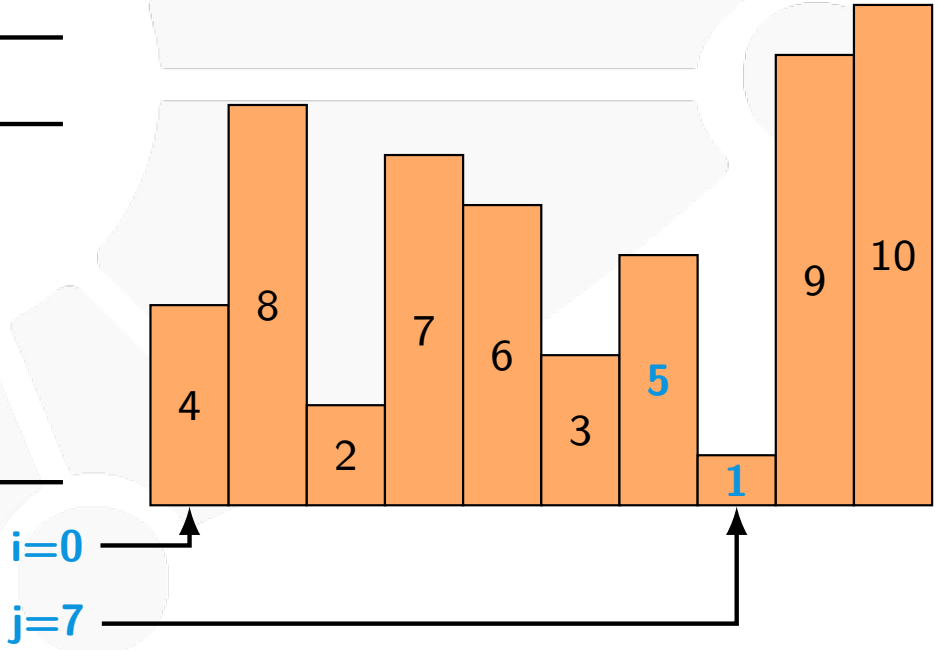


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

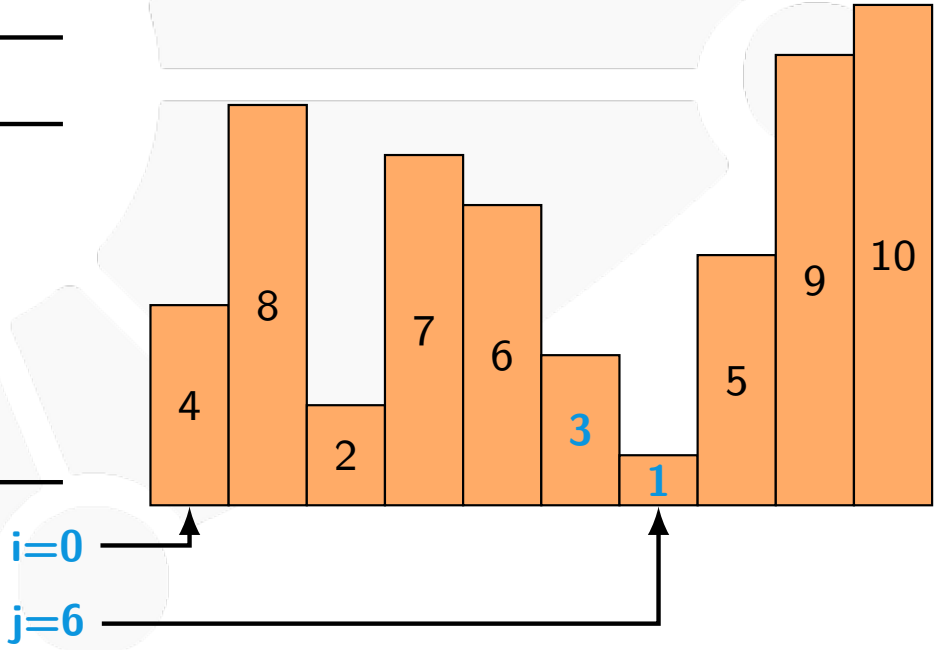


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

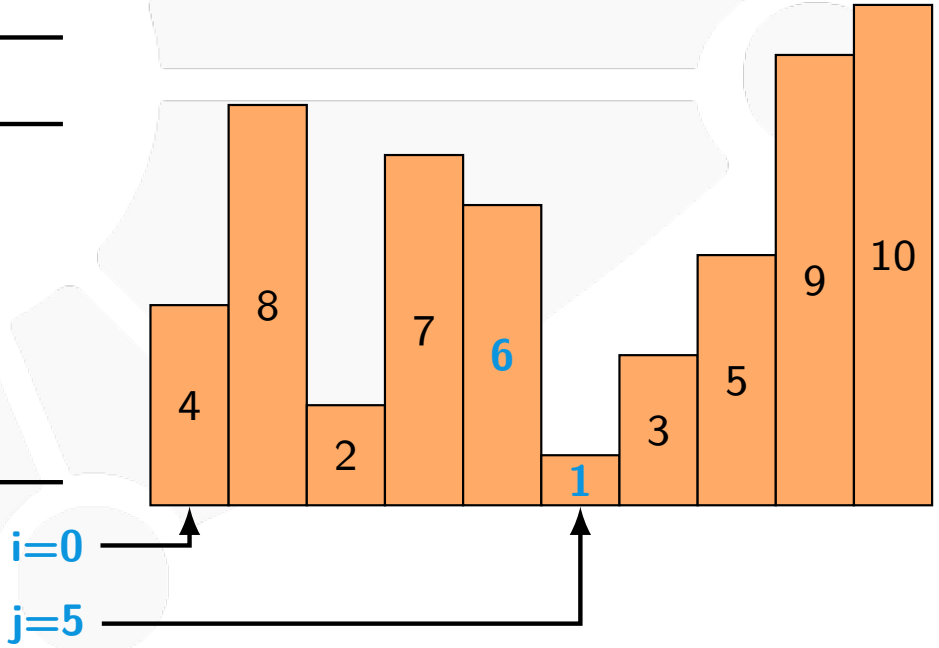


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

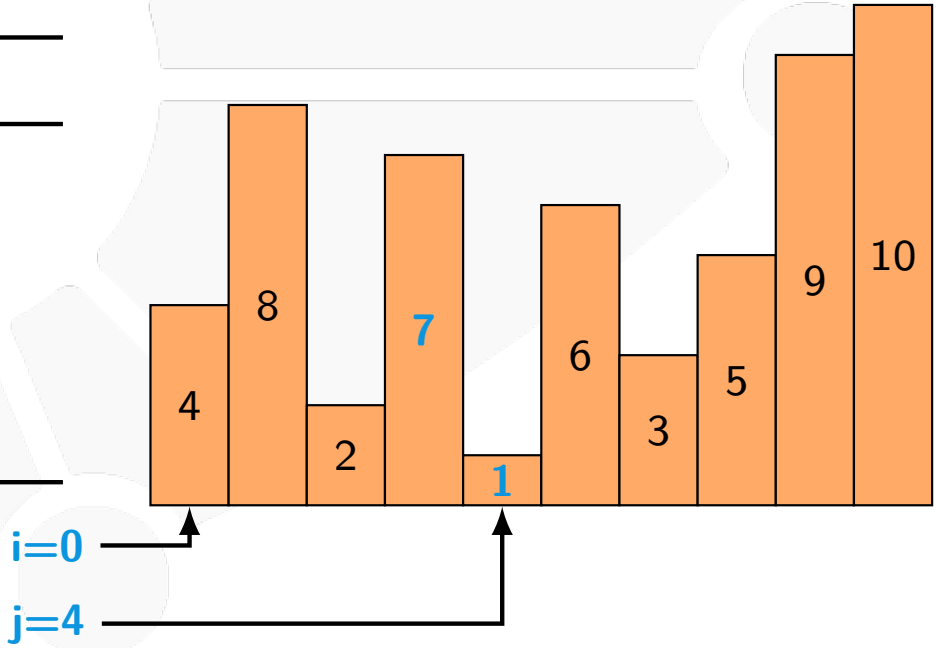


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

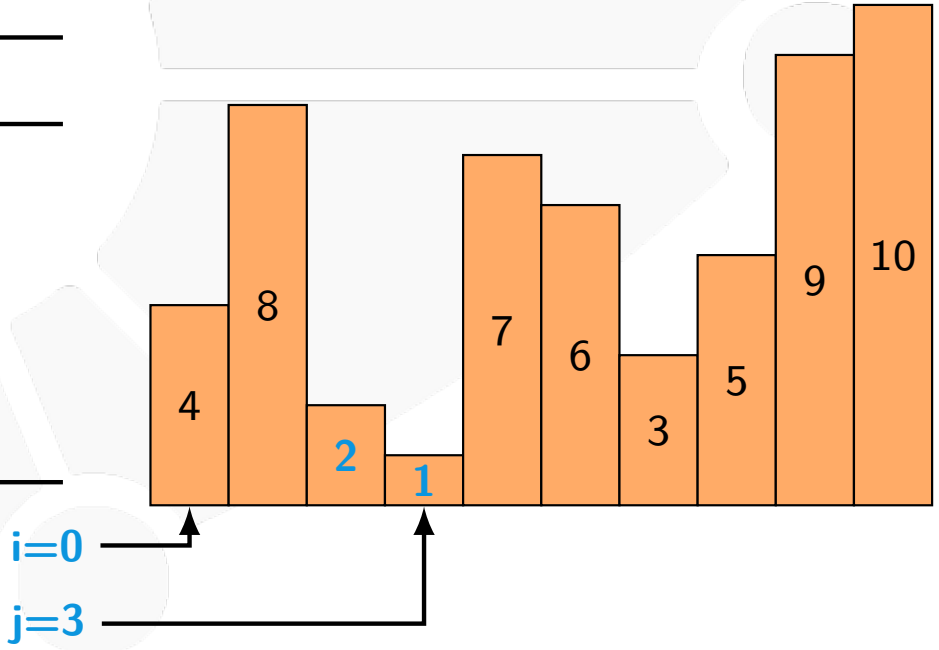


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

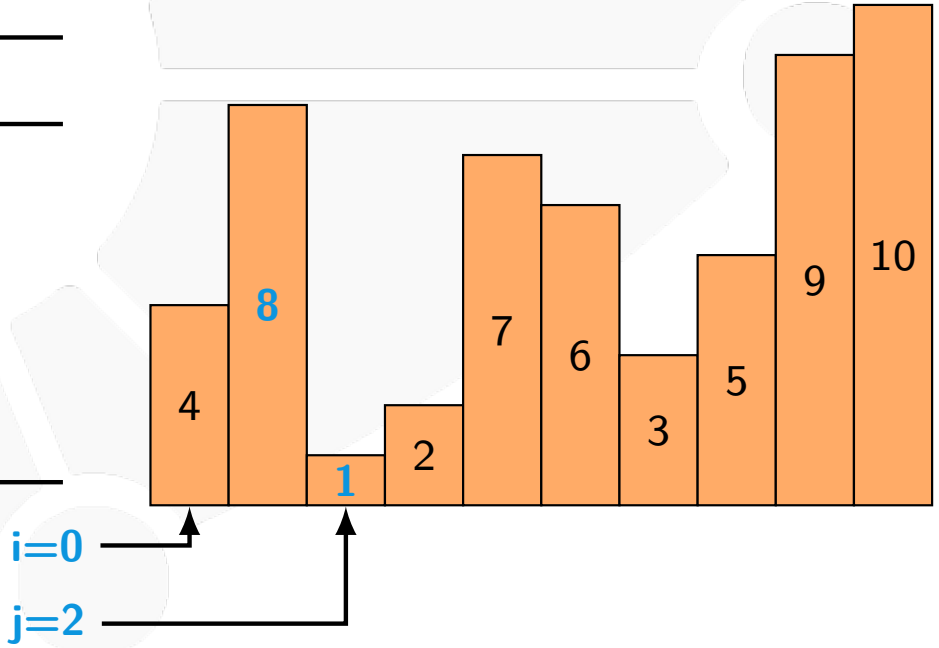


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

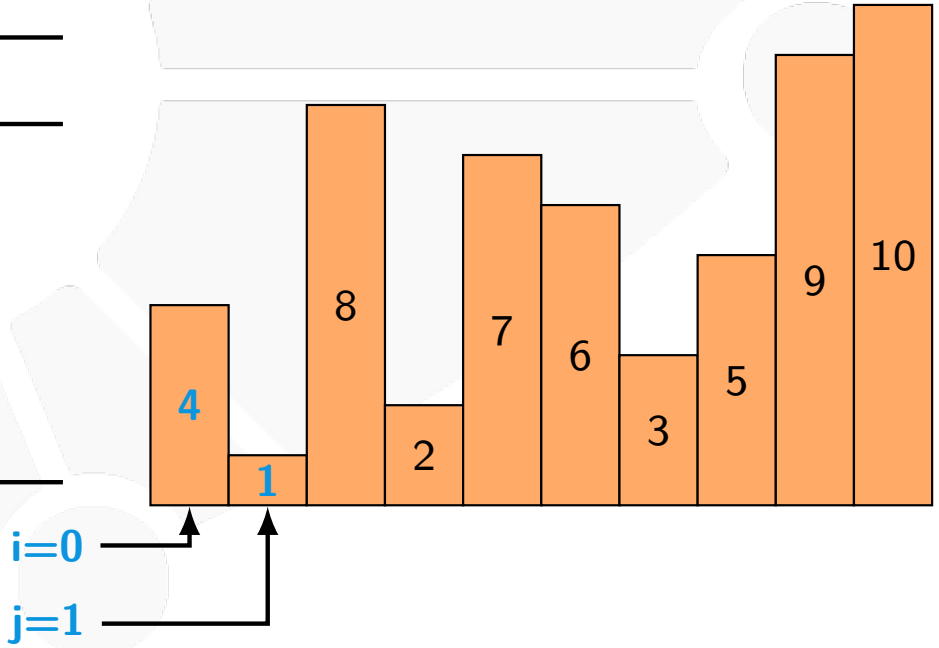


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

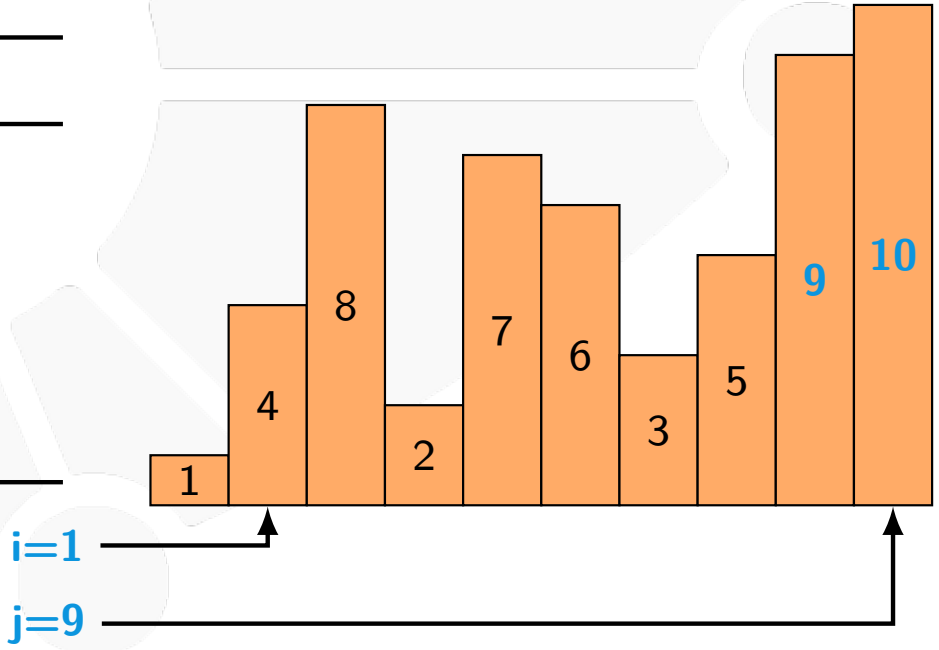


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

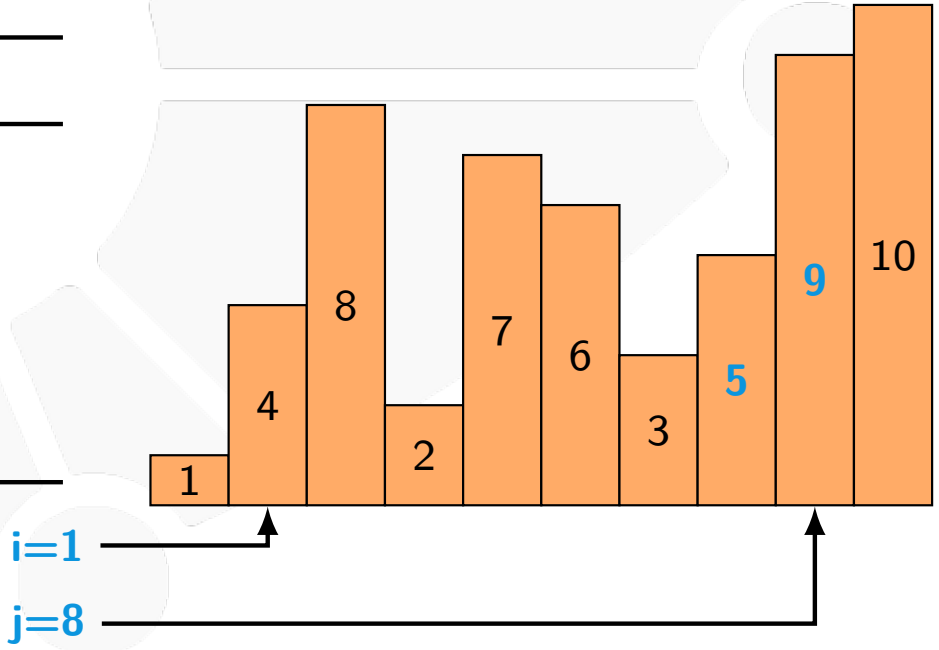


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

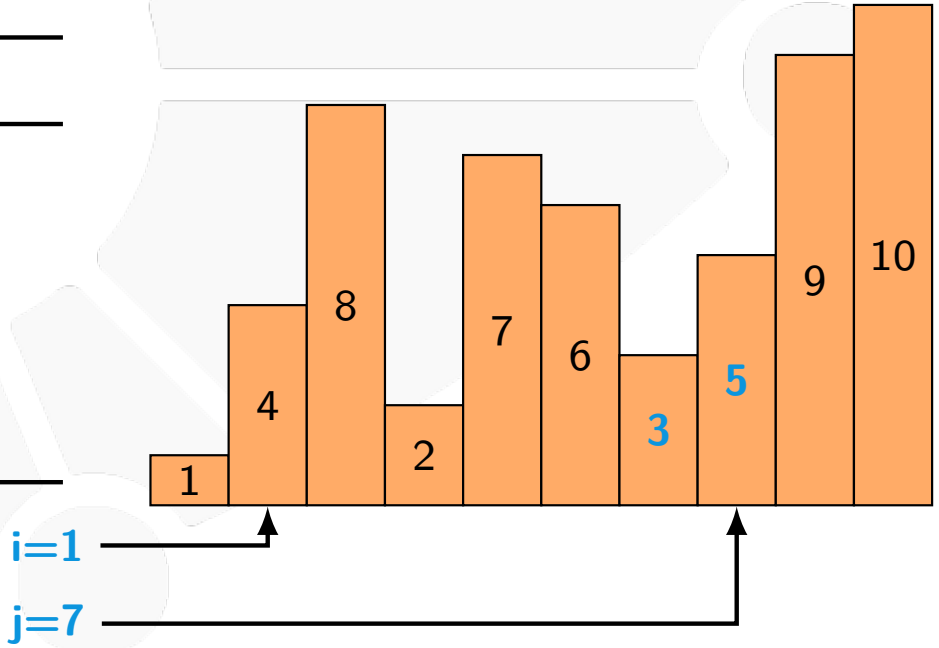


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

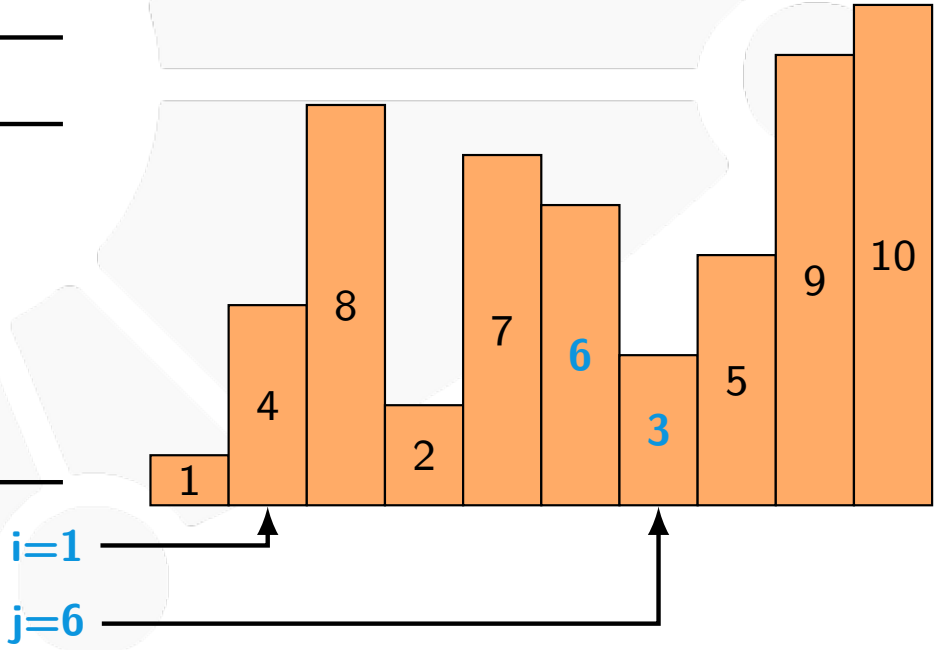


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

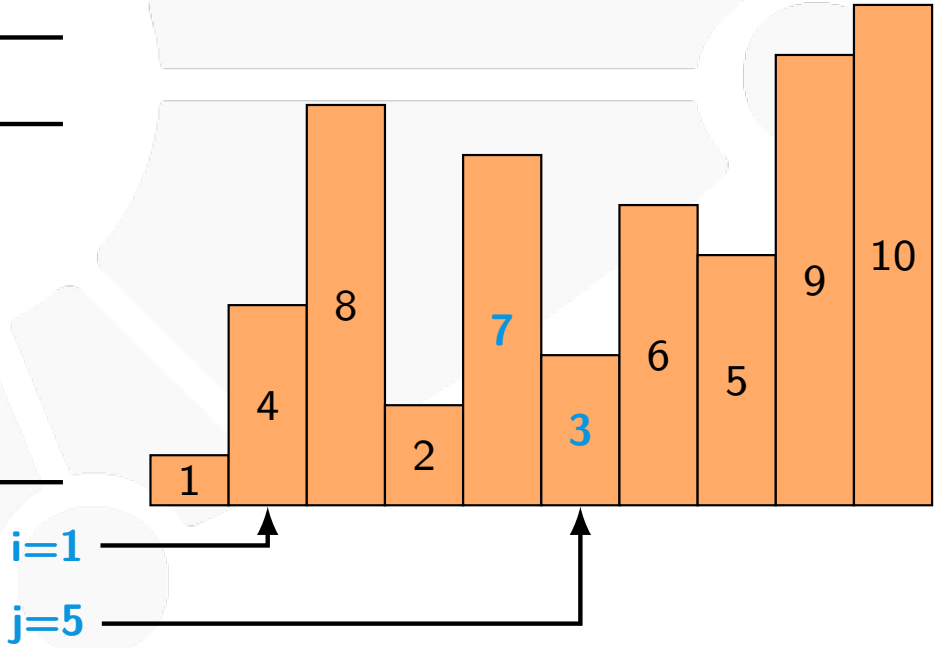


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

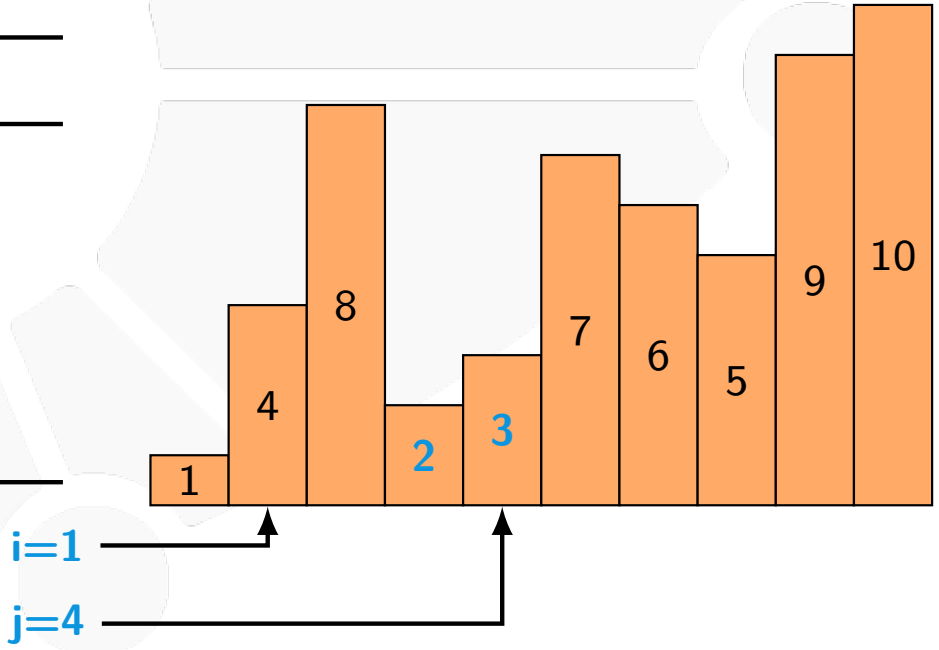


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

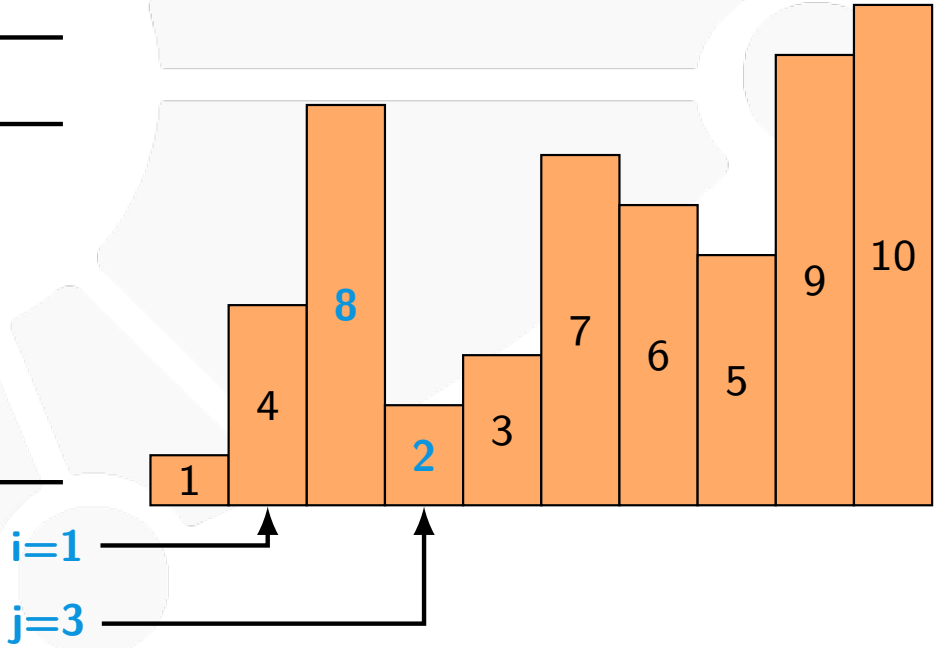


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

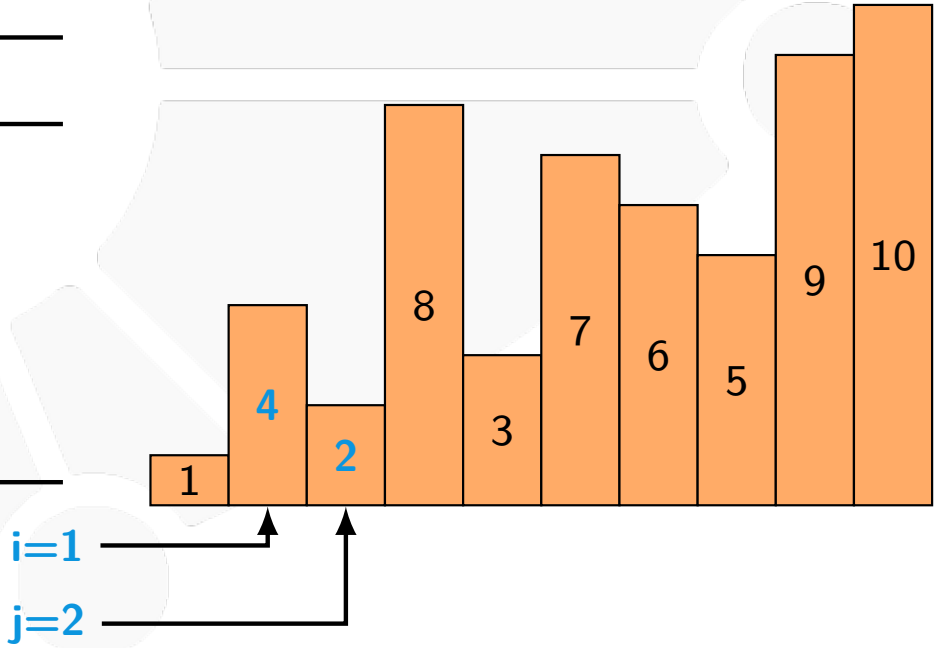


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

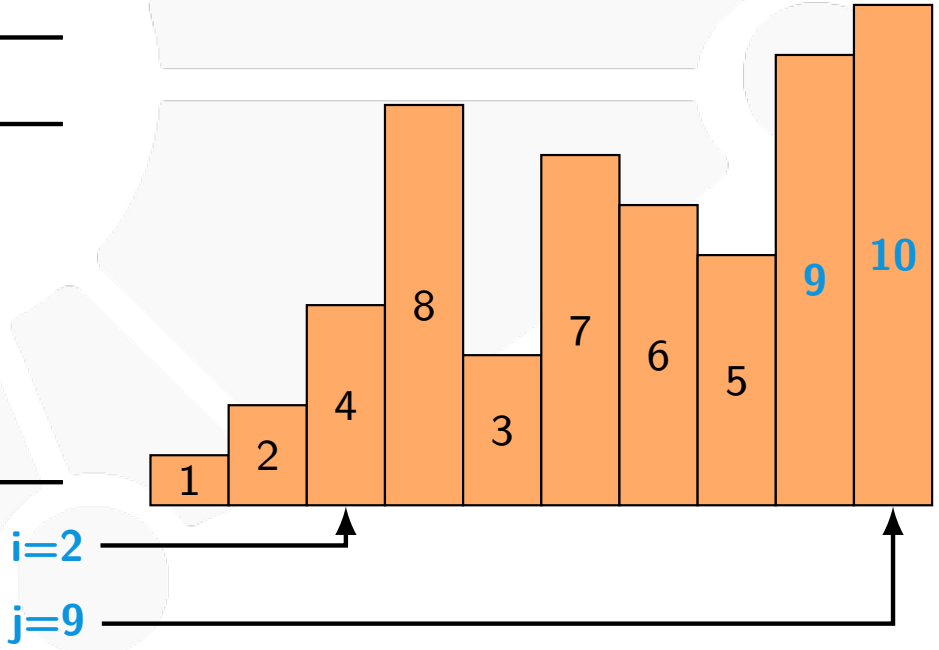


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

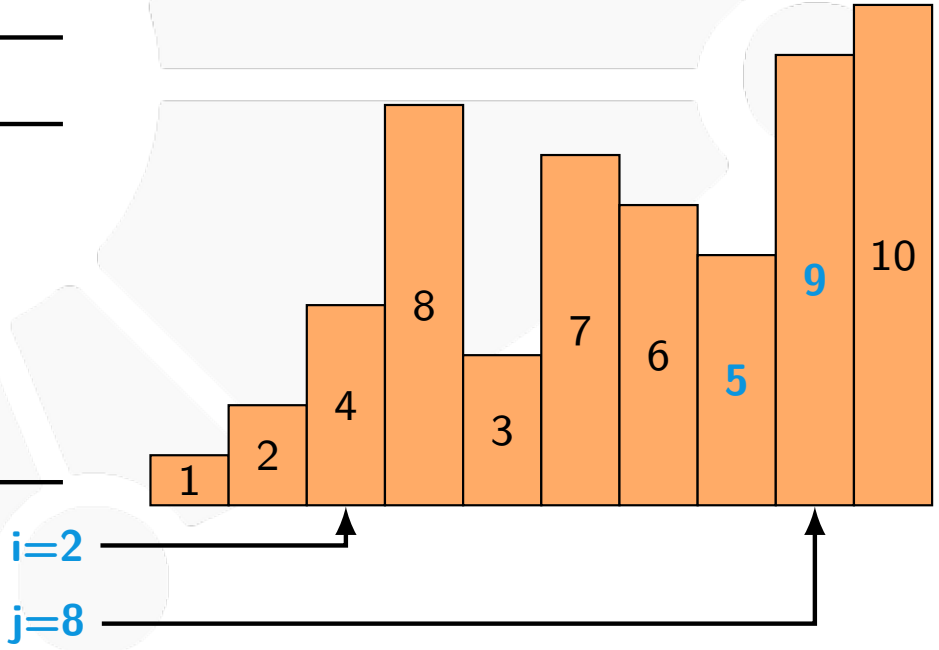


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

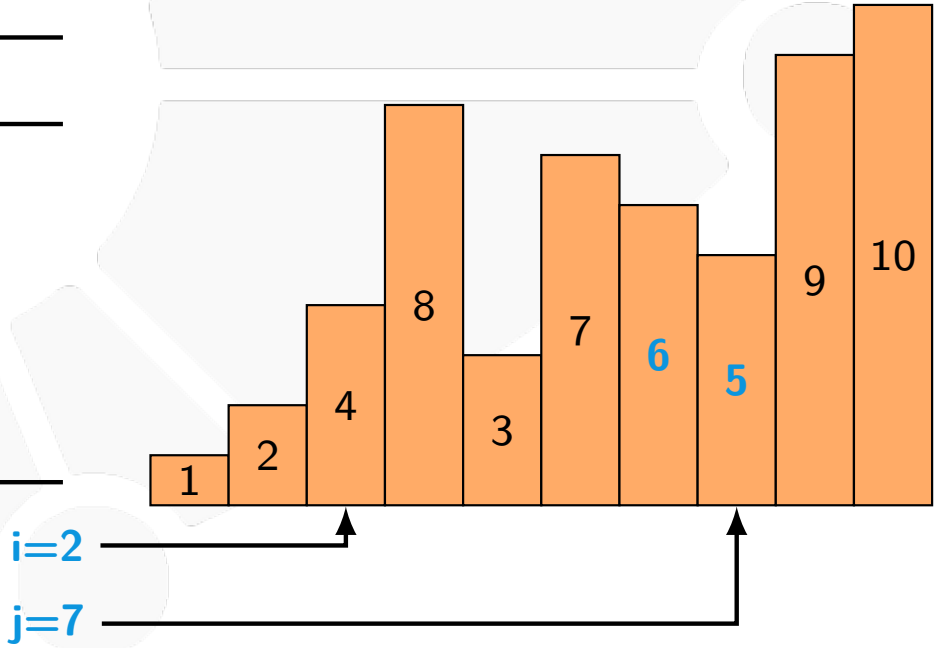


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

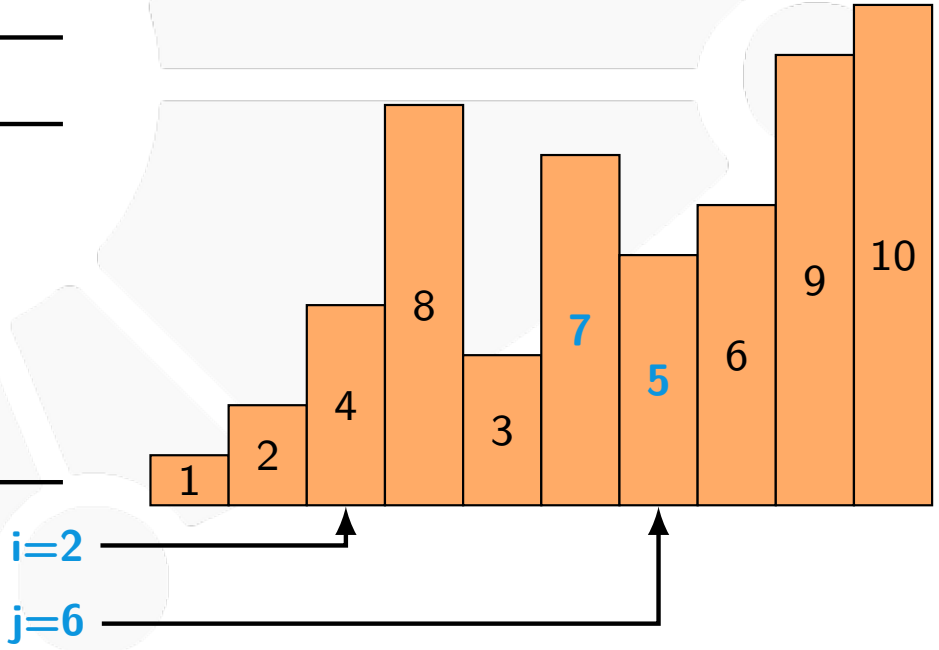


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

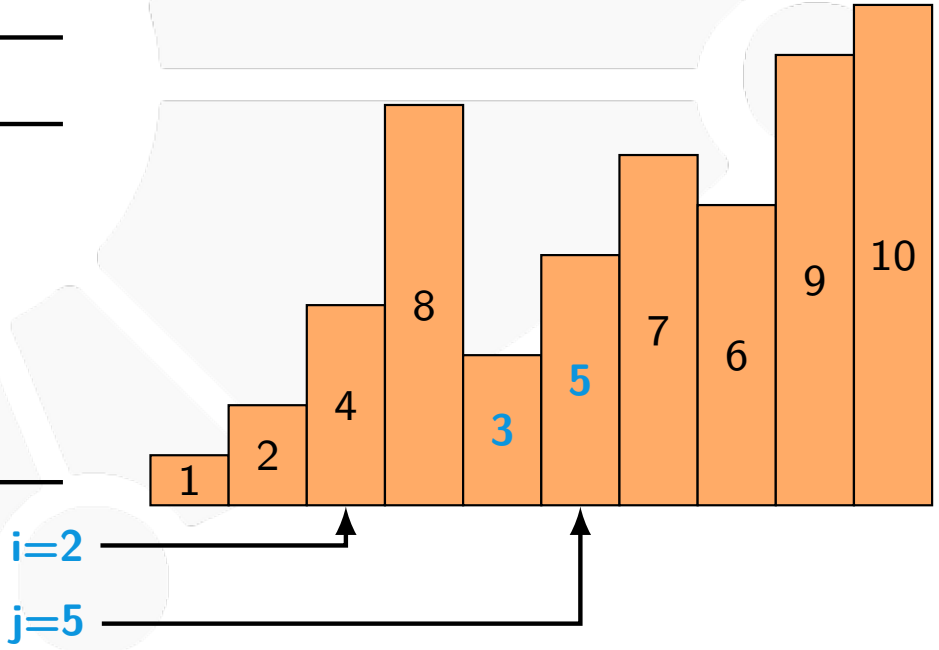


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

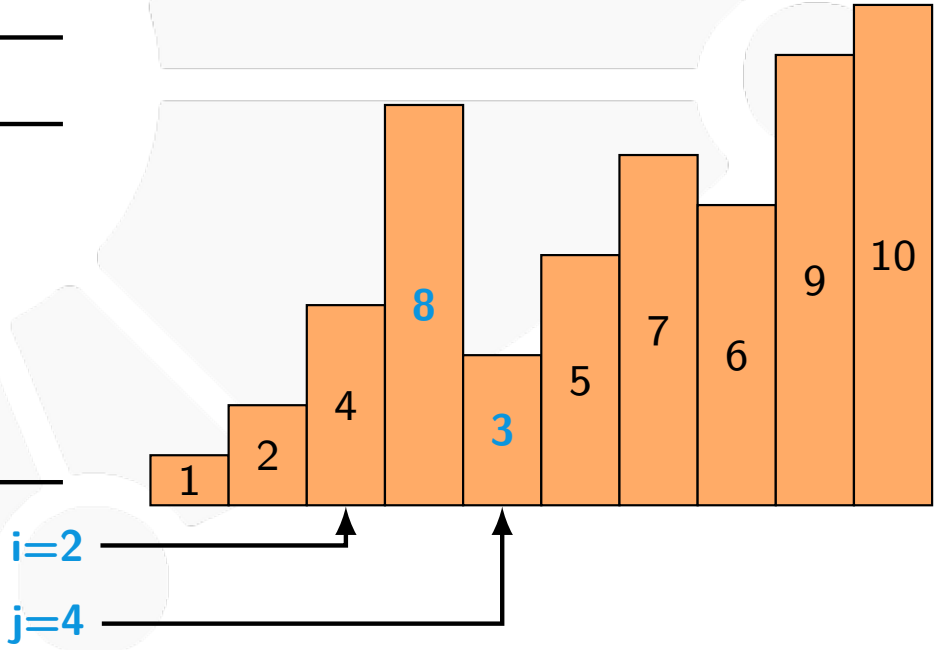


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

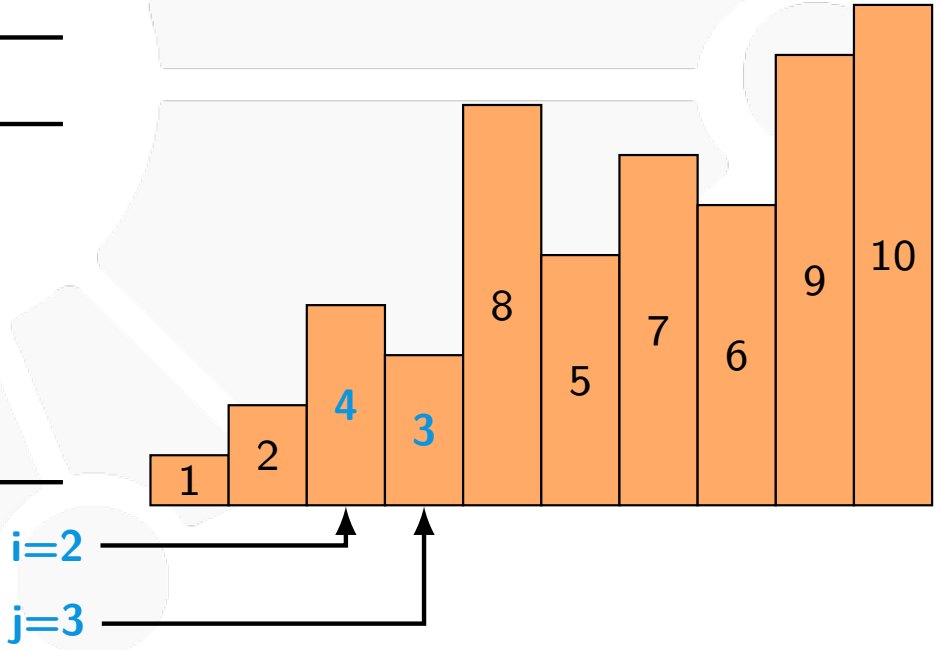


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

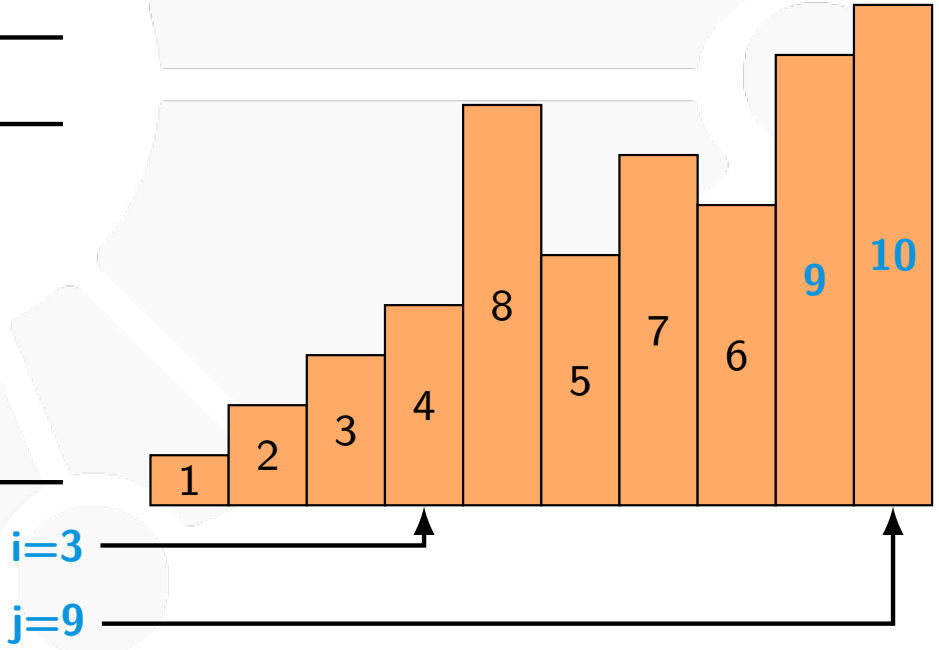


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

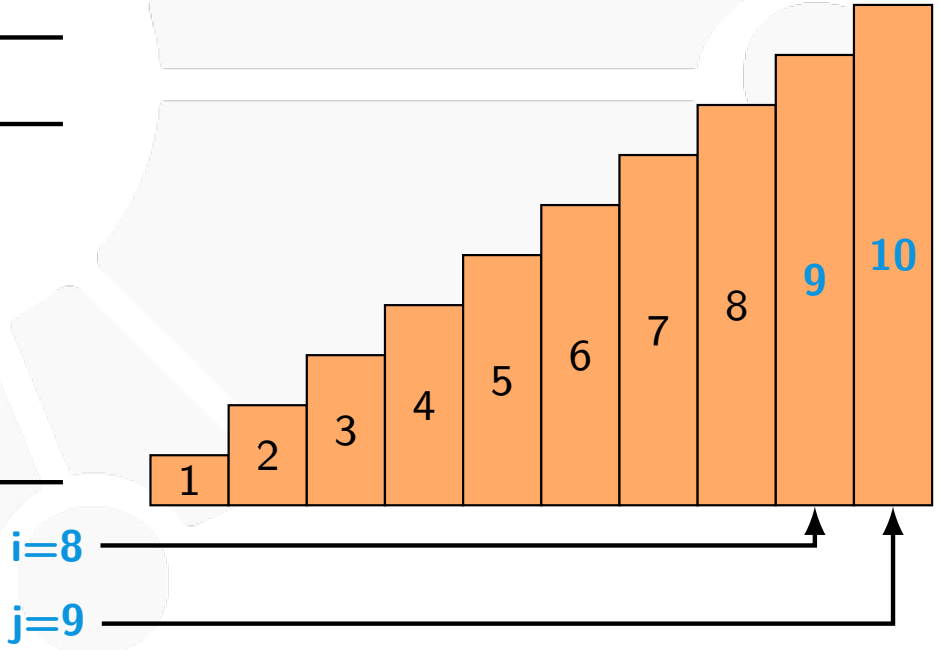


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

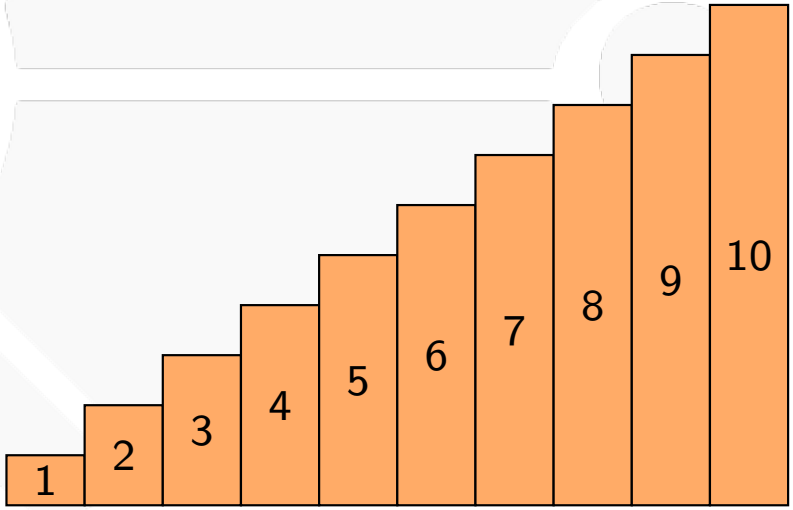


BubbleSort

- Se **l** não está ordenada, existe **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.
- Então, do fim para o começo, trocamos pares invertidos.
- Porém, apenas uma passada pode ser insuficiente. . .
- Após a primeira passada, o menor elemento está em **l[0]**.
- Após a segunda, o segundo menor elemento está em **l[1]**.
- E assim por diante. . . realizando **n - 1** passadas.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```



i

j

Otimização

- Se fizermos uma passada e não houver trocas, a lista já está ordenada:

Otimização

- Se fizermos uma passada e não houver trocas, a lista já está ordenada:
  - Não havia posição **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.

Otimização

- Se fizermos uma passada e não houver trocas, a lista já está ordenada:
  - Não havia posição **j** com **l[j - 1]** $>$ **l[j]**.

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
1  n ← tamanho de l
2  para i = 0 até n − 2
3      trocou ← Falso
4      para j = n − 1 até i + 1
5          se l[j] < l[j − 1]
6              Troque l[j] com l[j − 1]
7              trocou ← Verdadeiro
8      se trocou e Falso
9          pare
```

BubbleSort funciona?

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

BubbleSort funciona?

Algoritmo: BubbleSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 0 até n − 2
    para j = n − 1 até i + 1
        se l[j] < l[j − 1]
            Troque l[j] com l[j − 1]
```

Claramente os passos de BubbleSort são simples e ele termina.

BubbleSort funciona?

Algoritmo: BubbleSort(I)

1 $n \leftarrow$ tamanho de I
2 **para** $i = 0$ **até** $n - 2$
3 **para** $j = n - 1$ **até** $i + 1$
4   **se** $I[j] < I[j - 1]$
5   Troque $I[j]$ com $I[j - 1]$

Claramente os passos de BubbleSort são simples e ele termina.
Suponha que no início da iteração (linha 3) **I[0], ..., I[i - 1]** estão ordenados e são os menores elementos de **I**:

BubbleSort funciona?

Algoritmo: BubbleSort(I)

1 $n \leftarrow$ tamanho de I
2 **para** $i = 0$ **até** $n - 2$
3 ⎸ **para** $j = n - 1$ **até** $i + 1$
4 ⎸ ⎸ **se** $I[j] < I[j - 1]$
5 ⎸ ⎸ ⎸ Troque $I[j]$ com $I[j - 1]$

Claramente os passos de BubbleSort são simples e ele termina.
Suponha que no início da iteração (linha 3) **I[0], ..., I[i - 1]** estão ordenados e são os menores elementos de **I**:

- Isso é verdade no início da primeira iteração

BubbleSort funciona?

Algoritmo: BubbleSort(l)

1 $n \leftarrow$ tamanho de l
2 **para** $i = 0$ **até** $n - 2$
3 **para** $j = n - 1$ **até** $i + 1$
4   **se** $l[j] < l[j - 1]$
5   Troque $l[j]$ com $l[j - 1]$

Claramente os passos de BubbleSort são simples e ele termina.
Suponha que no início da iteração (linha 3) **l[0], ..., l[i - 1]** estão ordenados e são os menores elementos de **l**:

- Isso é verdade no início da primeira iteração

No final da iteração **i**, **l[0], ..., l[i]** estão ordenados e são os menores elementos da lista?

BubbleSort funciona?

Algoritmo: BubbleSort(l)

1 $n \leftarrow$ tamanho de l
2 **para** $i = 0$ **até** $n - 2$
3 **para** $j = n - 1$ **até** $i + 1$
4   **se** $l[j] < l[j - 1]$
5   Troque $l[j]$ com $l[j - 1]$

Claramente os passos de BubbleSort são simples e ele termina.
Suponha que no início da iteração (linha 3) **l[0], ..., l[i - 1]** estão ordenados e são os menores elementos de **l**:

- Isso é verdade no início da primeira iteração

No final da iteração **i**, **l[0], ..., l[i]** estão ordenados e são os menores elementos da lista?

- Sim, pois o menor valor de **l[i], ..., l[n - 1]** será deslocado até **l[i]** através de trocas.

BubbleSort funciona?

Algoritmo: BubbleSort(l)

1 $n \leftarrow$ tamanho de l
2 **para** $i = 0$ **até** $n - 2$
3 **para** $j = n - 1$ **até** $i + 1$
4   **se** $l[j] < l[j - 1]$
5   Troque $l[j]$ com $l[j - 1]$

Claramente os passos de BubbleSort são simples e ele termina.
Suponha que no início da iteração (linha 3) **l[0], ..., l[i - 1]** estão ordenados e são os menores elementos de **l**:

- Isso é verdade no início da primeira iteração

No final da iteração **i**, **l[0], ..., l[i]** estão ordenados e são os menores elementos da lista?

- Sim, pois o menor valor de **l[i], ..., l[n - 1]** será deslocado até **l[i]** através de trocas.

Ou seja, no final da última iteração, a lista está ordenada.

InsertionSort

Ordenação por Inserção

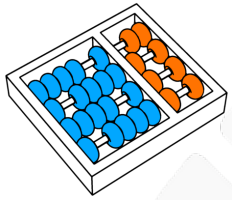
- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.

Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:

Ordenação por Inserção

- Se já temos **l[0], l[1], . . ., l[i-1]** ordenados.
- Inserimos **l[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.



Ordenação por Inserção

- Se já temos **l[0], l[1], . . ., l[i-1]** ordenados.
- Inserimos **l[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **l[0], l[1], . . ., l[i]** ordenados.

Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

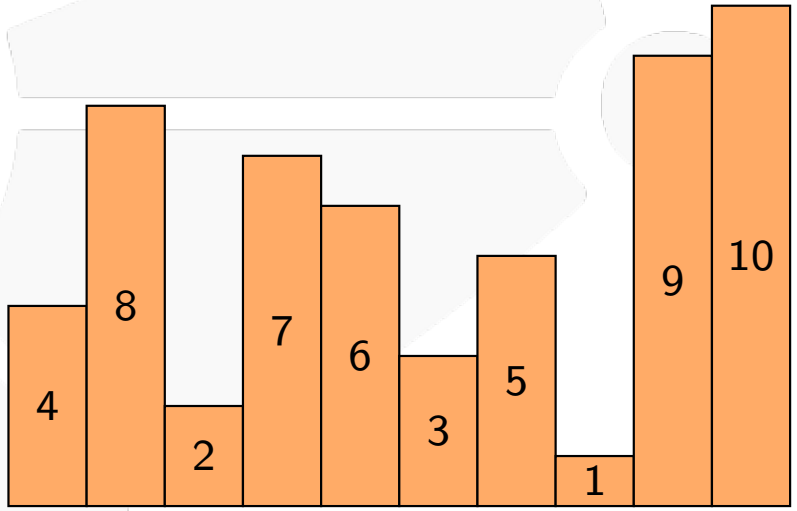
```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 1 até n − 1
    para j = i até 1
        se I[j] < I[j − 1]
            Troque I[j] com I[j − 1]
```



i

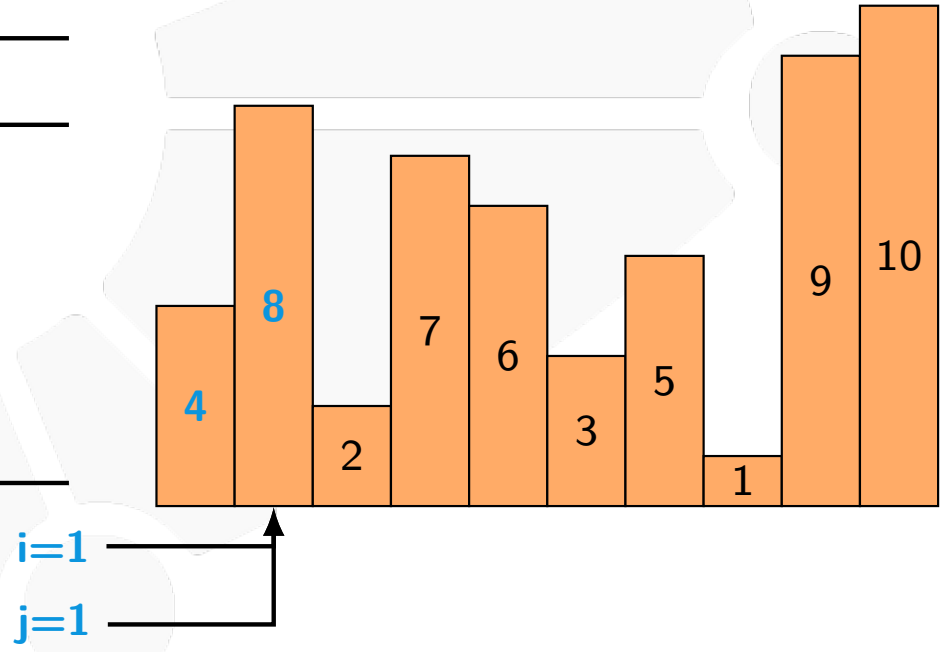
j

Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 1 até n − 1
    para j = i até 1
        se I[j] < I[j − 1]
            Troque I[j] com I[j − 1]
```

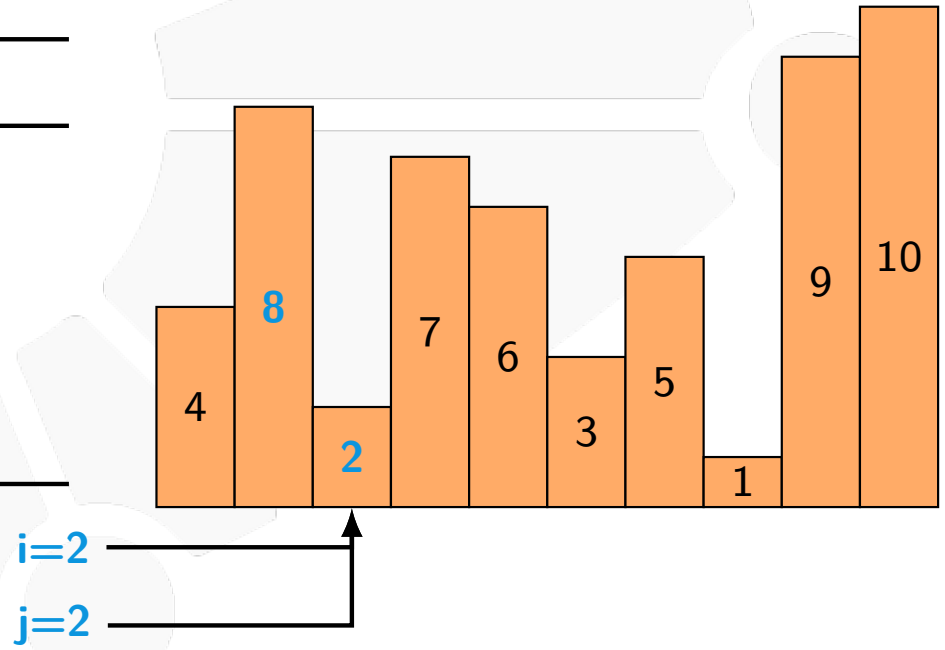


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 1 até n − 1
    para j = i até 1
        se I[j] < I[j − 1]
            Troque I[j] com I[j − 1]
```

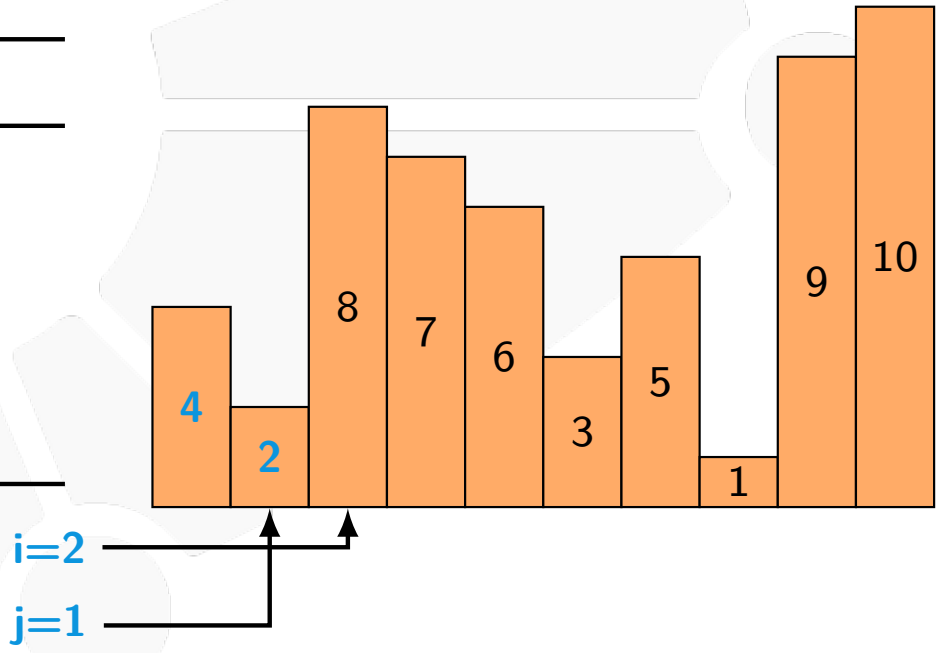


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 1 até n − 1
    para j = i até 1
        se I[j] < I[j − 1]
            Troque I[j] com I[j − 1]
```

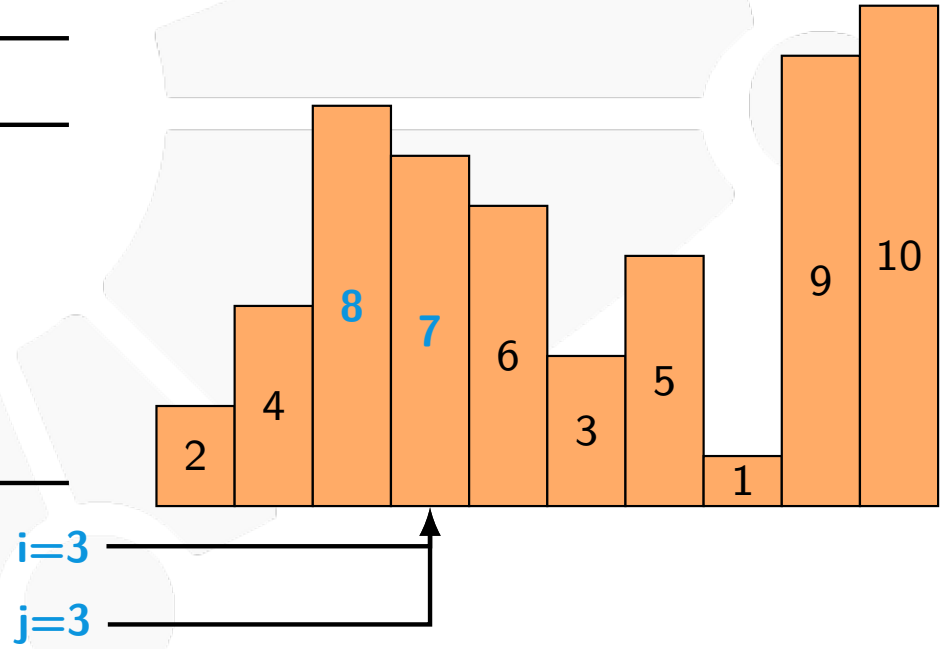


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 1 até n − 1
    para j = i até 1
        se I[j] < I[j − 1]
            Troque I[j] com I[j − 1]
```

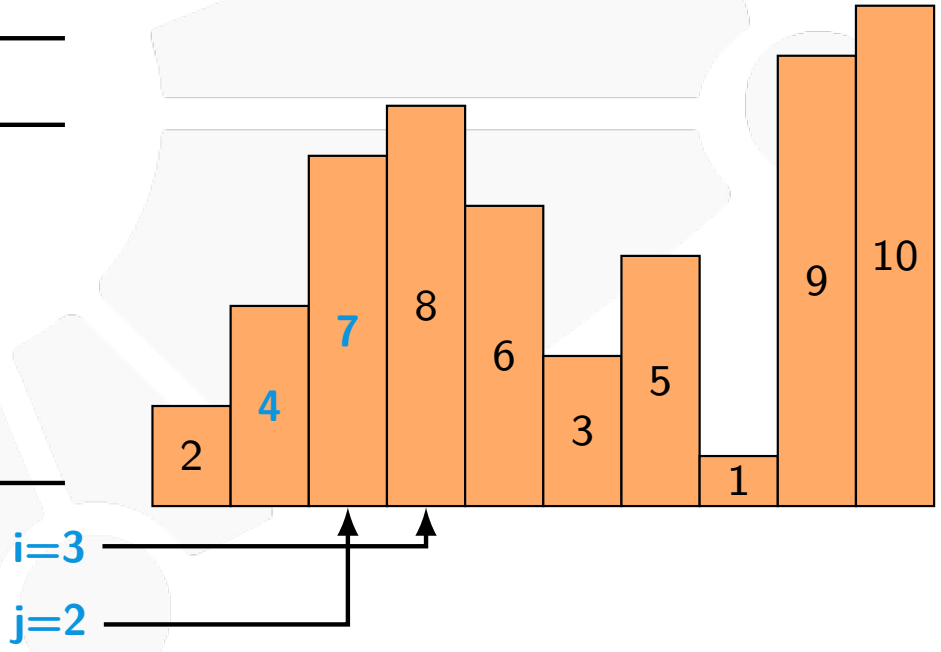


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

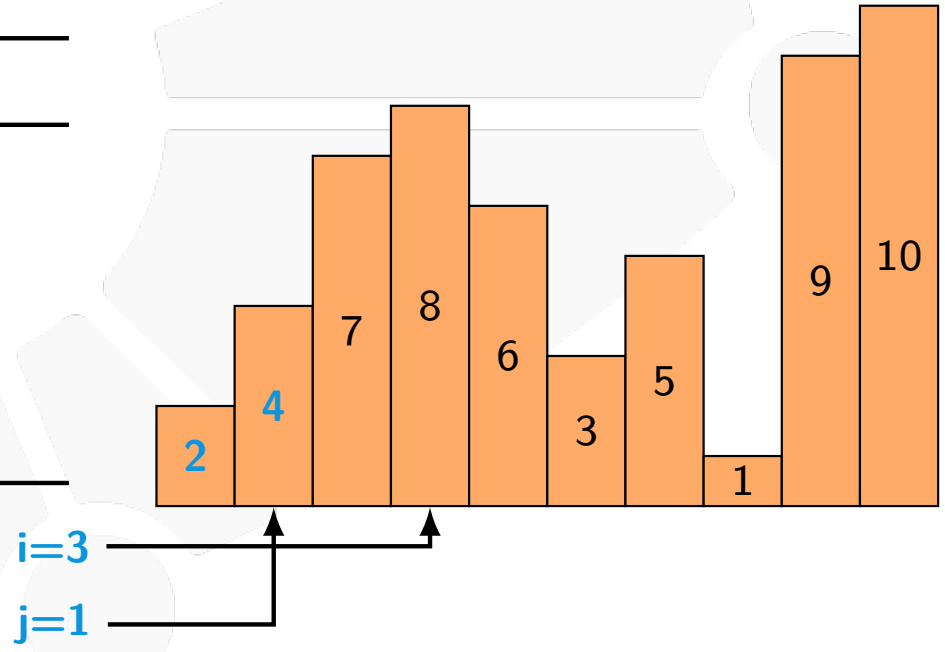


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

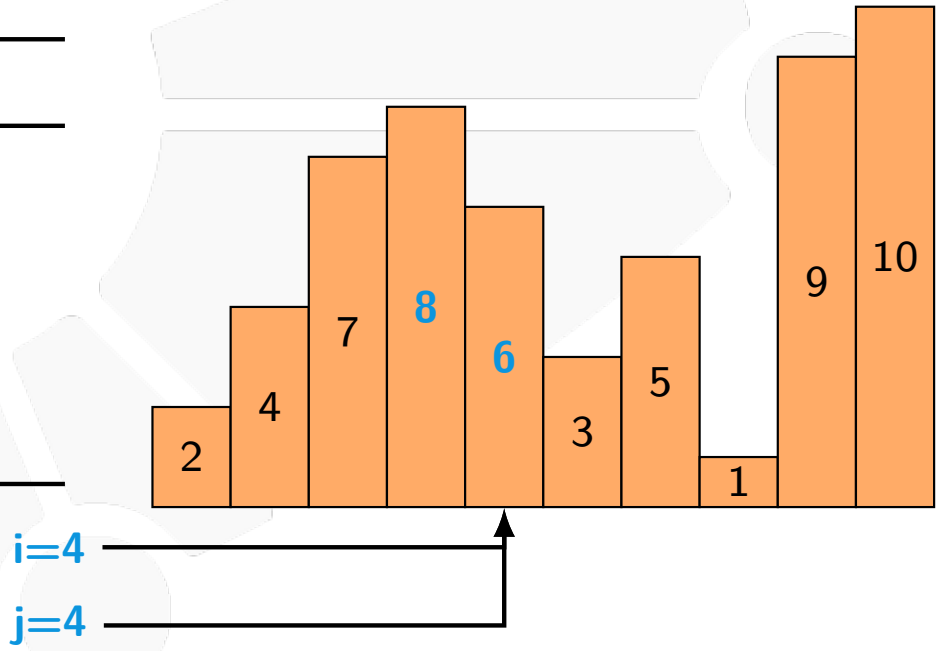


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

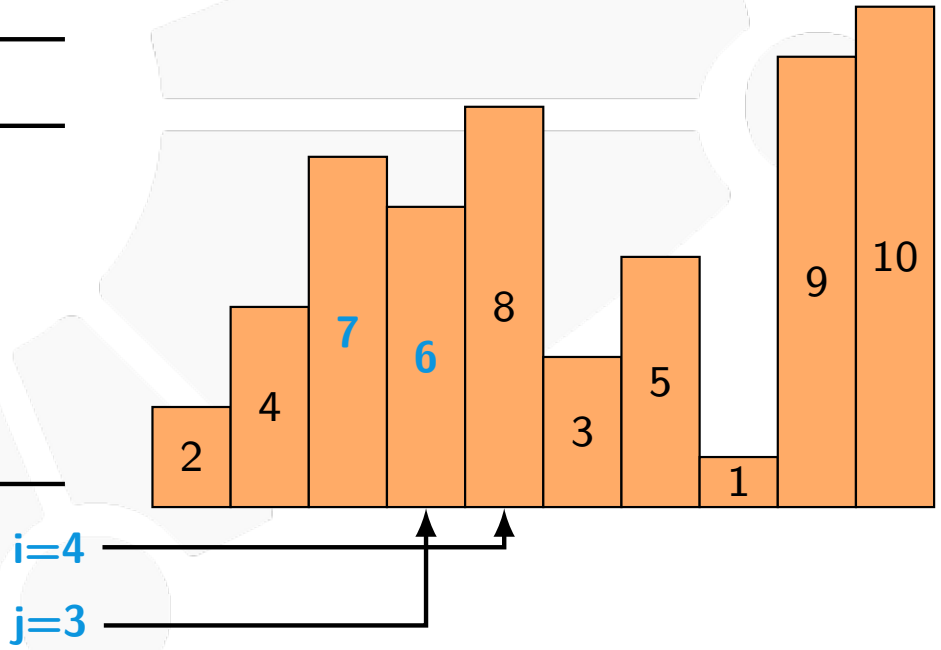


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1  n ← tamanho de I
2  para i = 1 até n − 1
3      para j = i até 1
4          se I[j] < I[j − 1]
5              Troque I[j] com I[j − 1]
```

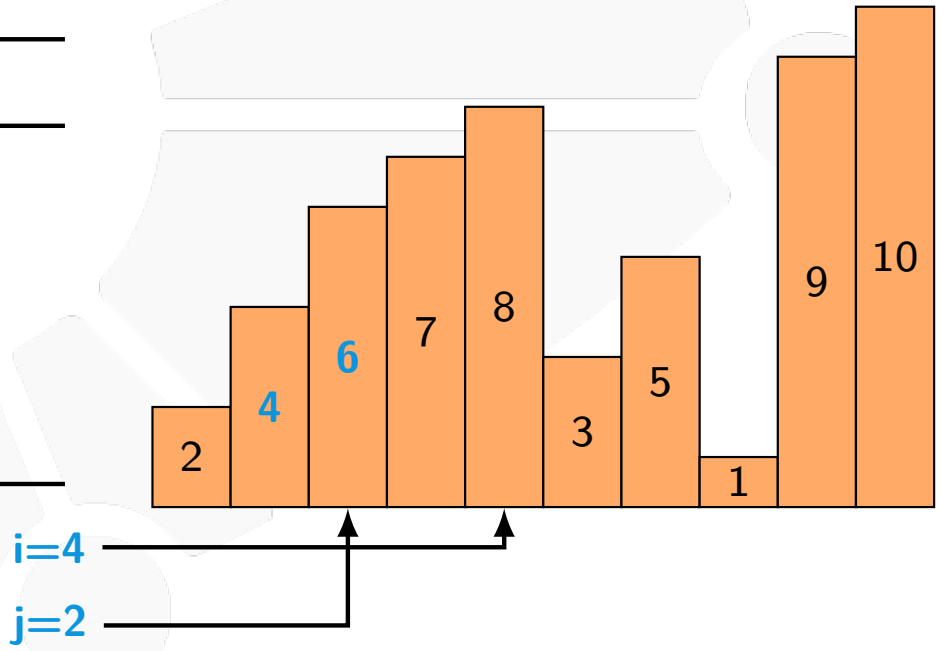


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

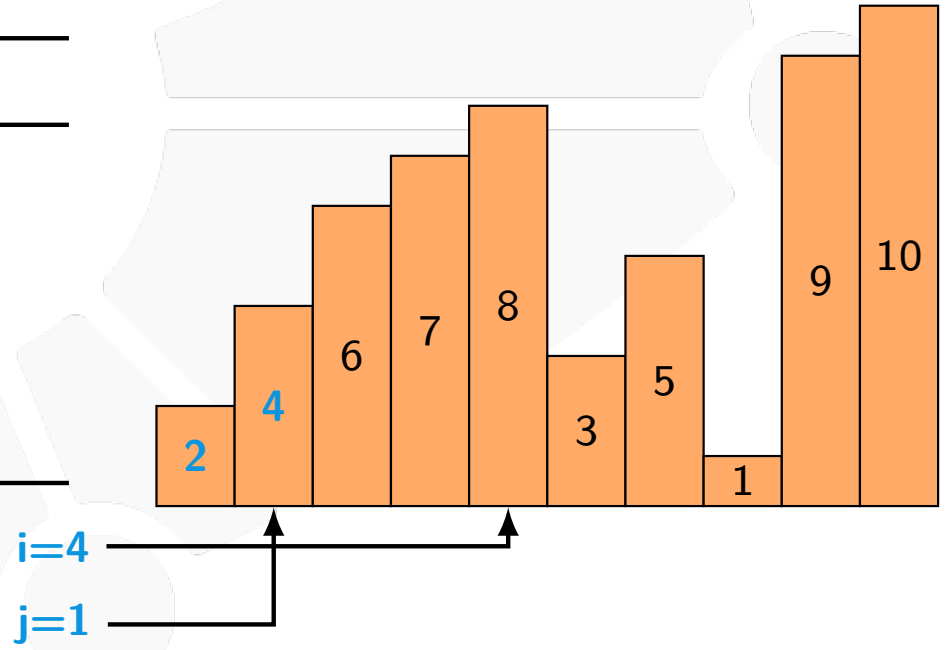


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 1 até n − 1
    para j = i até 1
        se I[j] < I[j − 1]
            Troque I[j] com I[j − 1]
```

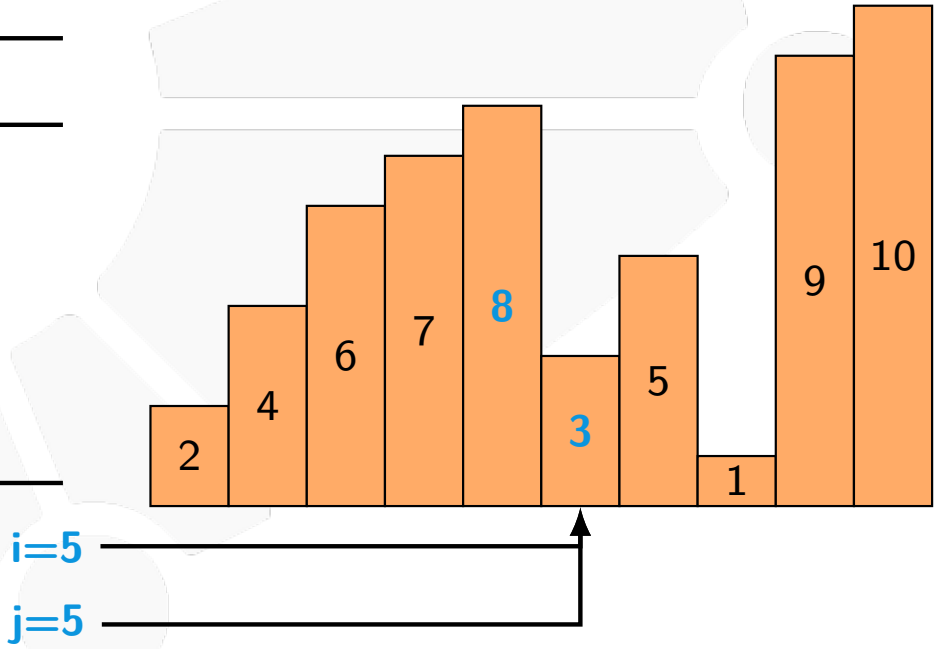


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 1 até n − 1
    para j = i até 1
        se I[j] < I[j − 1]
            Troque I[j] com I[j − 1]
```

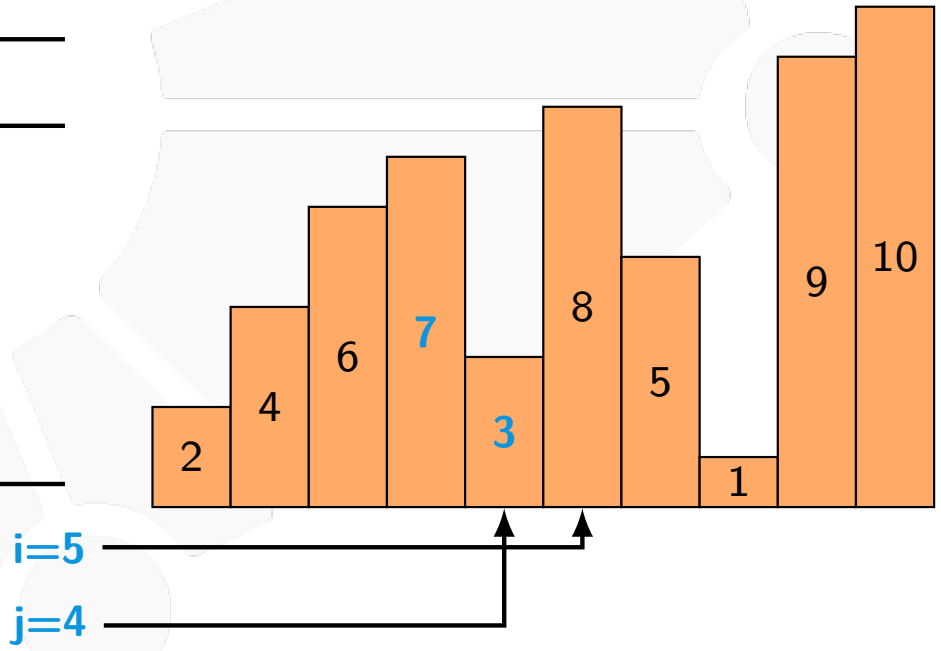


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

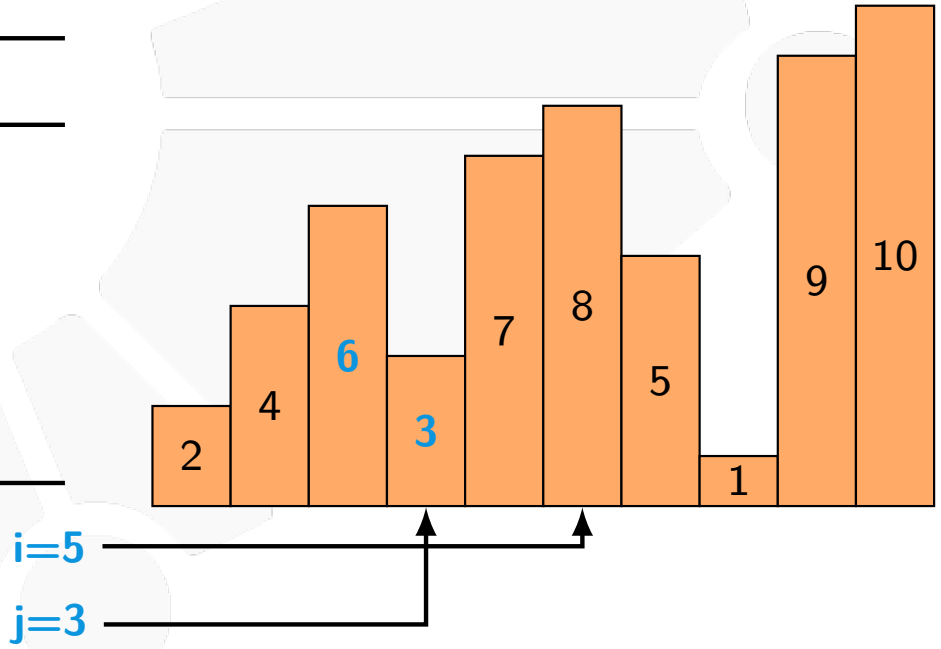


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

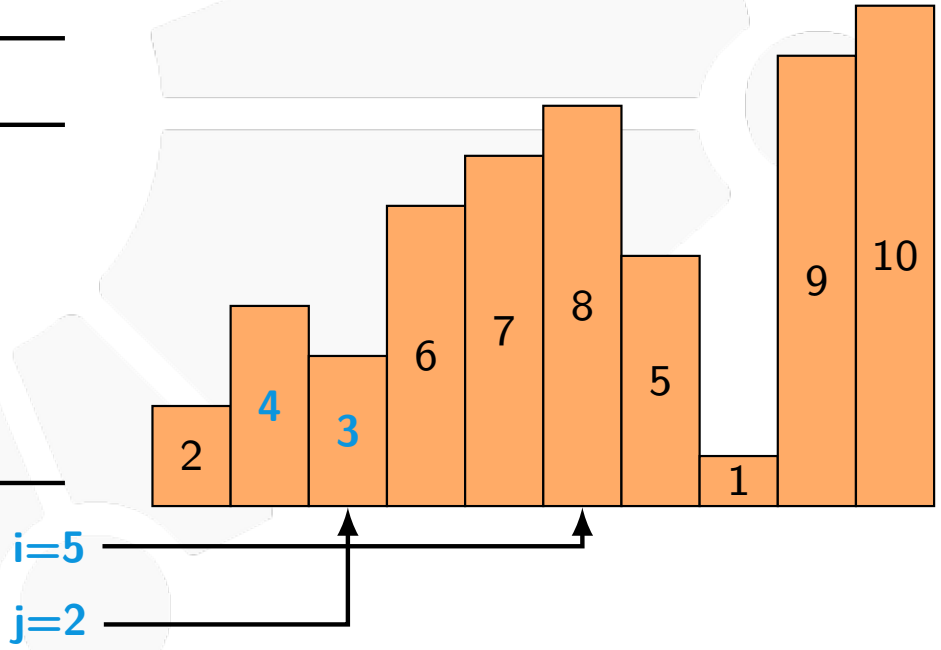


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

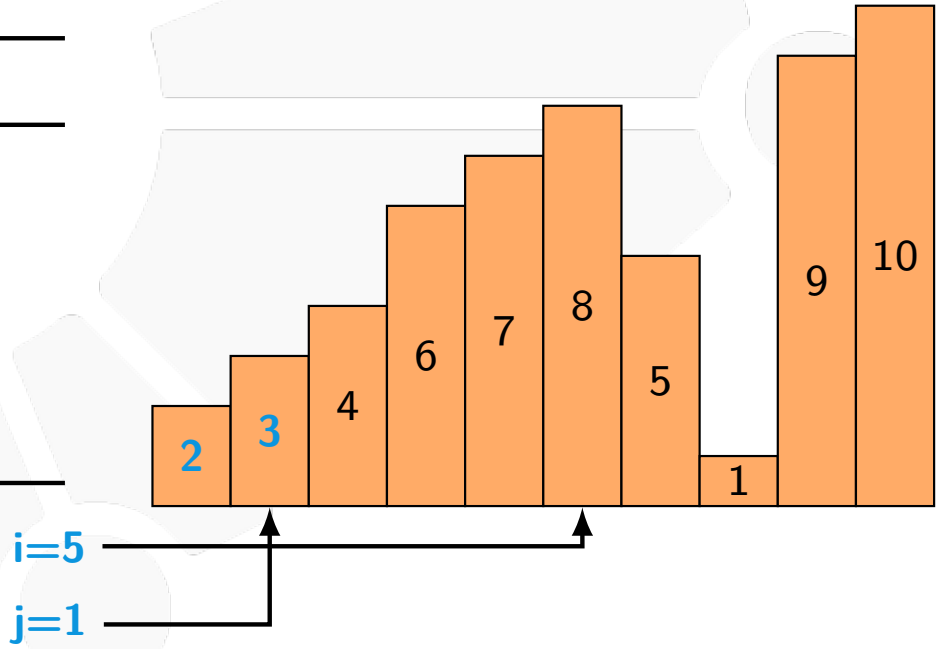


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

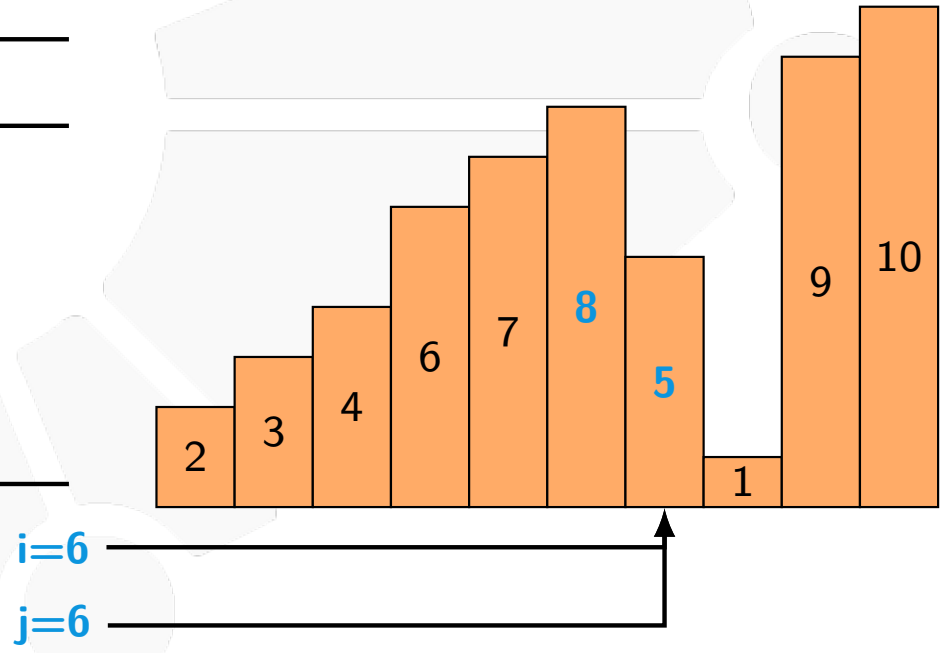


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

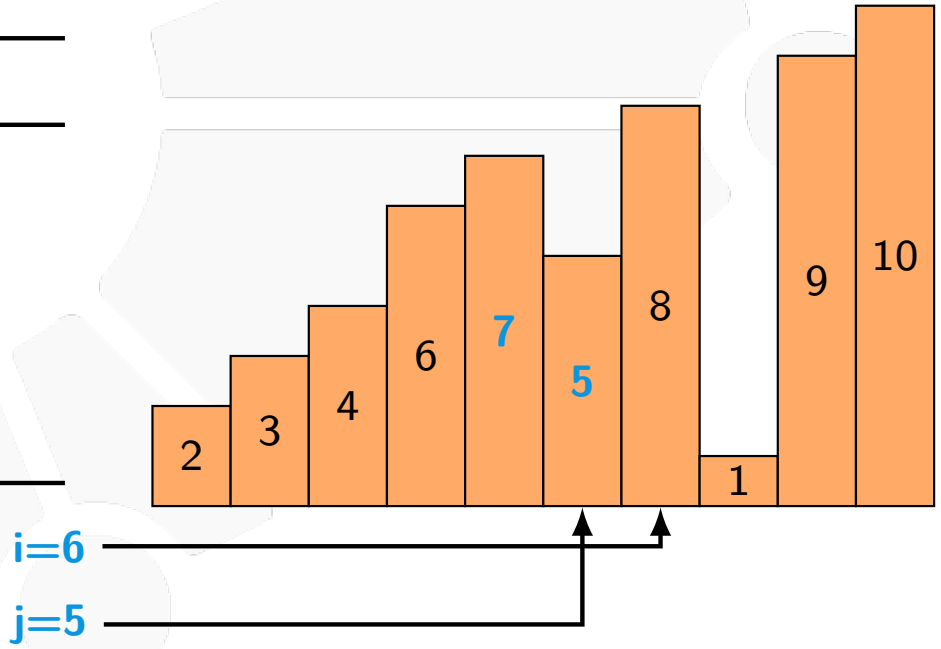


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

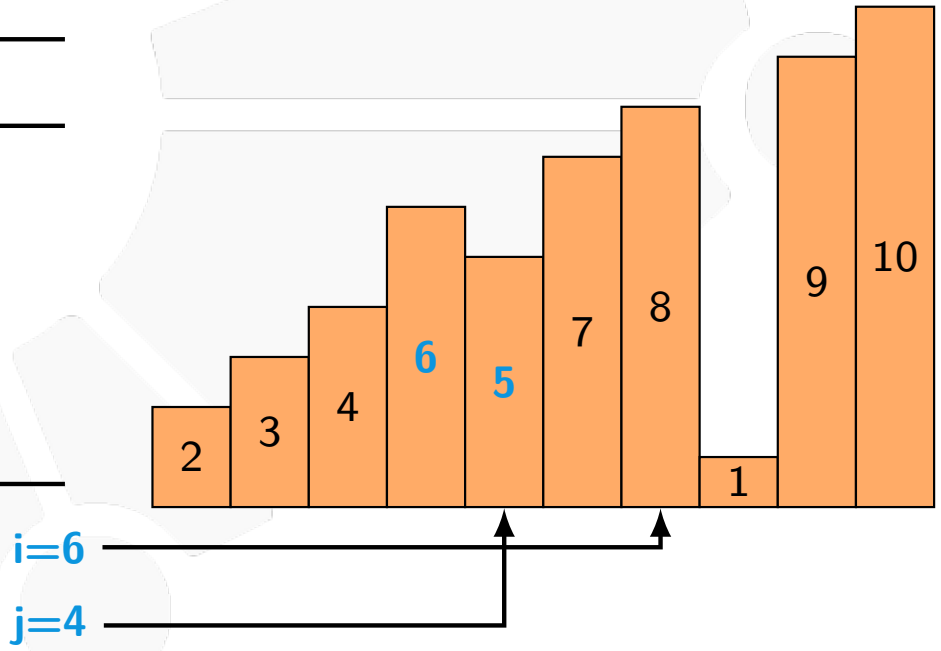


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

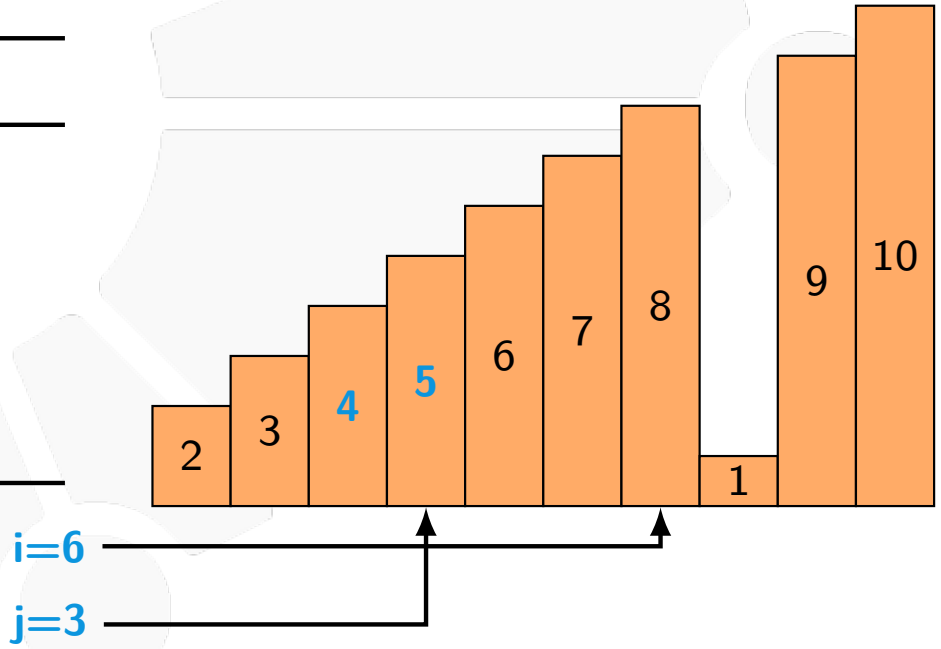


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

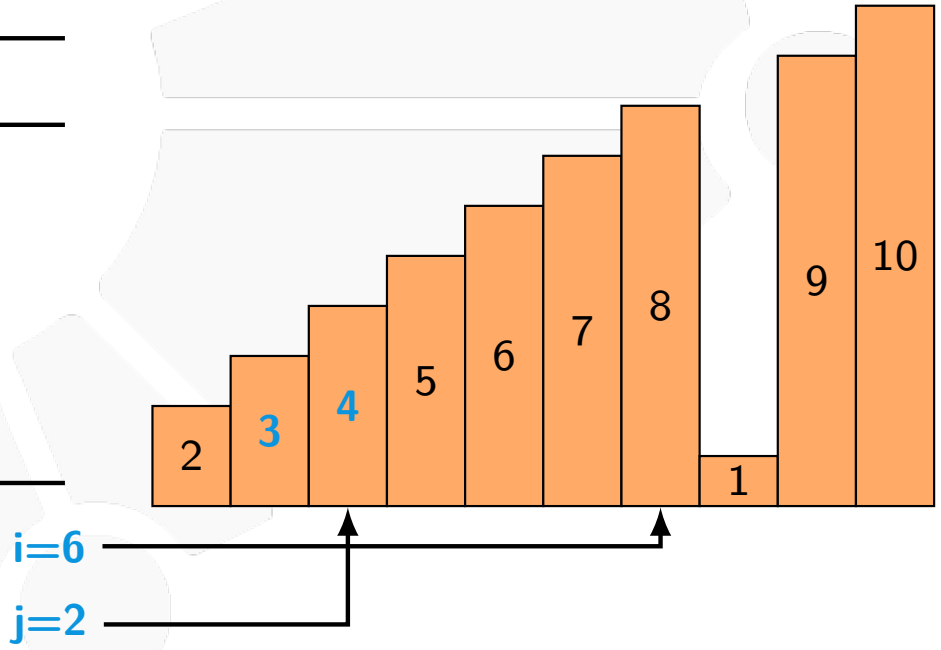


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

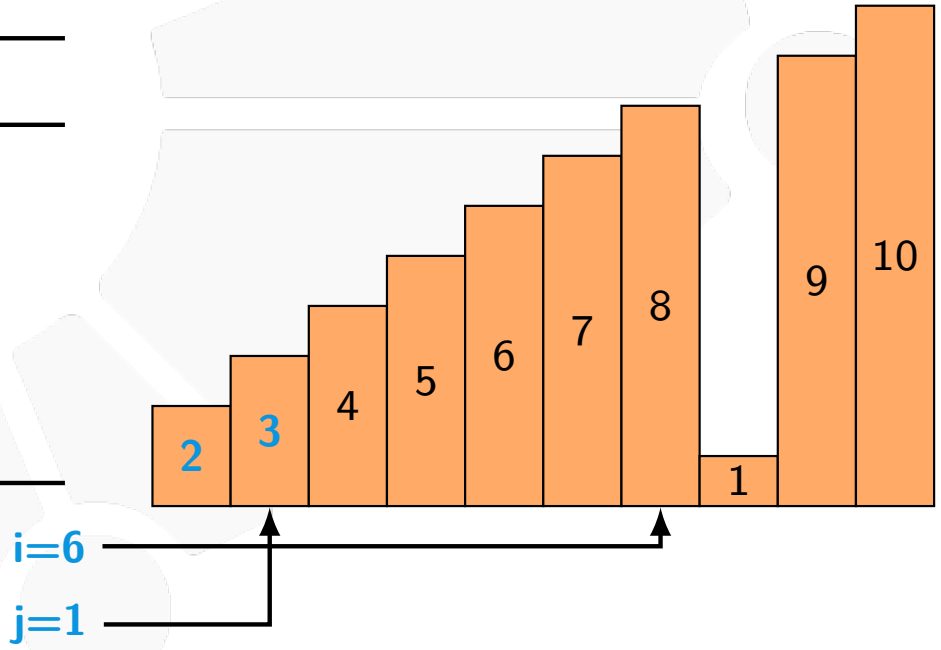


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

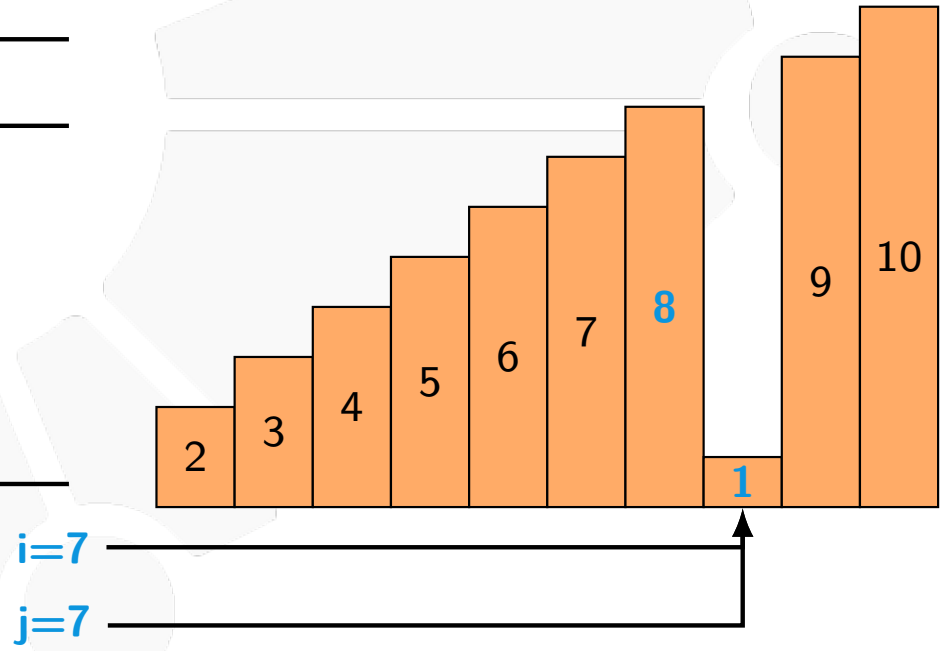


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

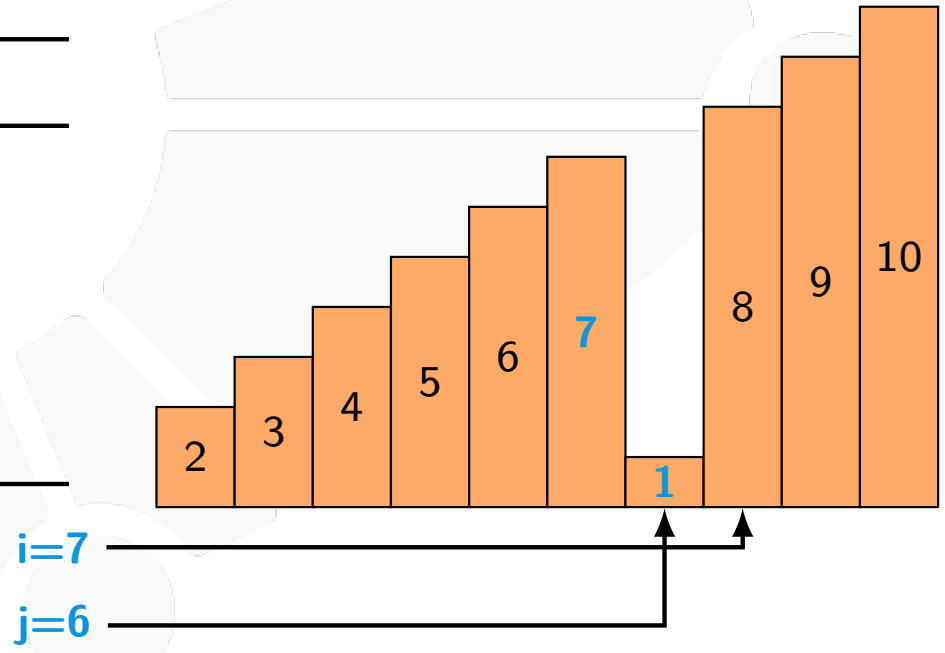


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

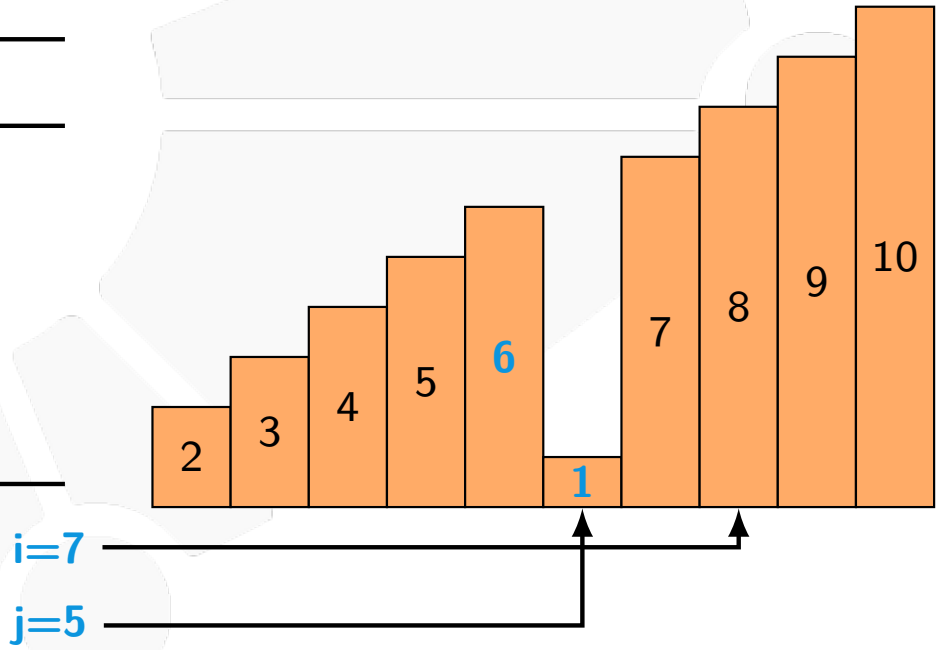


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

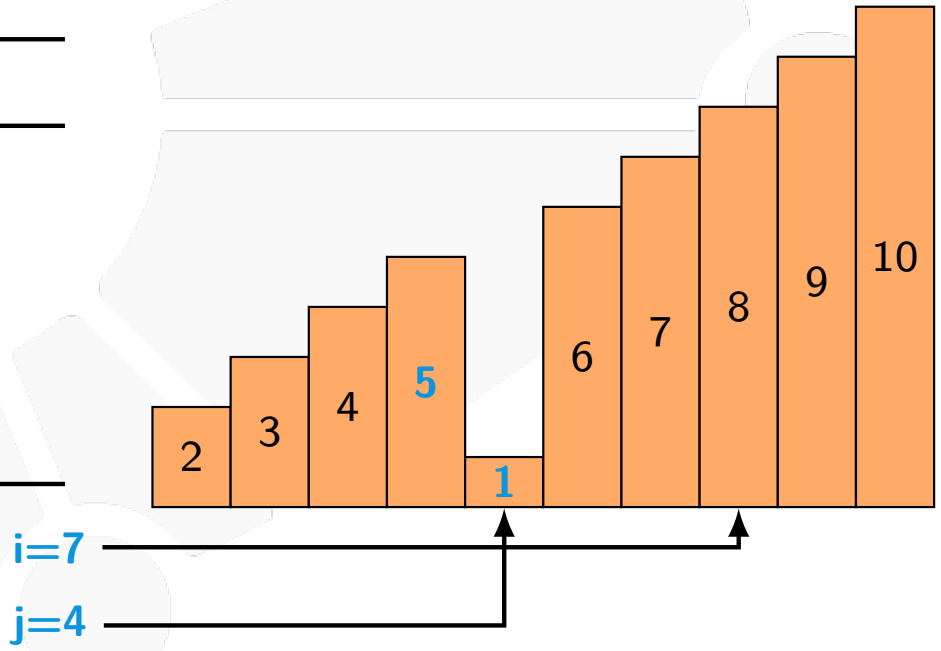


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

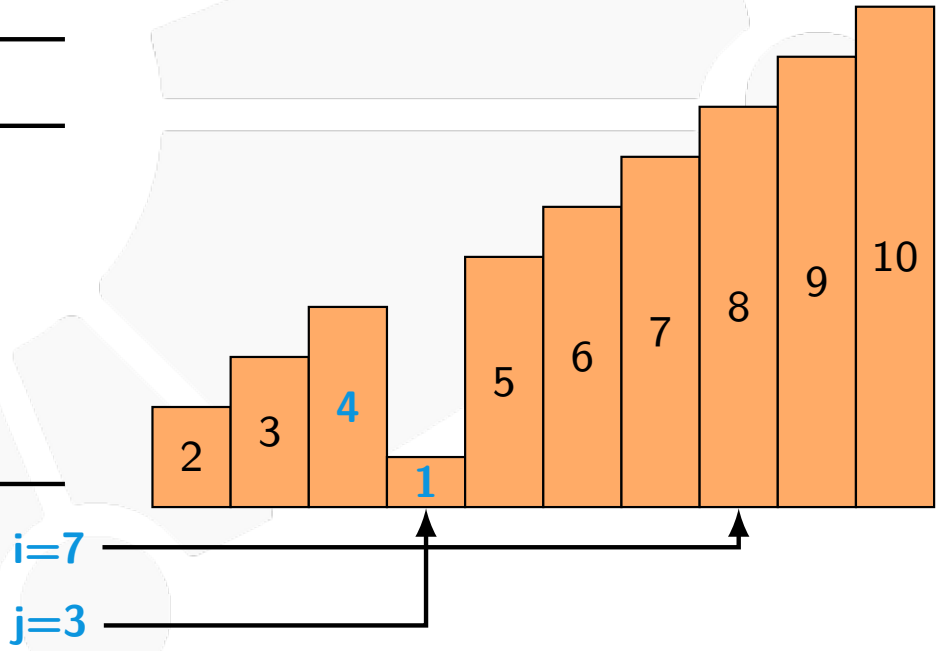


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

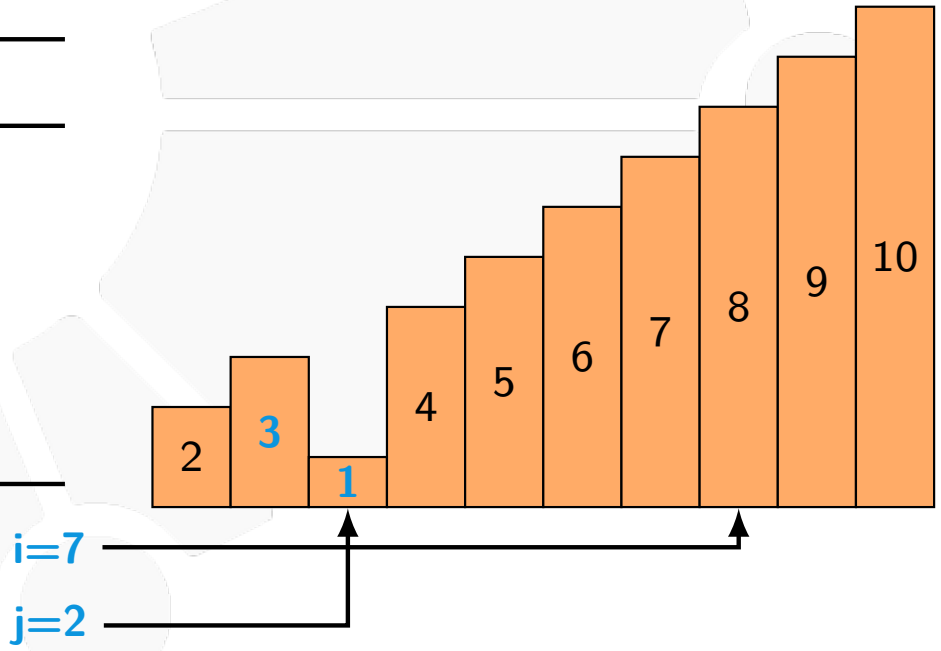


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

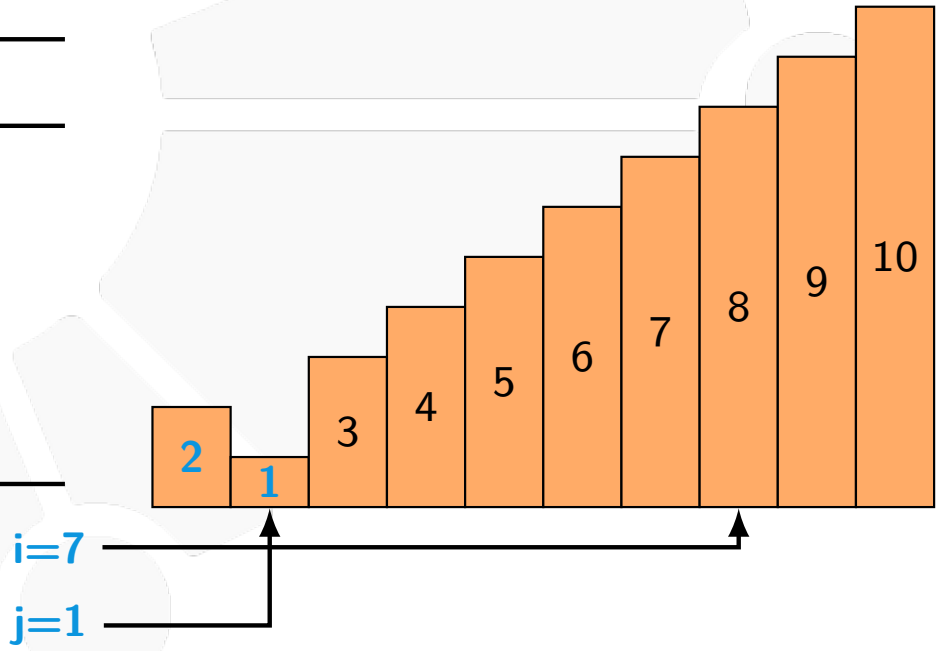


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

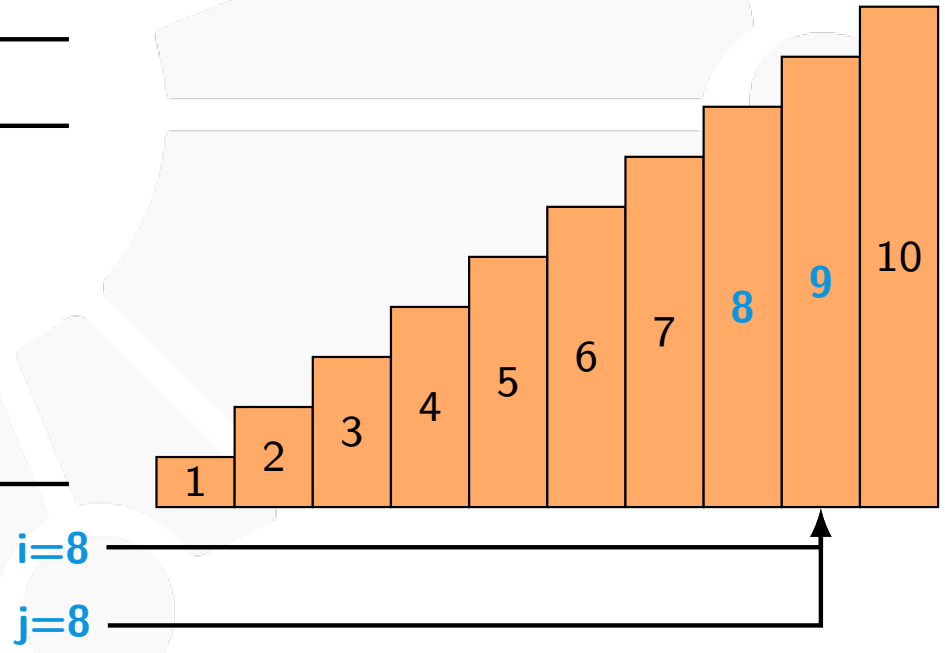


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1  n ← tamanho de I
2  para i = 1 até n − 1
3      para j = i até 1
4          se I[j] < I[j − 1]
5              Troque I[j] com I[j − 1]
```

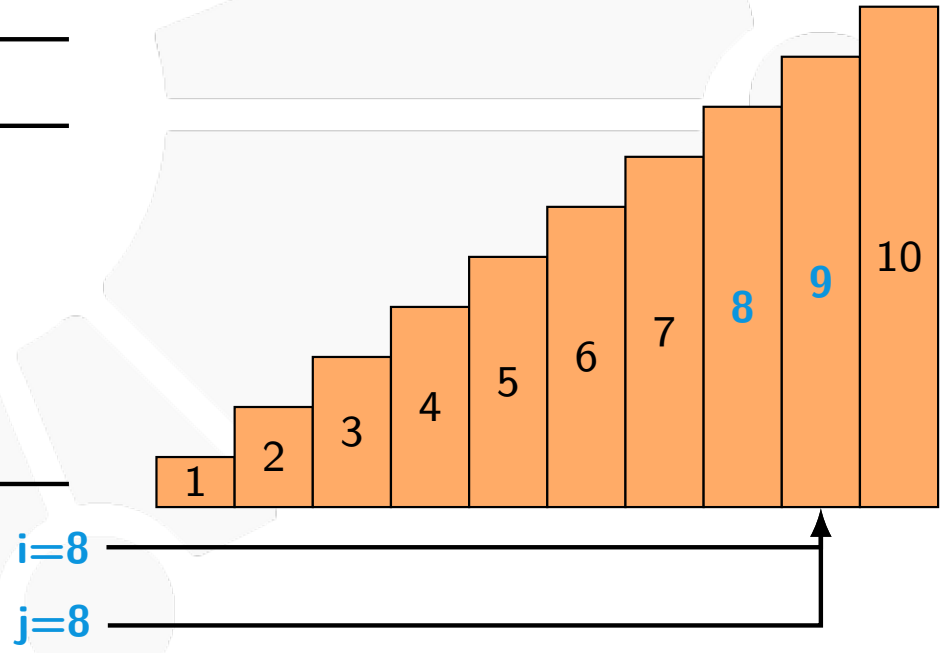


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1  n ← tamanho de I
2  para i = 1 até n − 1
3      para j = i até 1
4          se I[j] < I[j − 1]
5              Troque I[j] com I[j − 1]
```

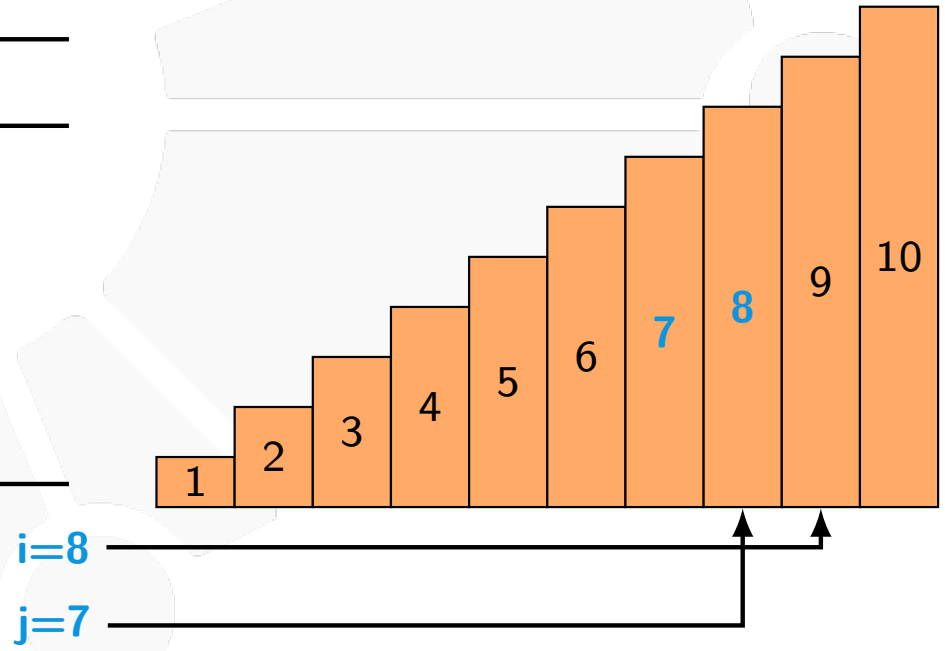


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

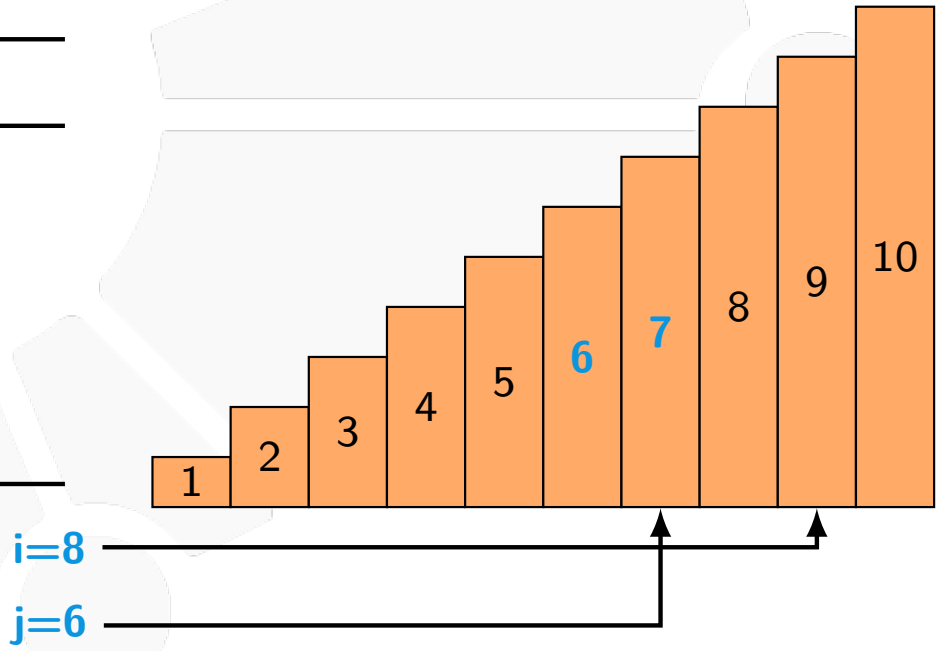


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

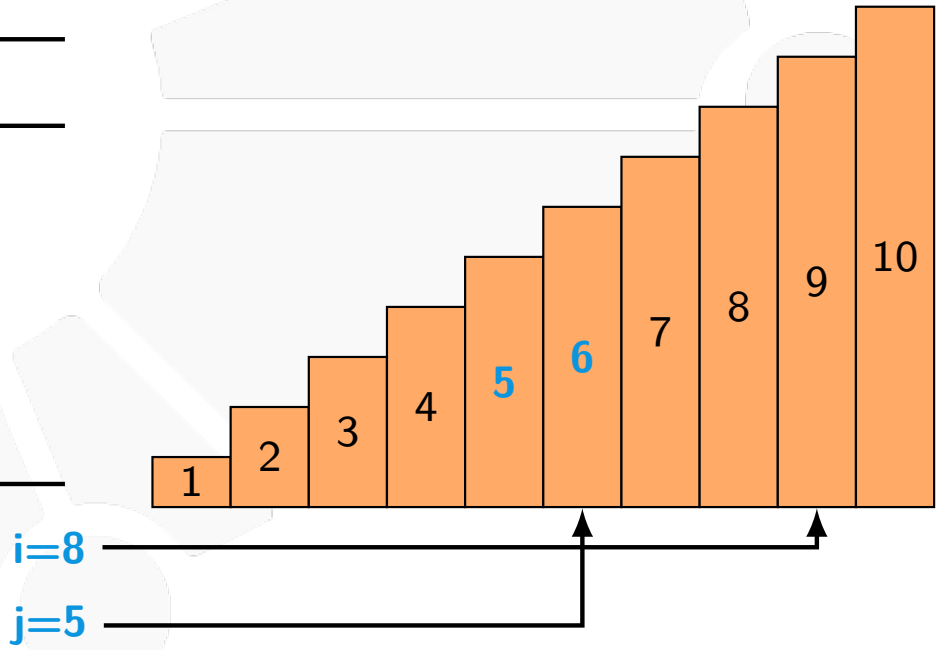


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

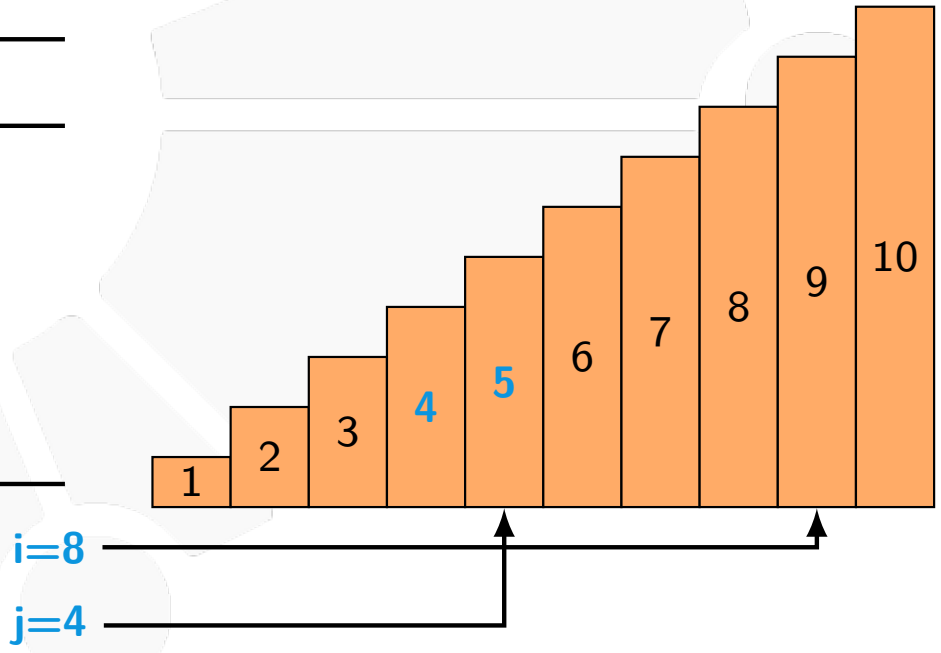


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

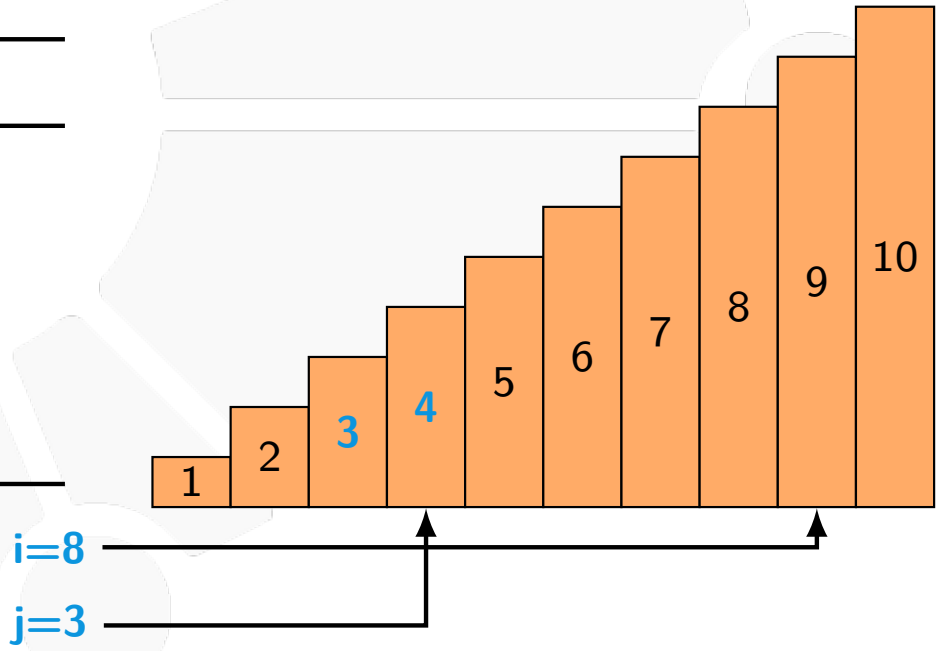


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

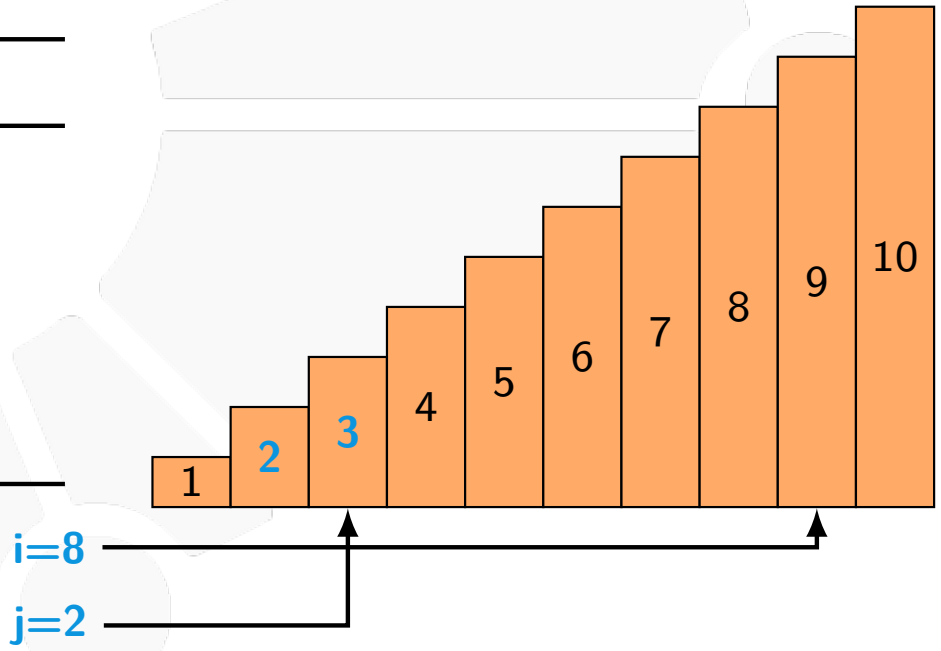


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

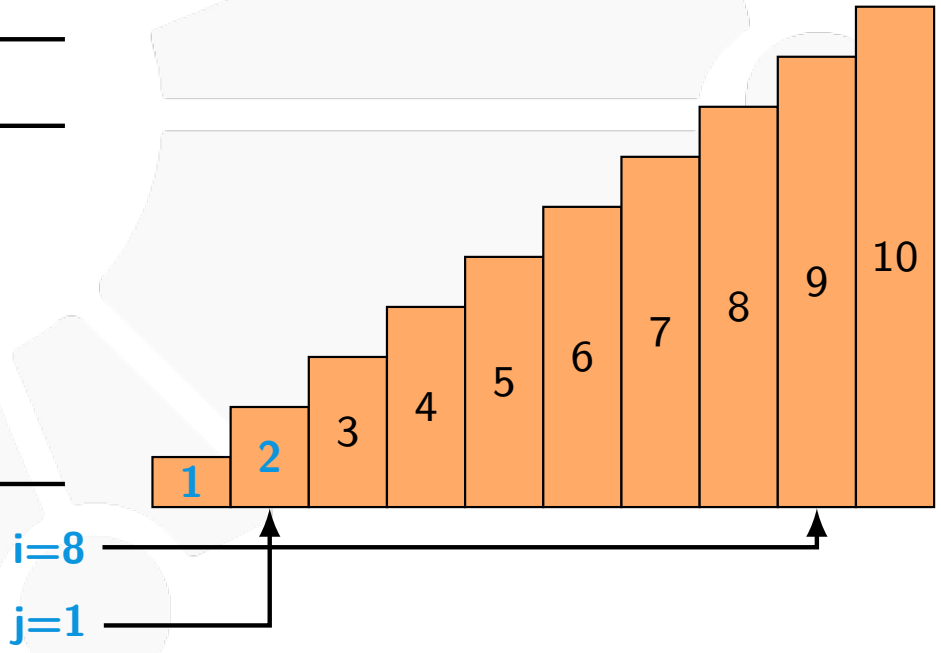


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1  n ← tamanho de I
2  para i = 1 até n − 1
3      para j = i até 1
4          se I[j] < I[j − 1]
5              Troque I[j] com I[j − 1]
```

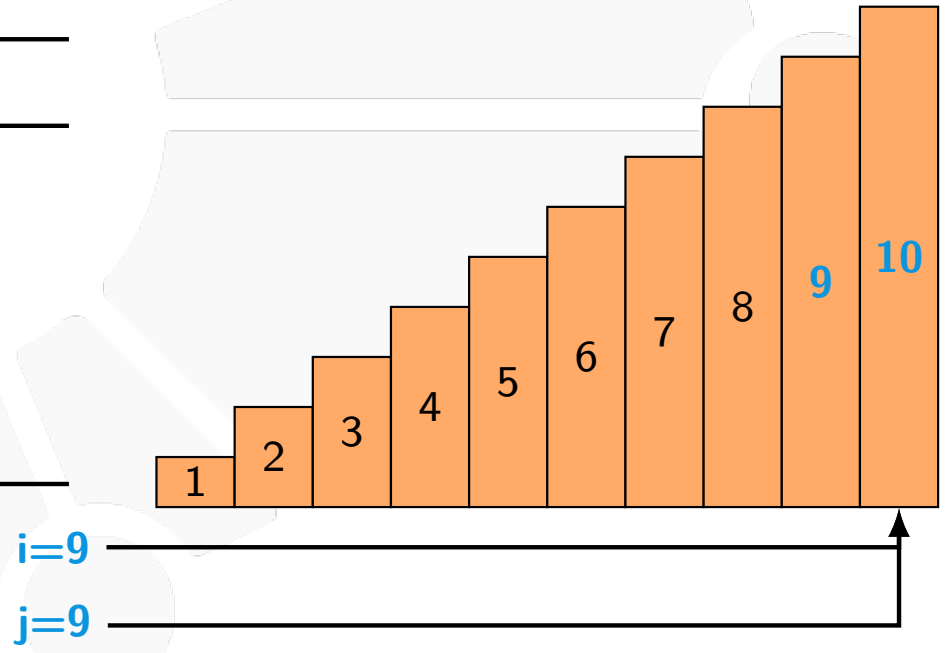


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1  n ← tamanho de I
2  para i = 1 até n − 1
3      para j = i até 1
4          se I[j] < I[j − 1]
5              Troque I[j] com I[j − 1]
```

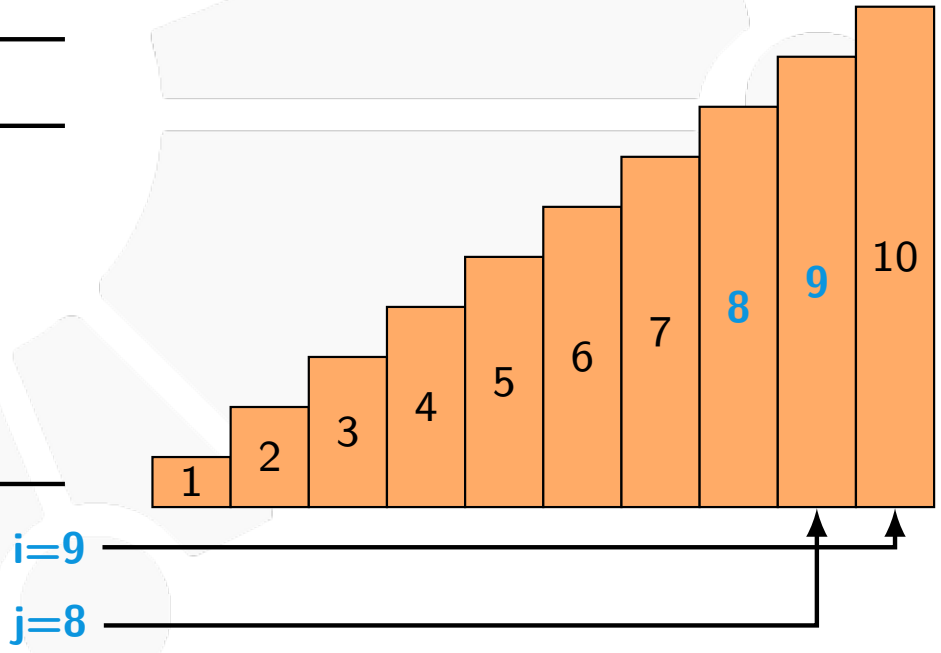


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1  n ← tamanho de I
2  para i = 1 até n − 1
3      para j = i até 1
4          se I[j] < I[j − 1]
5              Troque I[j] com I[j − 1]
```

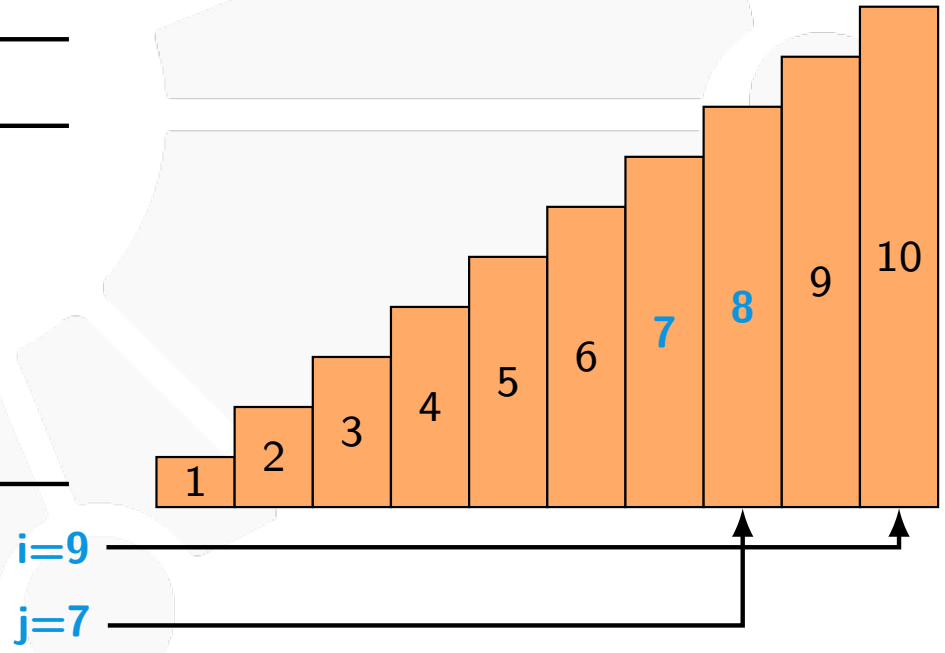


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

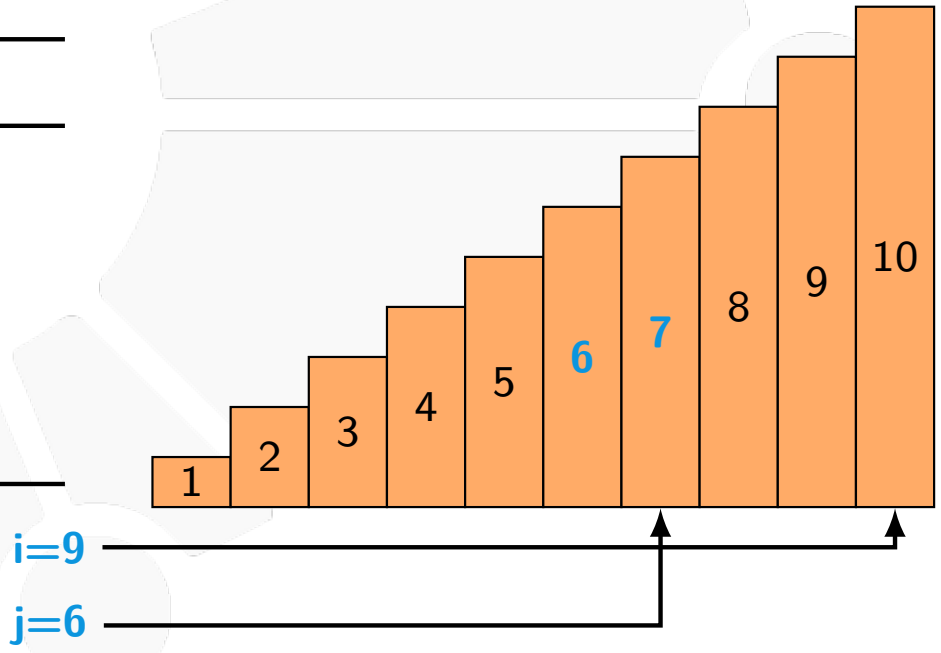


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

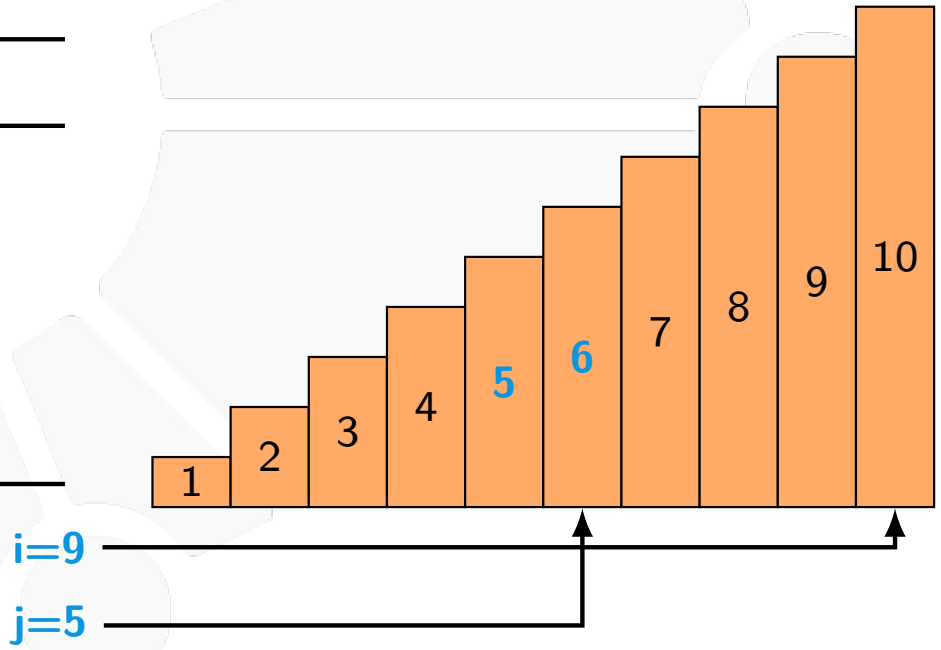


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```

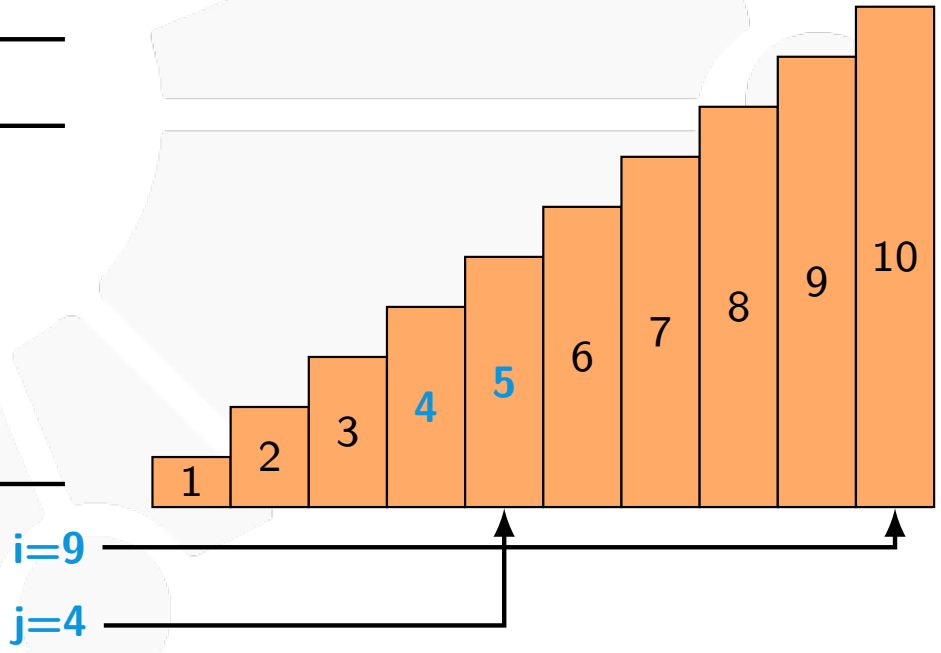


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1  n ← tamanho de I
2  para i = 1 até n − 1
3      para j = i até 1
4          se I[j] < I[j − 1]
5              Troque I[j] com I[j − 1]
```

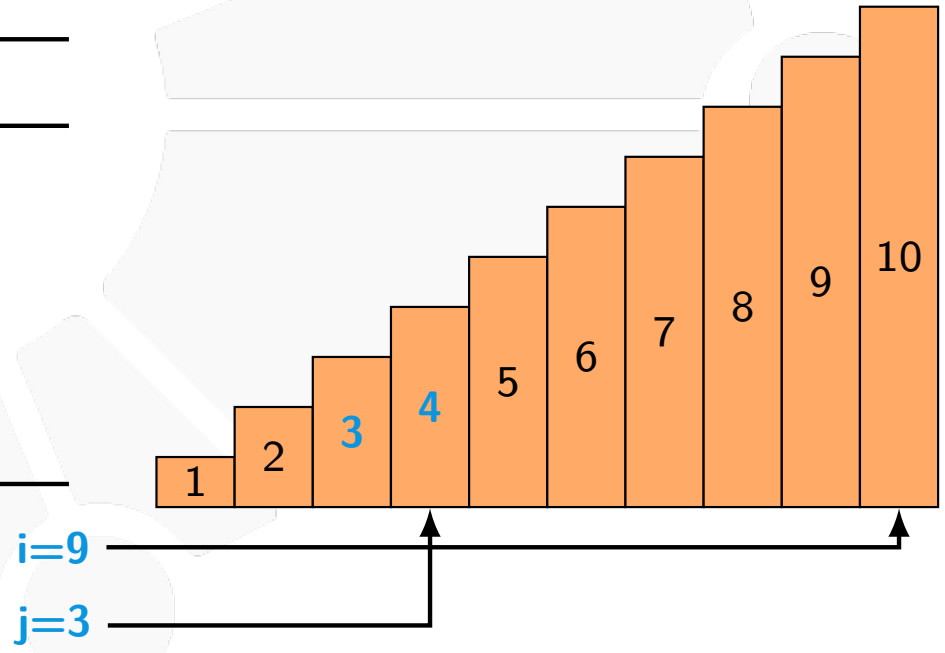


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1  n ← tamanho de I
2  para i = 1 até n − 1
3      para j = i até 1
4          se I[j] < I[j − 1]
5              Troque I[j] com I[j − 1]
```

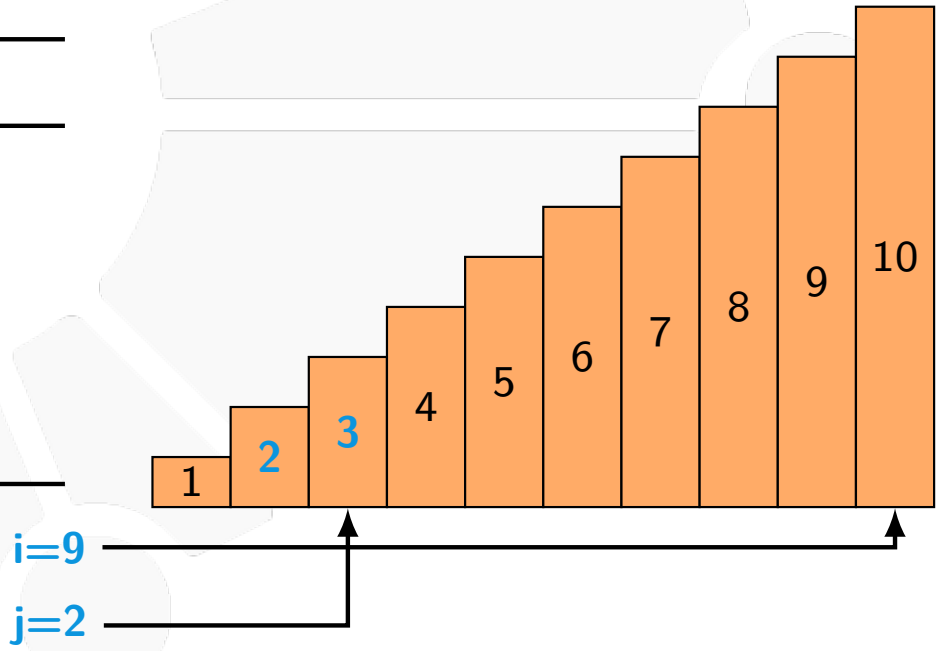


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
n ← tamanho de I
para i = 1 até n − 1
    para j = i até 1
        se I[j] < I[j − 1]
            Troque I[j] com I[j − 1]
```

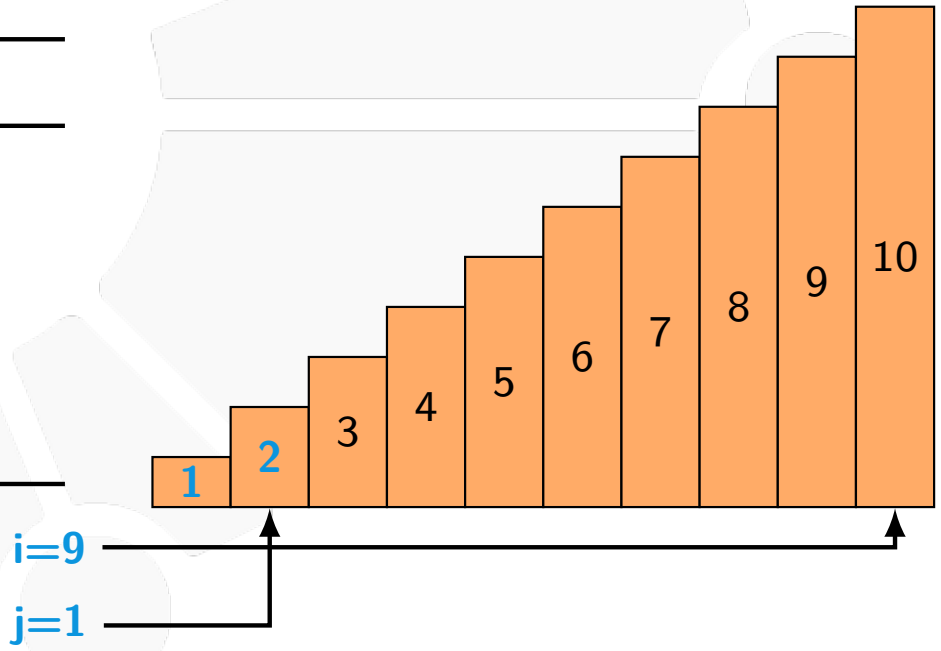


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1  n ← tamanho de I
2  para i = 1 até n − 1
3      para j = i até 1
4          se I[j] < I[j − 1]
5              Troque I[j] com I[j − 1]
```

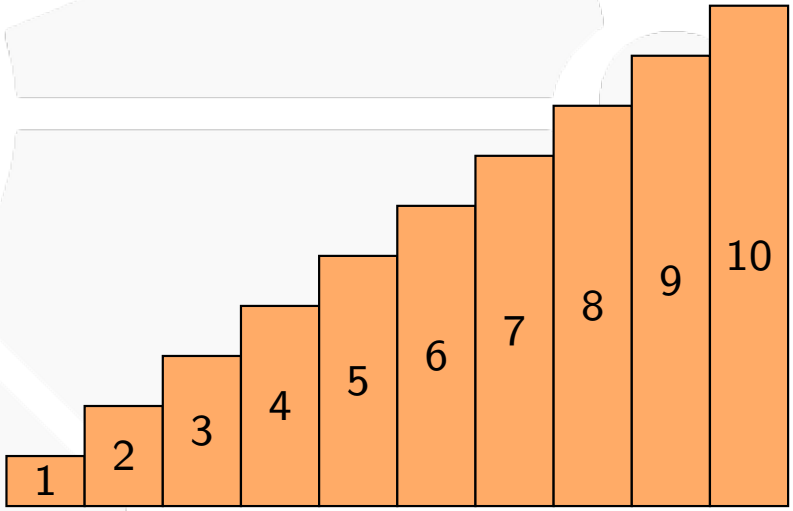


Ordenação por Inserção

- Se já temos **I[0], I[1], . . ., I[i-1]** ordenados.
- Inserimos **I[i]** na posição correta:
  - Fazemos algo similar ao BubbleSort.
- Ficamos com **I[0], I[1], . . ., I[i]** ordenados.

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     para j = i até 1
4         se I[j] < I[j − 1]
5             Troque I[j] com I[j − 1]
```



i

j

Otimização

- Não é necessário trocar sempre até o começo da lista:

Otimização

- Não é necessário trocar sempre até o começo da lista:
  - Podemos parar quando o elemento está na posição correta.

Otimização

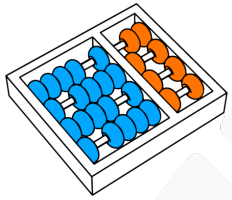
- Não é necessário trocar sempre até o começo da lista:
  - Podemos parar quando o elemento está na posição correta.
- Não é necessário fazer trocas:

Otimização

- Não é necessário trocar sempre até o começo da lista:
  - Podemos parar quando o elemento está na posição correta.
- Não é necessário fazer trocas:
  - Podemos ir deslocando os elementos para a direita.

Otimização

- Não é necessário trocar sempre até o começo da lista:
  - Podemos parar quando o elemento está na posição correta.
- Não é necessário fazer trocas:
  - Podemos ir deslocando os elementos para a direita.
  - Abrindo o espaço para o elemento a ser inserido.



Otimização

- Não é necessário trocar sempre até o começo da lista:
  - Podemos parar quando o elemento está na posição correta.
- Não é necessário fazer trocas:
  - Podemos ir deslocando os elementos para a direita.
  - Abrindo o espaço para o elemento a ser inserido.

Algoritmo: InsertionSort(l)

```
1  n ← tamanho de l
2  para i = 1 até n − 1
3      aux ← l[i]
4      j ← i
5      enquanto j > 0 e l[j − 1] > aux
6          l[j] ← l[j − 1]
7          j ← j − 1
8      l[j] ← aux
```

InsertionSort funciona?

Algoritmo: InsertionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 1 até n − 1
    aux ← l[i]
    j ← i
    enquanto j > 0 e l[j − 1] > aux
        l[j] ← l[j − 1]
        j ← j − 1
    l[j] ← aux
```

InsertionSort funciona?

Algoritmo: InsertionSort(l)

```
n ← tamanho de l
para i = 1 até n − 1
    aux ← l[i]
    j ← i
    enquanto j > 0 e l[j − 1] > aux
        l[j] ← l[j − 1]
        j ← j − 1
    l[j] ← aux
```

Claramente os passos são simples e ele termina

InsertionSort funciona?

Algoritmo: InsertionSort(l)

```
1 n ← tamanho de l
2 para i = 1 até n − 1
3     aux ← l[i]
4     j ← i
5     enquanto j > 0 e l[j − 1] > aux
6         l[j] ← l[j − 1]
7         j ← j − 1
8     l[j] ← aux
```

Claramente os passos são simples e ele termina

Suponha que no início da iteração da linha 3 **l[0], ..., l[i - 1]** estão ordenados:

InsertionSort funciona?

Algoritmo: InsertionSort(l)

1 $n \leftarrow$ tamanho de l
2 **para** $i = 1$ **até** $n - 1$
3 $\quad aux \leftarrow l[i]$
4 $\quad j \leftarrow i$
5 $\quad$ **enquanto** $j > 0$ **e** $l[j-1] > aux$
6 $\quad\quad l[j] \leftarrow l[j-1]$
7 $\quad\quad j \leftarrow j - 1$
8 $\quad l[j] \leftarrow aux$

Claramente os passos são simples e ele termina
Suponha que no início da iteração da linha 3 **l[0], ..., l[i - 1]** estão ordenados:

- Isso é verdade no início da primeira iteração.

InsertionSort funciona?

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     aux ← I[i]
4     j ← i
5     enquanto j > 0 e I[j − 1] > aux
6         I[j] ← I[j − 1]
7         j ← j − 1
8     I[j] ← aux
```

Claramente os passos são simples e ele termina
Suponha que no início da iteração da linha 3 **I[0], ..., I[i - 1]** estão ordenados:

- Isso é verdade no início da primeira iteração.
  - **I[0]** sozinho está ordenado.

InsertionSort funciona?

Algoritmo: InsertionSort(l)

```
1 n ← tamanho de l
2 para i = 1 até n − 1
3     aux ← l[i]
4     j ← i
5     enquanto j > 0 e l[j − 1] > aux
6         l[j] ← l[j − 1]
7         j ← j − 1
8     l[j] ← aux
```

Claramente os passos são simples e ele termina
Suponha que no início da iteração da linha 3 **l[0], ..., l[i - 1]** estão ordenados:

- Isso é verdade no início da primeira iteração.
  - **l[0]** sozinho está ordenado.

No final da iteração **i**, **l[0], ..., l[i]** estão ordenados?

InsertionSort funciona?

Algoritmo: InsertionSort(I)

```
1 n ← tamanho de I
2 para i = 1 até n − 1
3     aux ← I[i]
4     j ← i
5     enquanto j > 0 e I[j − 1] > aux
6         I[j] ← I[j − 1]
7         j ← j − 1
8     I[j] ← aux
```

Claramente os passos são simples e ele termina
Suponha que no início da iteração da linha 3 **I[0], ..., I[i - 1]** estão ordenados:

- Isso é verdade no início da primeira iteração.
  - **I[0]** sozinho está ordenado.

No final da iteração **i**, **I[0], ..., I[i]** estão ordenados?

- Sim, pois **I[i]** é inserido de forma a manter a ordenação.

InsertionSort funciona?

Algoritmo: InsertionSort(l)

```
1 n ← tamanho de l
2 para i = 1 até n − 1
3     aux ← l[i]
4     j ← i
5     enquanto j > 0 e l[j − 1] > aux
6         l[j] ← l[j − 1]
7         j ← j − 1
8     l[j] ← aux
```

Claramente os passos são simples e ele termina
Suponha que no início da iteração da linha 3 **l[0], ..., l[i - 1]** estão ordenados:

- Isso é verdade no início da primeira iteração.
  - **l[0]** sozinho está ordenado.

No final da iteração **i**, **l[0], ..., l[i]** estão ordenados?

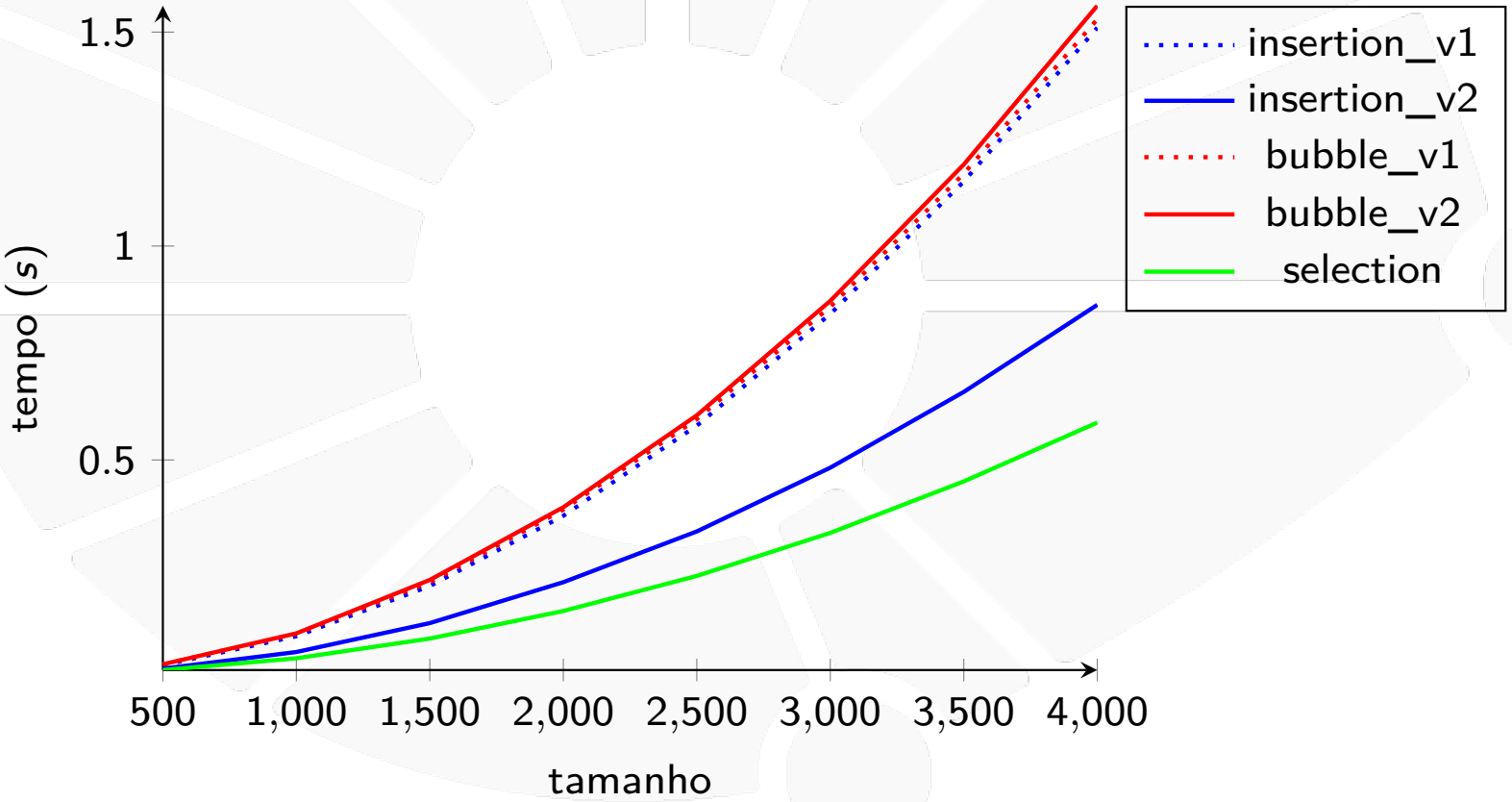
- Sim, pois **l[i]** é inserido de forma a manter a ordenação.

Ou seja, no final da última iteração, a lista está ordenada.

Experimentos

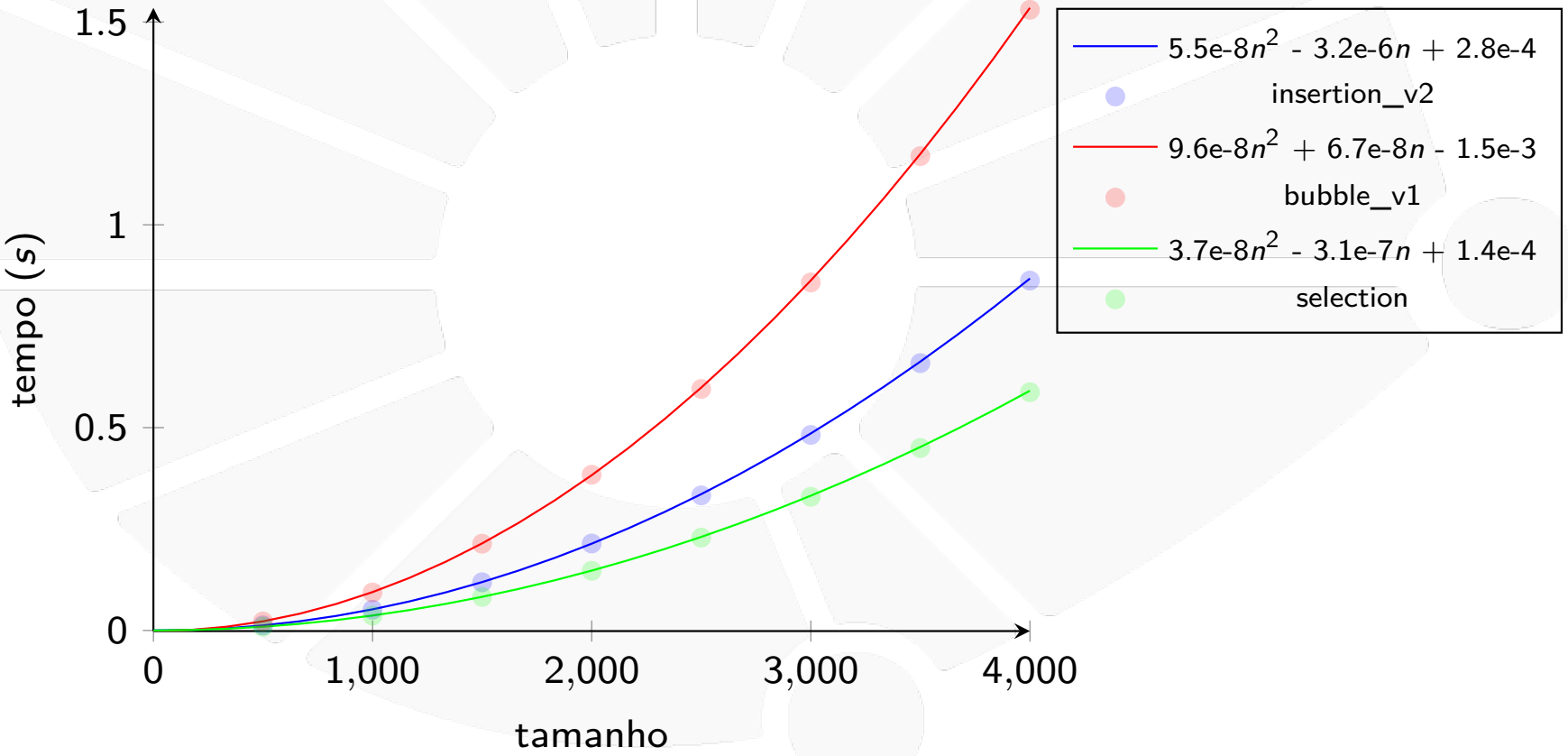
Experimento

- Listas de tamanho 500, 1000, . . . , 4000.
- Cada elemento escolhido aleatoriamente entre 0 e 1.
- Tiramos a média do tempo de 10 execuções.



Experimento

- Listas de tamanho 500, 1000, . . . , 4000.
- Cada elemento escolhido aleatoriamente entre 0 e 1.
- Tiramos a média do tempo de 10 execuções.



Exercícios

Sobre os algoritmos

Vamos fazer alguns exercícios?

Exercícios

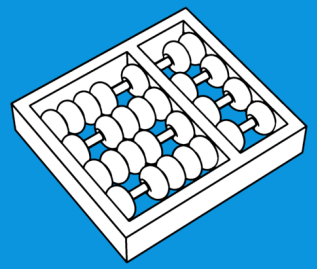
1. Implemente o SELECTIONSORT em Python.
2. Implemente as duas versões (otimizada e não otimizada) do BUBBLESORT em Python.
3. Implemente as duas versões (otimizada e não otimizada) do INSERTIONSORT em Python.
4. Realize experimentos computacioneis com as diferentes implementações.

Ordenação

MC102 - Algoritmos e Programação de Computadores

05/24

21

Santiago Valdés Ravelo
https://ic.unicamp.br/~santiago/
ravelo@unicamp.br

UNICAMP