MC-202 — Unidade 10
Ordenação

Rafael C. S. Schouery
rafael@ic.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas

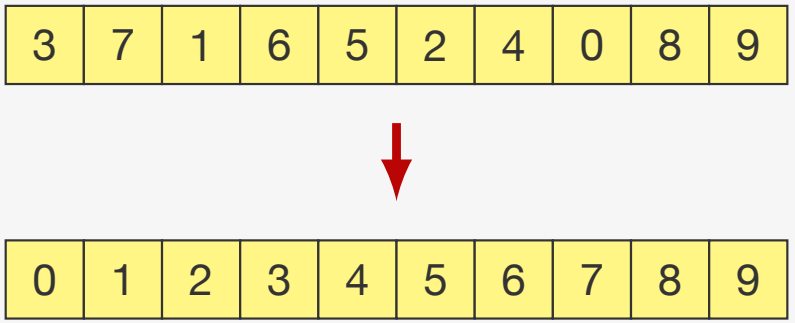
2º semestre/2017

Ordenação

Queremos ordenar um vetor

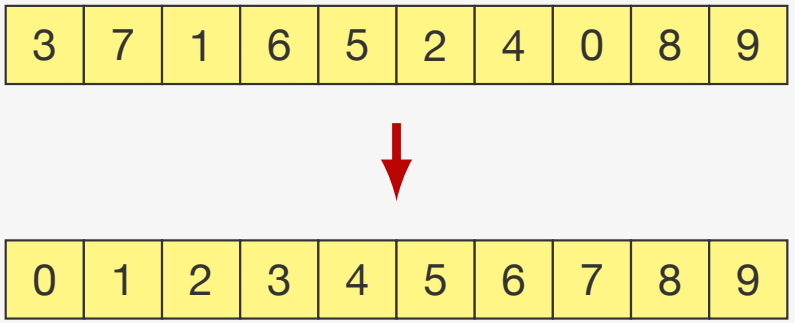
Ordenação

Queremos ordenar um vetor



Ordenação

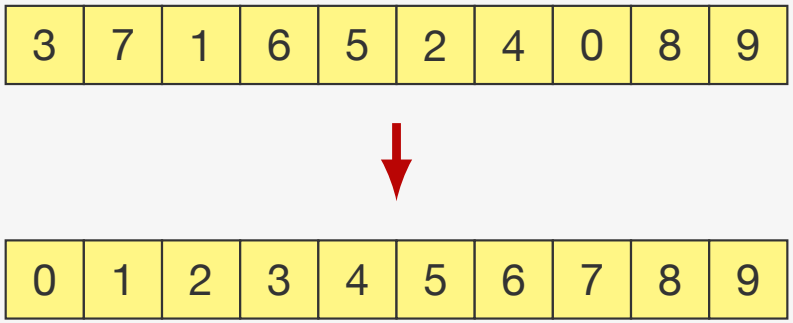
Queremos ordenar um vetor



Nos códigos vamos ordenar vetores de `int`

Ordenação

Queremos ordenar um vetor

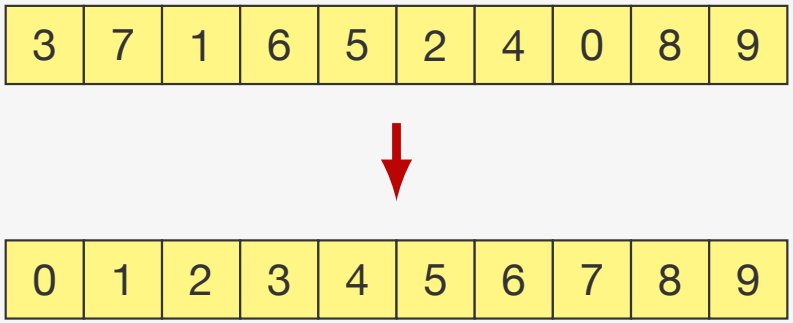


Nos códigos vamos ordenar vetores de `int`

- Mas é fácil alterar para comparar `double` ou string

Ordenação

Queremos ordenar um vetor

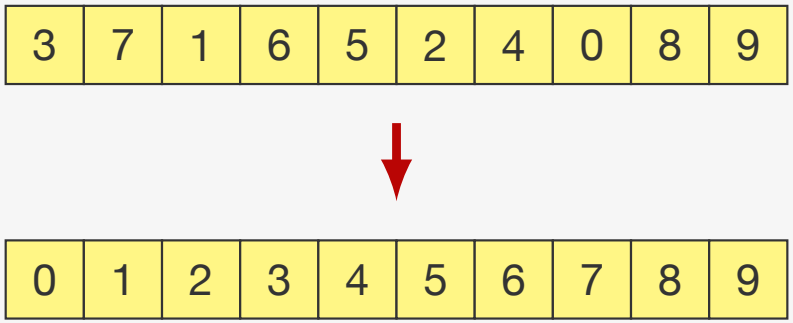


Nos códigos vamos ordenar vetores de `int`

- Mas é fácil alterar para comparar `double` ou string
- ou comparar `struct` por algum de seus campos

Ordenação

Queremos ordenar um vetor

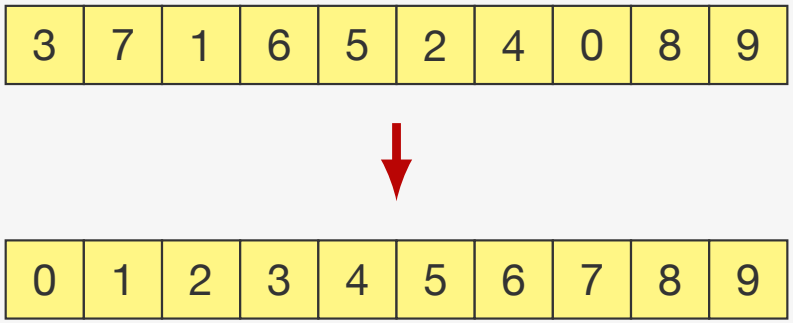


Nos códigos vamos ordenar vetores de `int`

- Mas é fácil alterar para comparar `double` ou string
- ou comparar `struct` por algum de seus campos
  - O valor usado para a ordenação é a *chave* de ordenação

Ordenação

Queremos ordenar um vetor

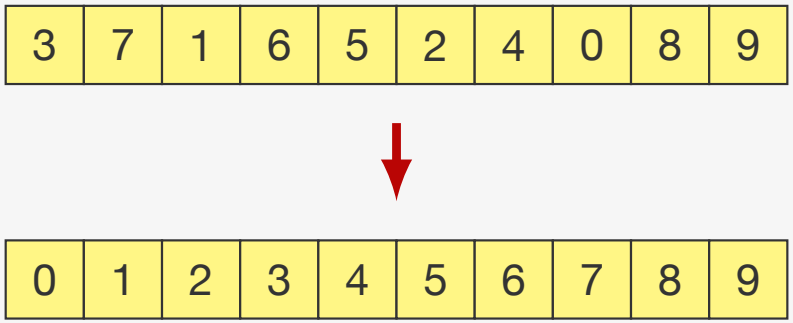


Nos códigos vamos ordenar vetores de `int`

- Mas é fácil alterar para comparar `double` ou string
- ou comparar `struct` por algum de seus campos
  - O valor usado para a ordenação é a *chave* de ordenação
  - Podemos até desempatar por outros campos

Ordenação

Queremos ordenar um vetor



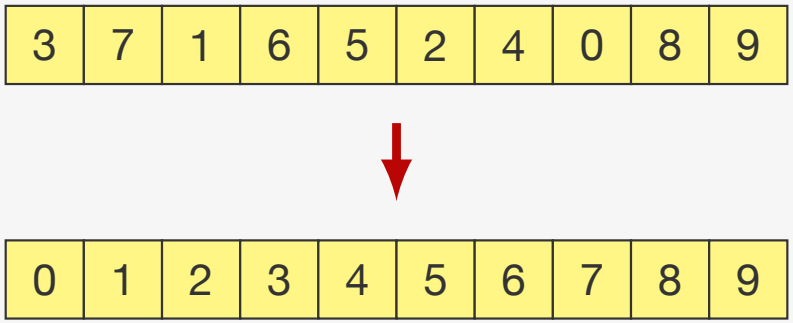
Nos códigos vamos ordenar vetores de `int`

- Mas é fácil alterar para comparar `double` ou string
- ou comparar `struct` por algum de seus campos
  - O valor usado para a ordenação é a *chave* de ordenação
  - Podemos até desempatar por outros campos

Ao invés de ordenar o vetor inteiro

Ordenação

Queremos ordenar um vetor



Nos códigos vamos ordenar vetores de `int`

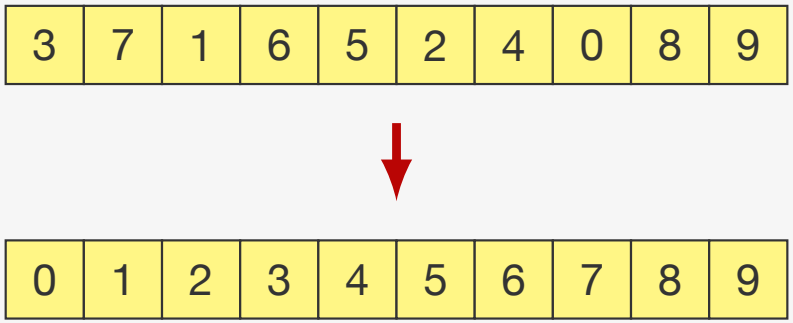
- Mas é fácil alterar para comparar `double` ou string
- ou comparar `struct` por algum de seus campos
  - O valor usado para a ordenação é a *chave* de ordenação
  - Podemos até desempatar por outros campos

Ao invés de ordenar o vetor inteiro

- iremos ordenar da posição l até a posição r

Ordenação

Queremos ordenar um vetor



Nos códigos vamos ordenar vetores de `int`

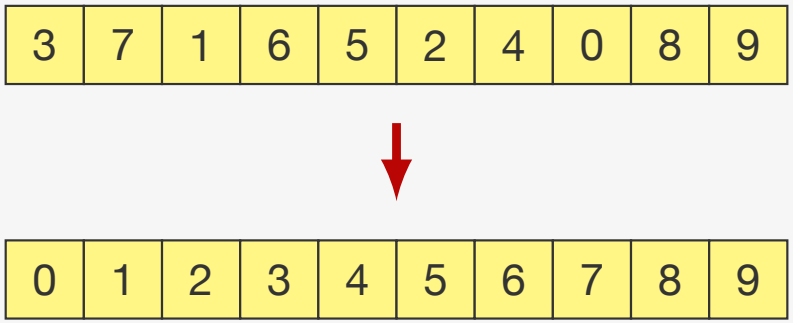
- Mas é fácil alterar para comparar `double` ou string
- ou comparar `struct` por algum de seus campos
  - O valor usado para a ordenação é a *chave* de ordenação
  - Podemos até desempatar por outros campos

Ao invés de ordenar o vetor inteiro

- iremos ordenar da posição l até a posição r
- isso será útil nas próximas unidades...

Ordenação

Queremos ordenar um vetor



Nos códigos vamos ordenar vetores de `int`

- Mas é fácil alterar para comparar `double` ou string
- ou comparar `struct` por algum de seus campos
  - O valor usado para a ordenação é a *chave* de ordenação
  - Podemos até desempatar por outros campos

Ao invés de ordenar o vetor inteiro

- iremos ordenar da posição l até a posição r
- isso será útil nas próximas unidades...
- usaremos $n := r - l + 1$ (número de elementos entre l e r)

A função `troca`

Várias vezes iremos trocar dois elementos de posição

A função `troca`

Várias vezes iremos trocar dois elementos de posição

Para tanto, vamos usar a seguinte função:

A função `troca`

Várias vezes iremos trocar dois elementos de posição

Para tanto, vamos usar a seguinte função:

```
1 void troca(int *a, int *b) {
2   int t = *a;
3   *a = *b;
4   *b = t;
5 }
```

A função `troca`

Várias vezes iremos trocar dois elementos de posição

Para tanto, vamos usar a seguinte função:

```
1 void troca(int *a, int *b) {
2   int t = *a;
3   *a = *b;
4   *b = t;
5 }
```

Ou seja, `troca(&v[i], &v[j])` troca os valores de `v[i]` e `v[j]`

A função `troca`

Várias vezes iremos trocar dois elementos de posição

Para tanto, vamos usar a seguinte função:

```
1 void troca(int *a, int *b) {
2   int t = *a;
3   *a = *b;
4   *b = t;
5 }
```

Ou seja, `troca(&v[i], &v[j])` troca os valores de `v[i]` e `v[j]`

Outra opção é colocar diretamente no código da função

A função `troca`

Várias vezes iremos trocar dois elementos de posição

Para tanto, vamos usar a seguinte função:

```
1 void troca(int *a, int *b) {
2   int t = *a;
3   *a = *b;
4   *b = t;
5 }
```

Ou seja, `troca(&v[i], &v[j])` troca os valores de `v[i]` e `v[j]`

Outra opção é colocar diretamente no código da função

- não precisa chamar outra função

A função `troca`

Várias vezes iremos trocar dois elementos de posição

Para tanto, vamos usar a seguinte função:

```
1 void troca(int *a, int *b) {
2   int t = *a;
3   *a = *b;
4   *b = t;
5 }
```

Ou seja, `troca(&v[i], &v[j])` troca os valores de `v[i]` e `v[j]`

Outra opção é colocar diretamente no código da função

- não precisa chamar outra função
- um pouco mais rápido

A função `troca`

Várias vezes iremos trocar dois elementos de posição

Para tanto, vamos usar a seguinte função:

```
1 void troca(int *a, int *b) {
2   int t = *a;
3   *a = *b;
4   *b = t;
5 }
```

Ou seja, `troca(&v[i], &v[j])` troca os valores de `v[i]` e `v[j]`

Outra opção é colocar diretamente no código da função

- não precisa chamar outra função
- um pouco mais rápido
- código um pouco mais longo e difícil de entender

Ordenação por Seleção

Ideia:

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[r]`

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1]`, `v[l+2]`, ..., `v[r]`

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1]`, `v[l+2]`, ..., `v[r]`
- ...

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1]`, `v[l+2]`, ..., `v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i]`, ..., `v[r]`

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1]`, `v[l+2]`, ..., `v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i]`, ..., `v[r]`

```
1 void selectionsort(int *v, int l, int r) {
```

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1]`, `v[l+2]`, ..., `v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i]`, ..., `v[r]`

```
1 void selectionsort(int *v, int l, int r) {
```

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1]`, `v[l+2]`, ..., `v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i]`, ..., `v[r]`

```
1 void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, min;
```

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1]`, `v[l+2]`, ..., `v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i]`, ..., `v[r]`

```
1 void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, min;
3   for (i = l; i < r; i++) {
```

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1]`, `v[l+2]`, ..., `v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i]`, ..., `v[r]`

```
1 void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, min;
3   for (i = l; i < r; i++) {
4     min = i;
```

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1]`, `v[l+2]`, ..., `v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i]`, ..., `v[r]`

```
1 void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, min;
3   for (i = l; i < r; i++) {
4     min = i;
5     for (j = i+1; j <= r; j++)
6       if (v[j] < v[min])
7         min = j;
```

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

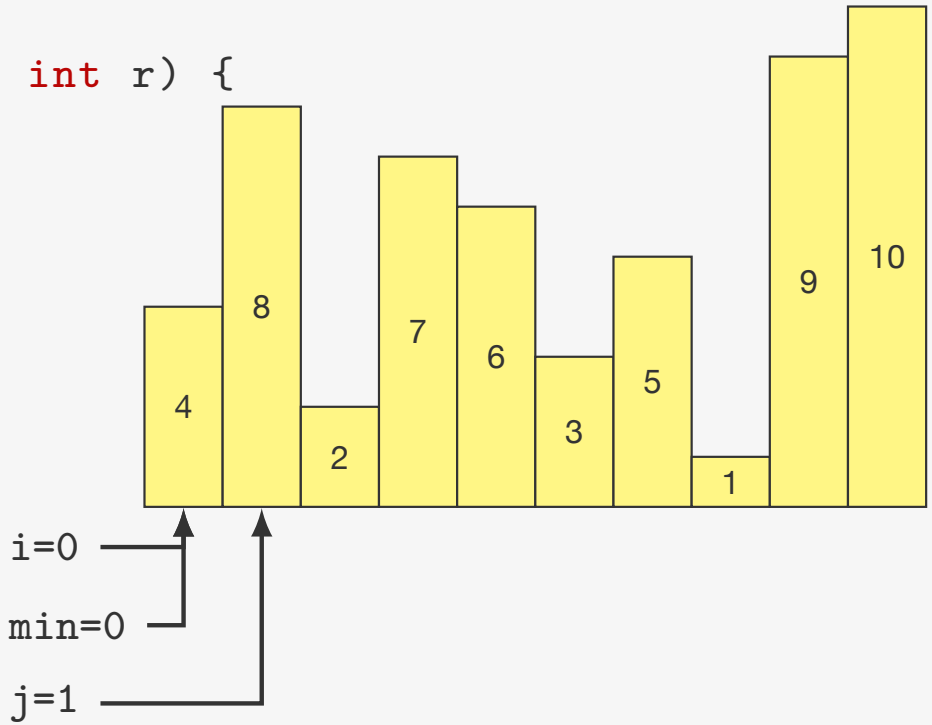
```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

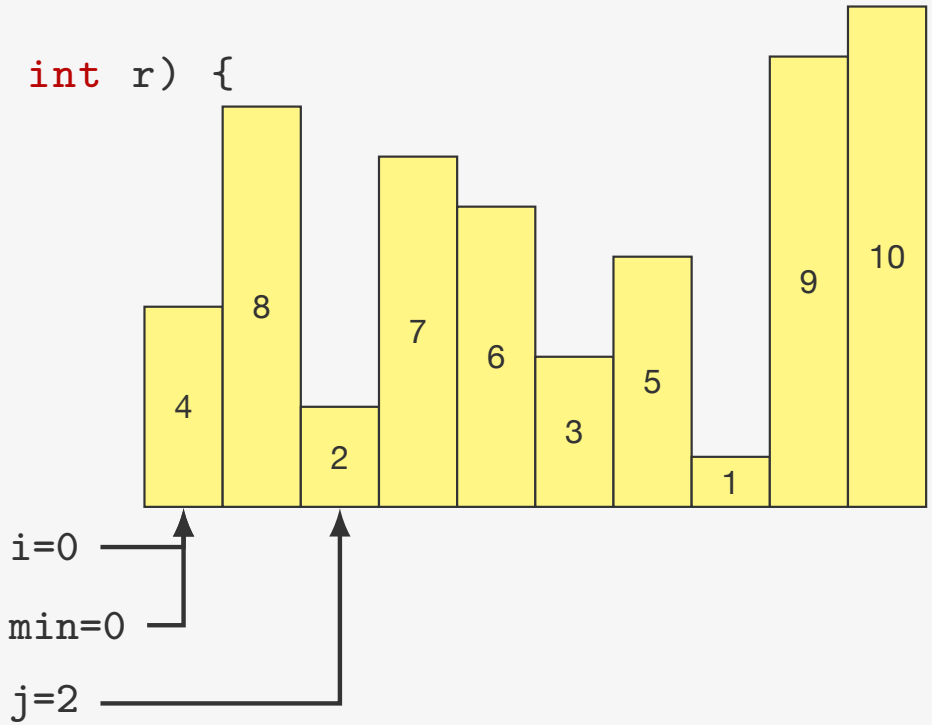


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

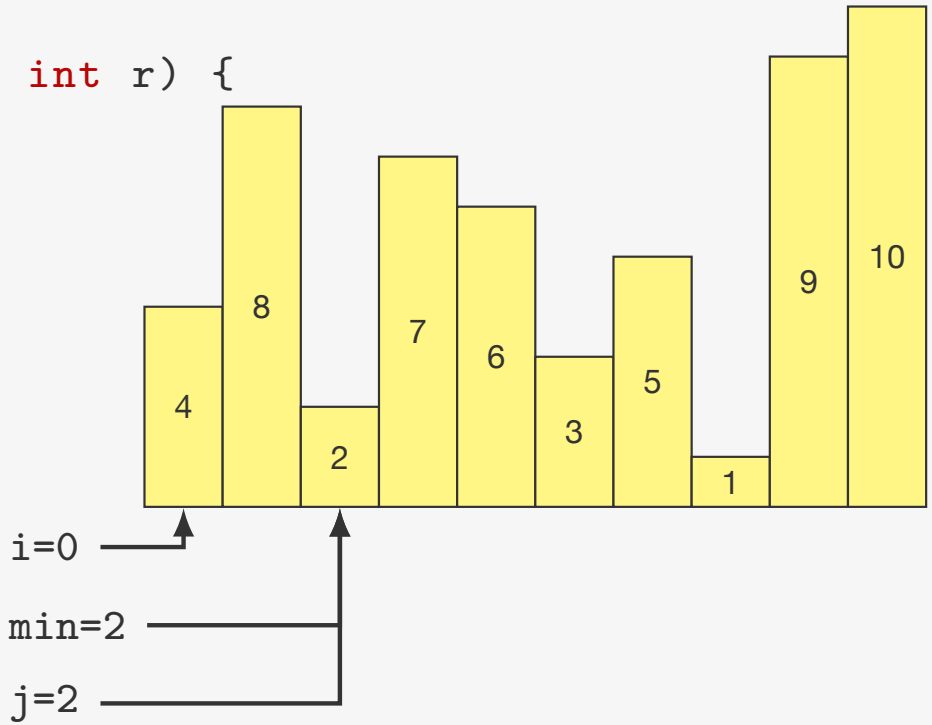


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

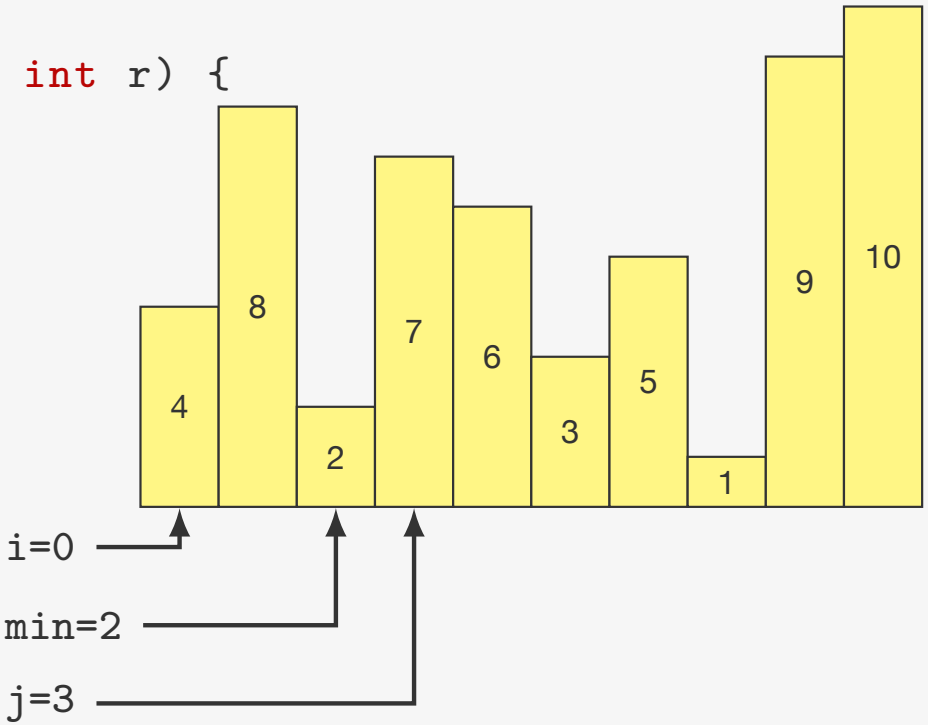


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

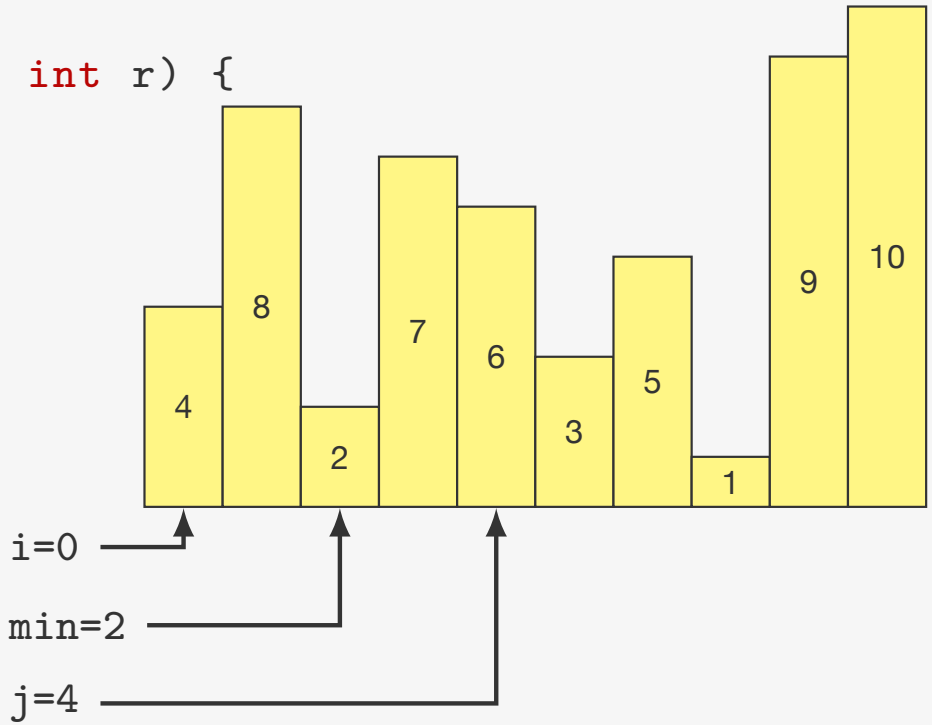


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

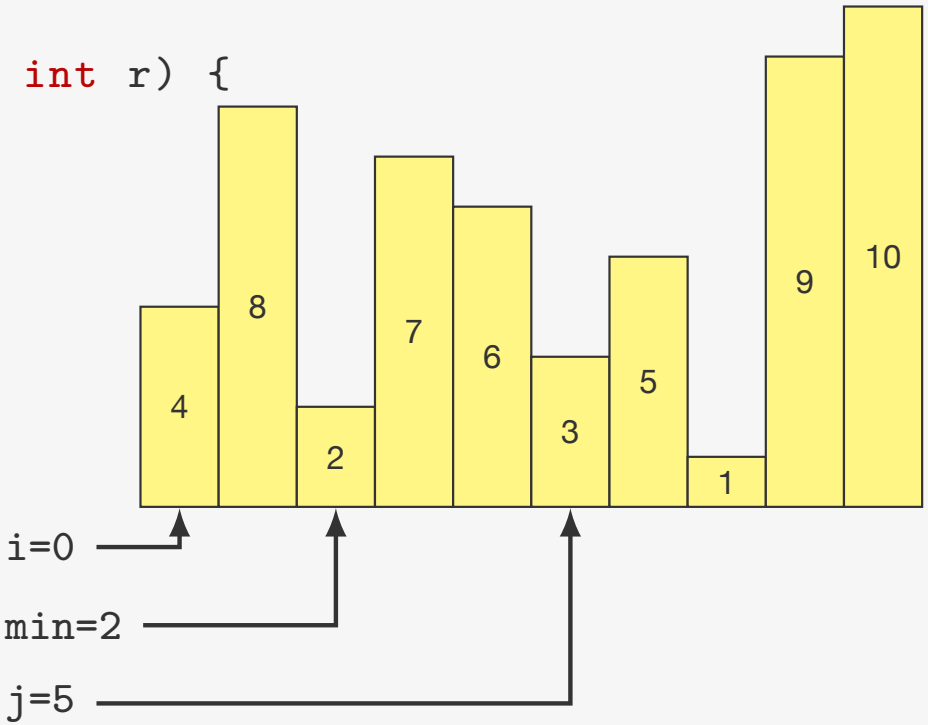


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

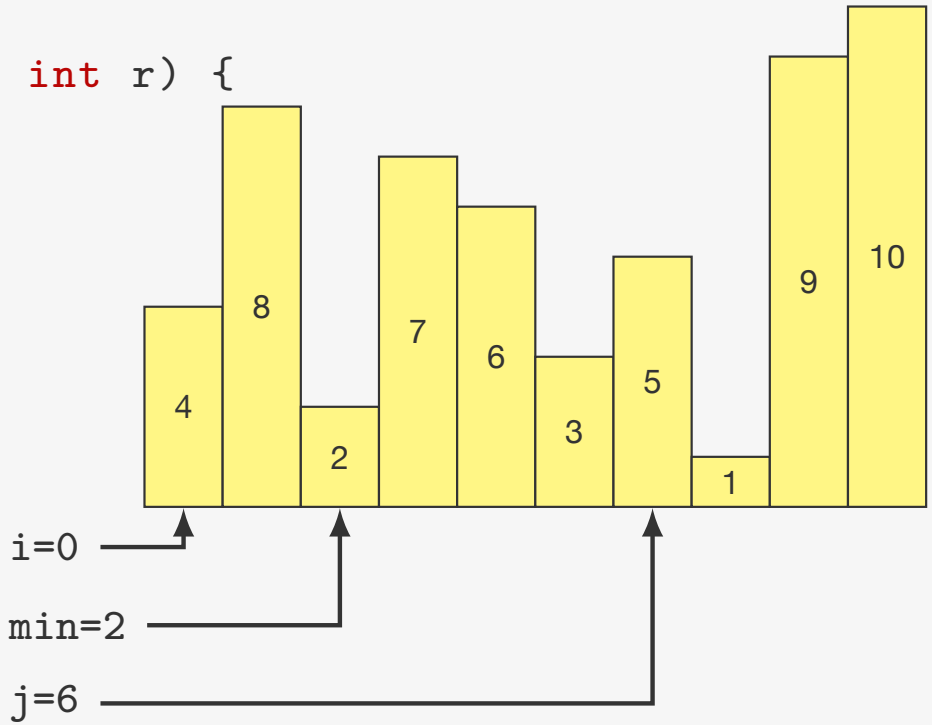


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

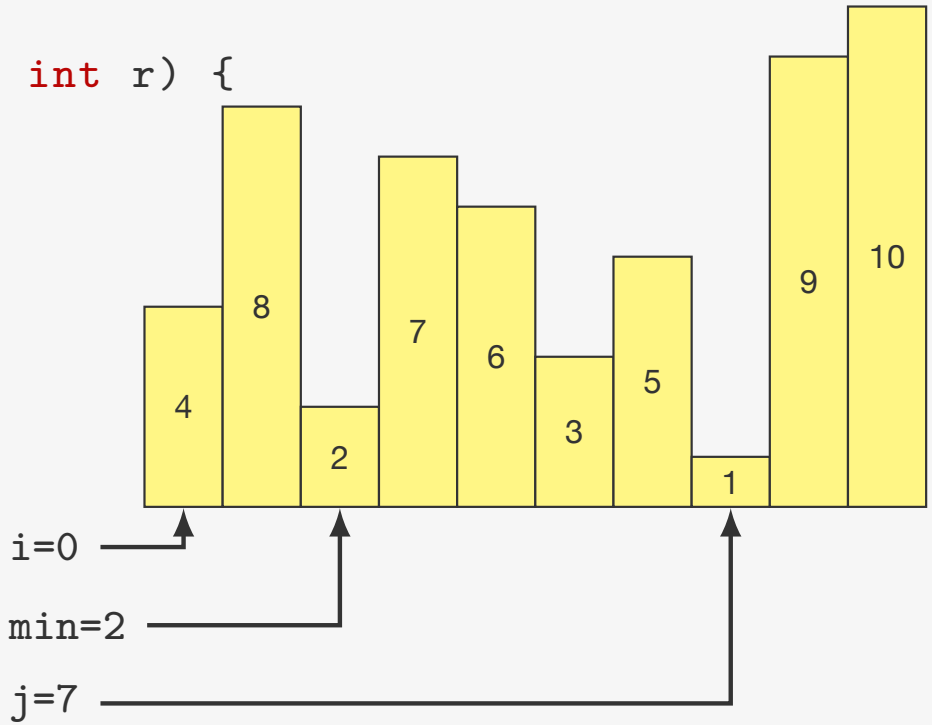


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

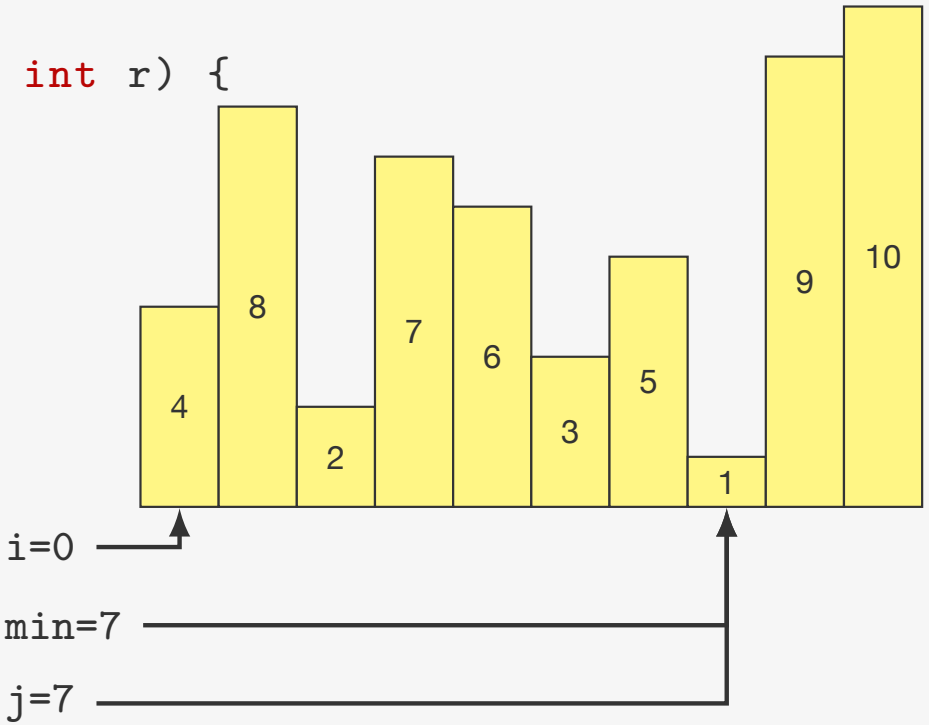


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

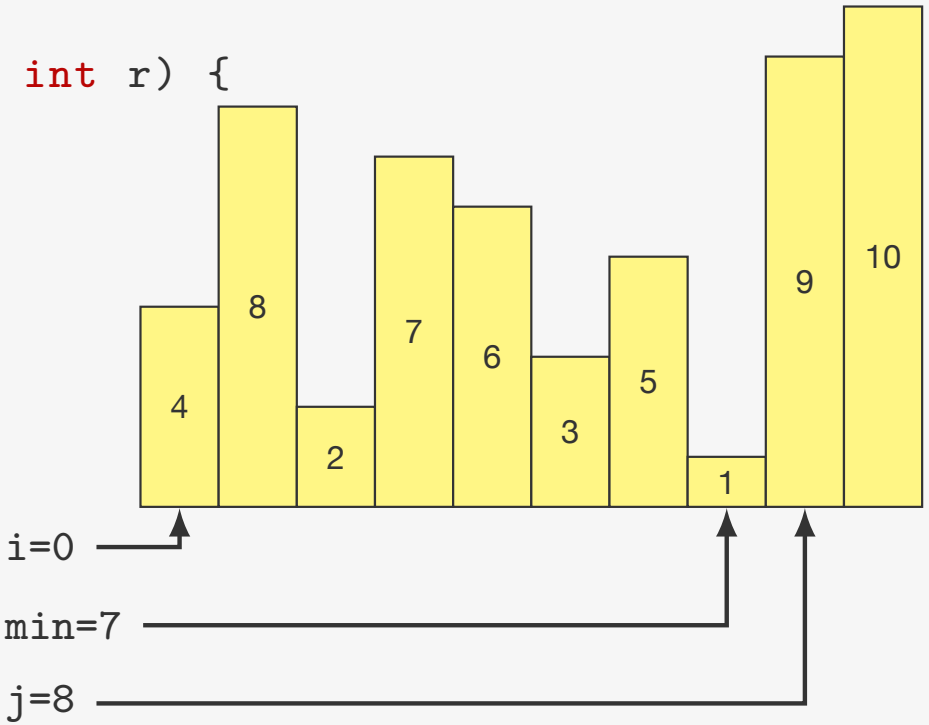


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

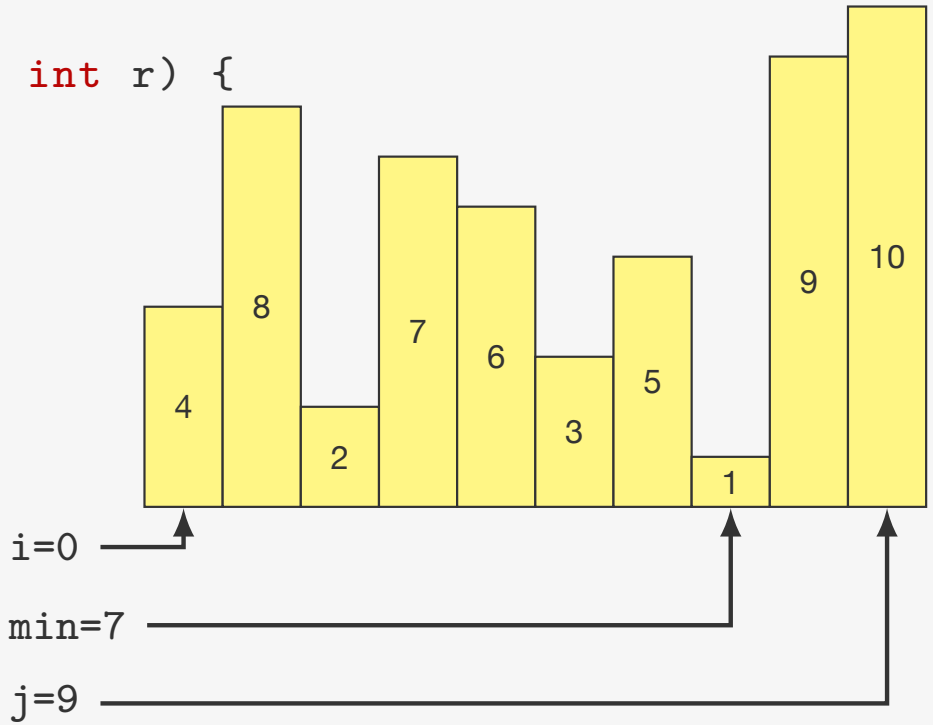


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

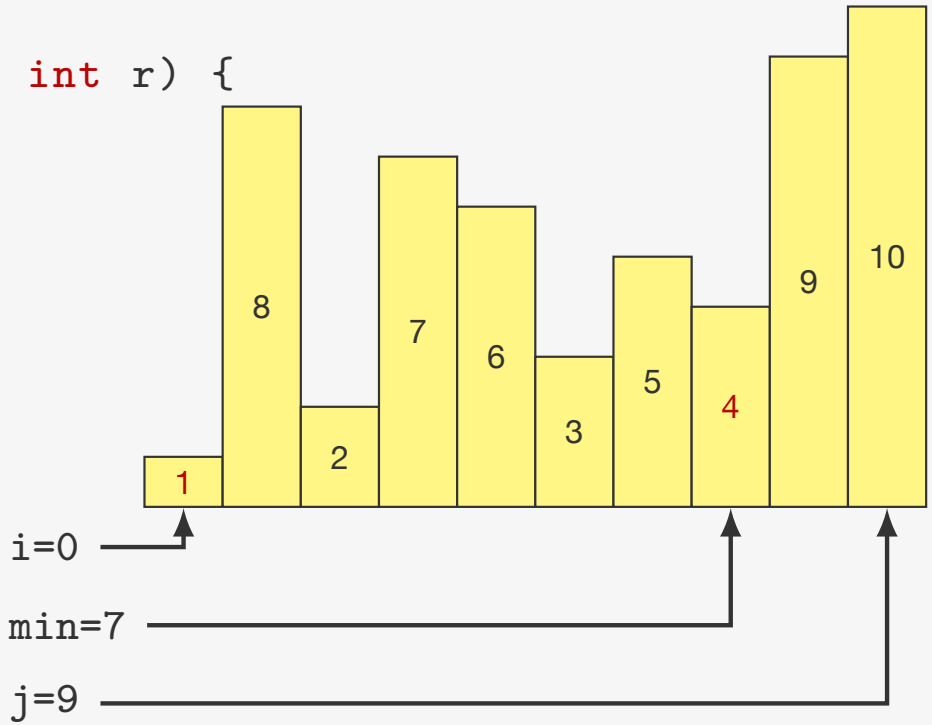


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

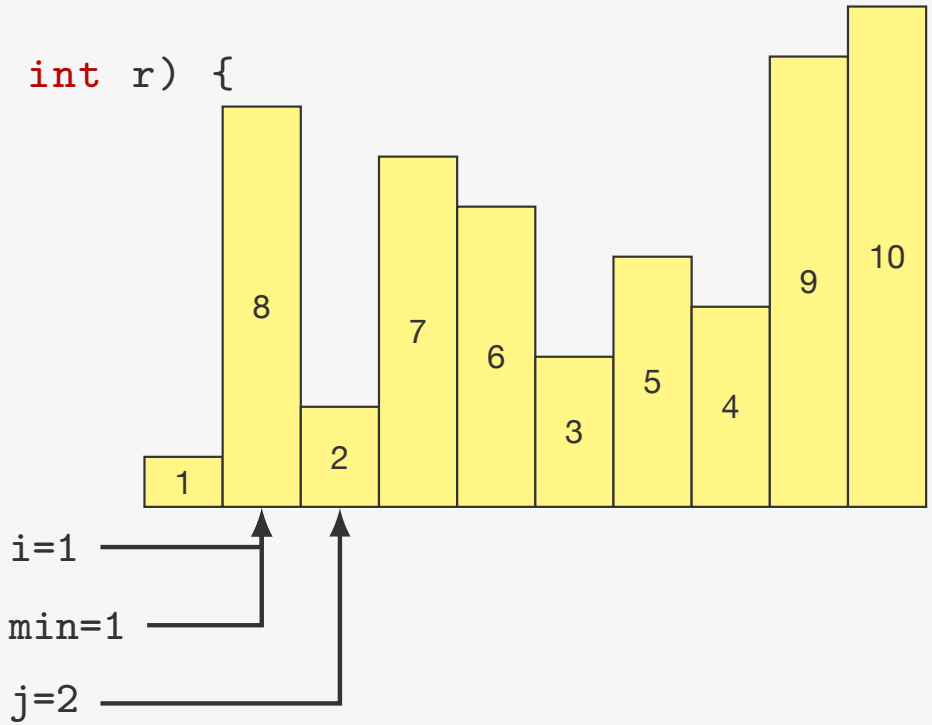


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

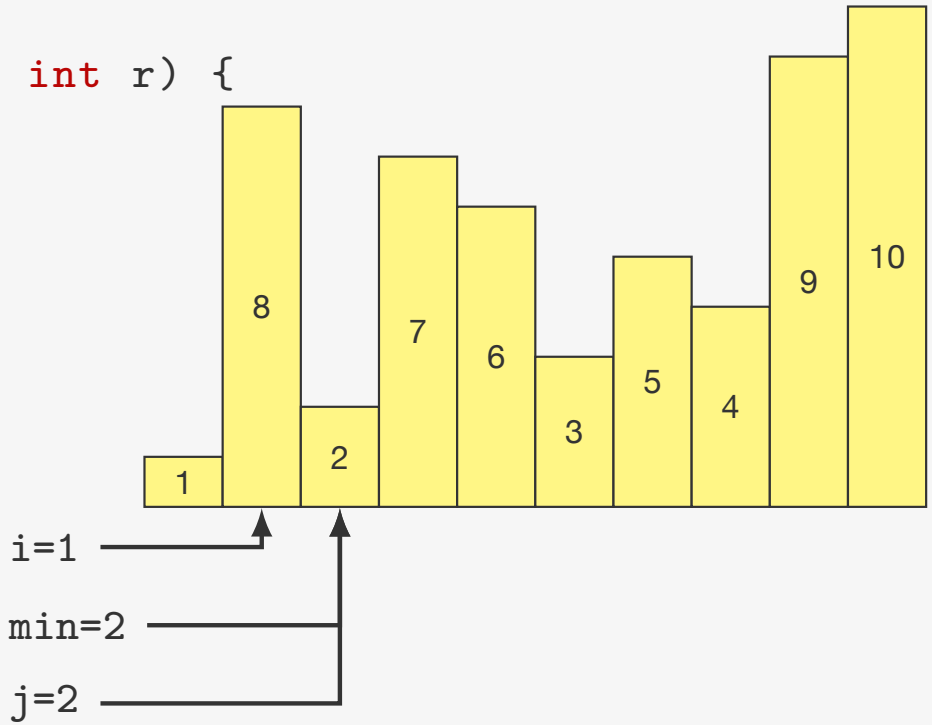


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

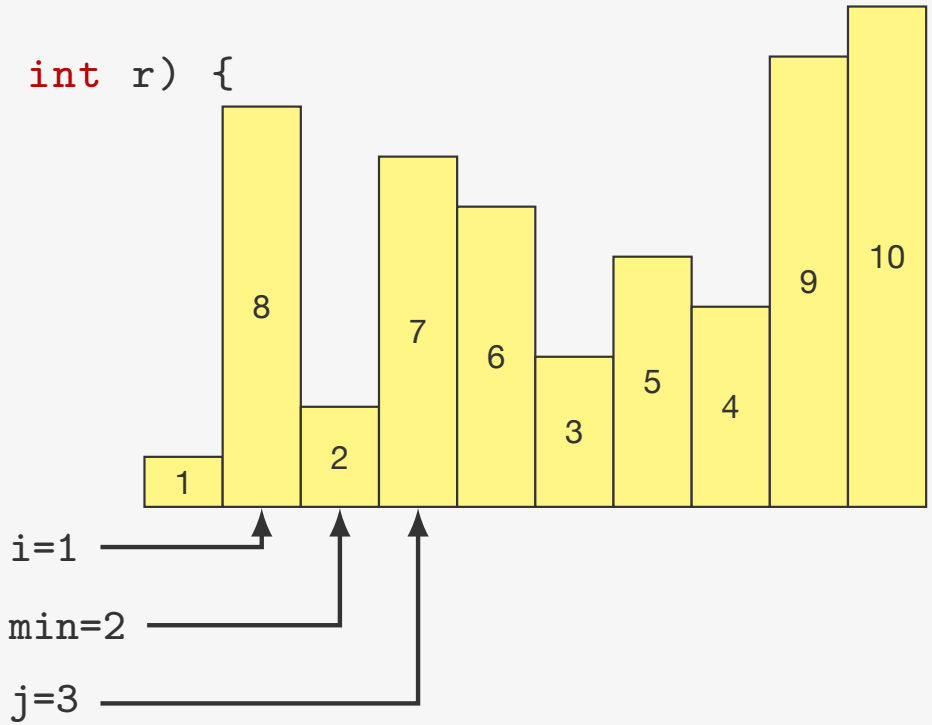


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

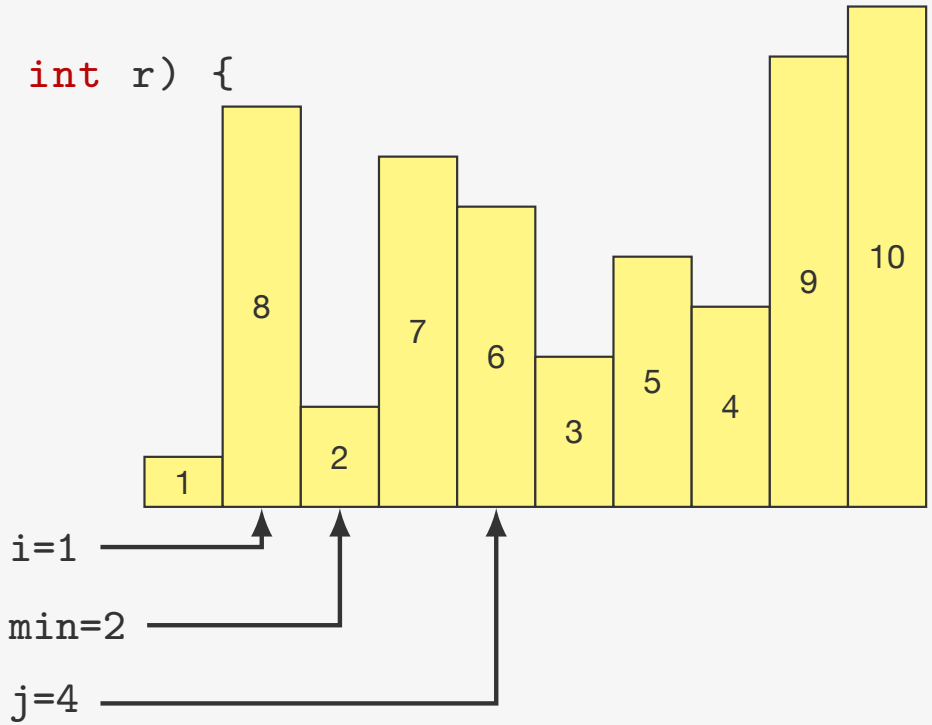


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

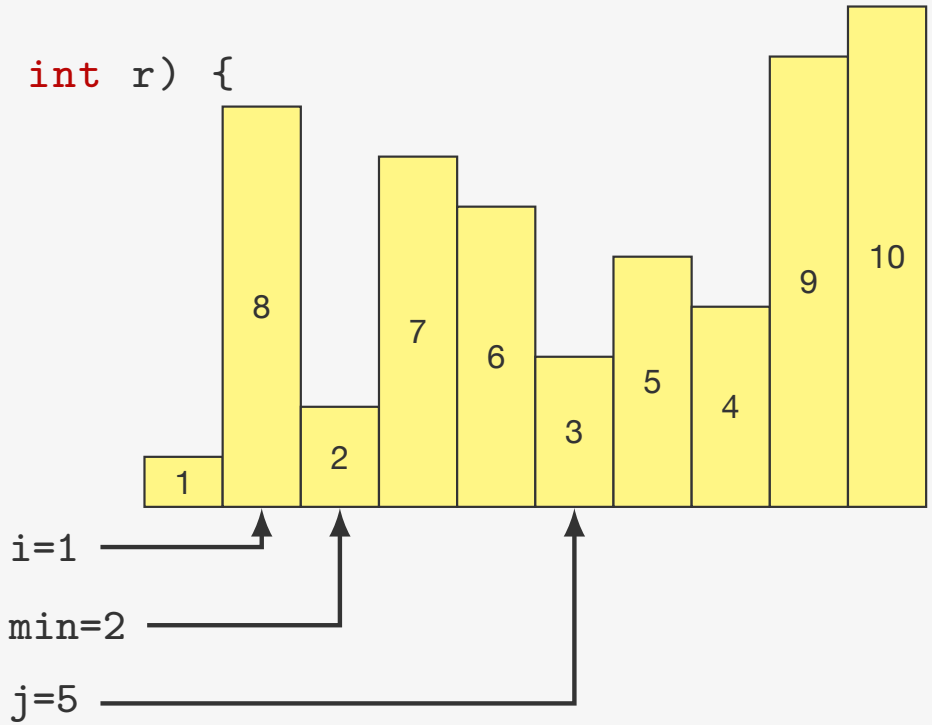


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

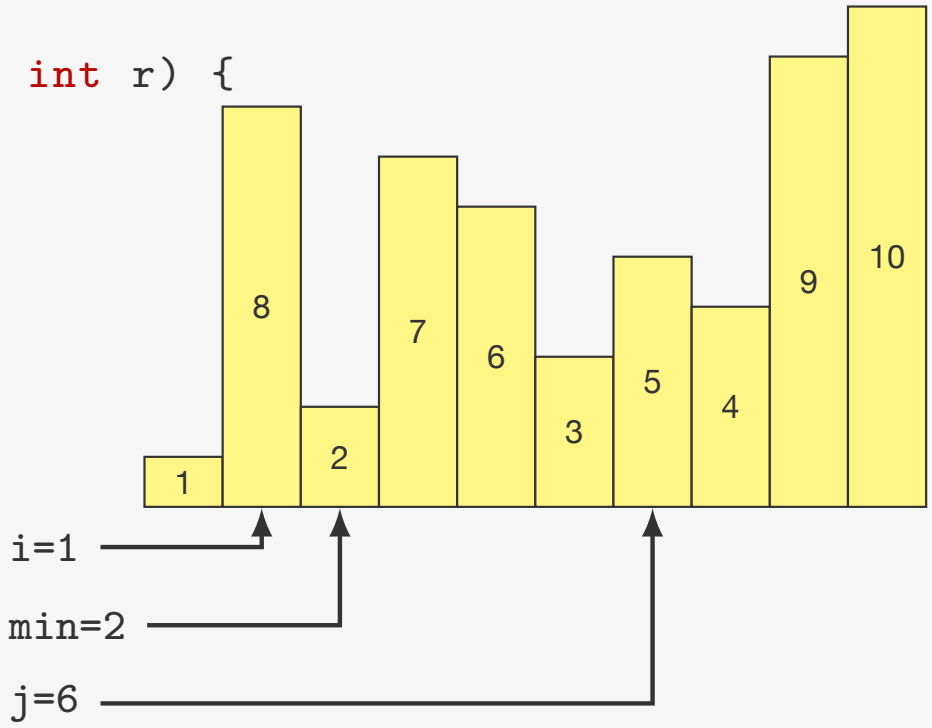


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

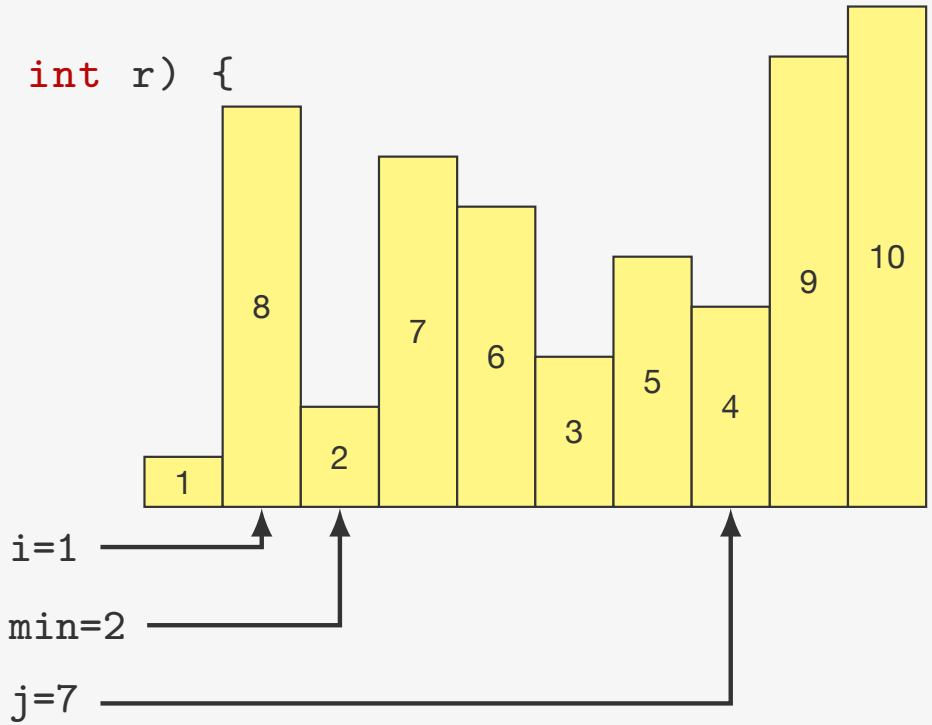


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

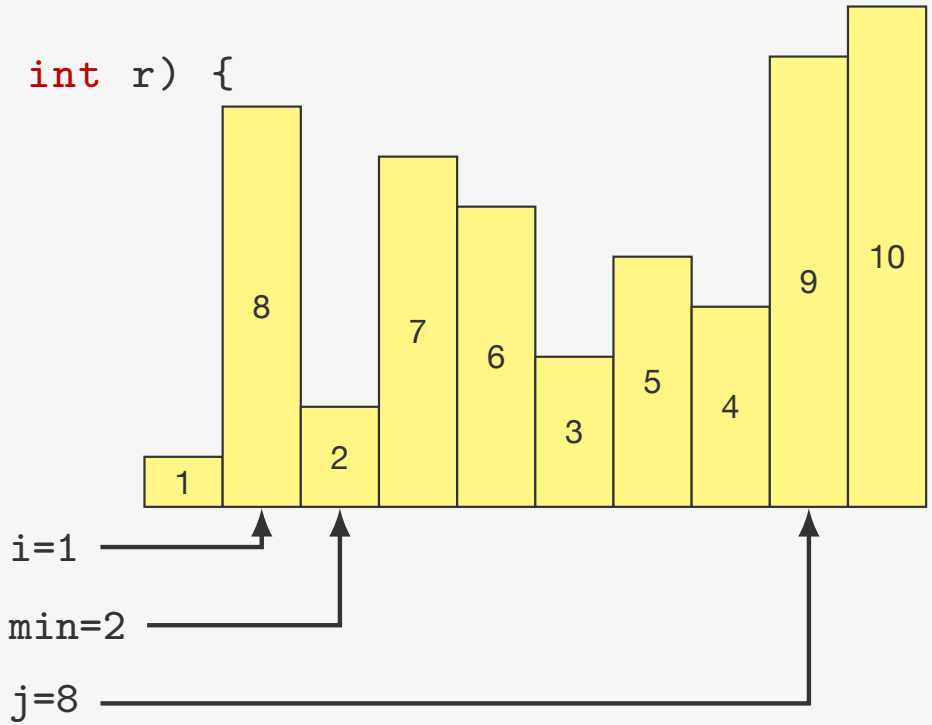


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

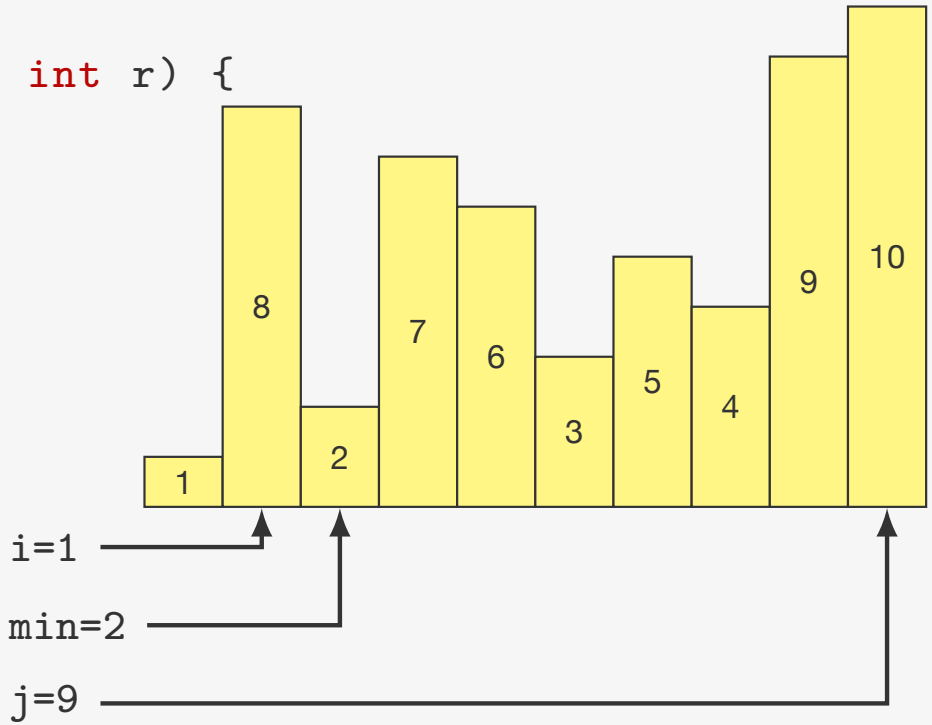


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

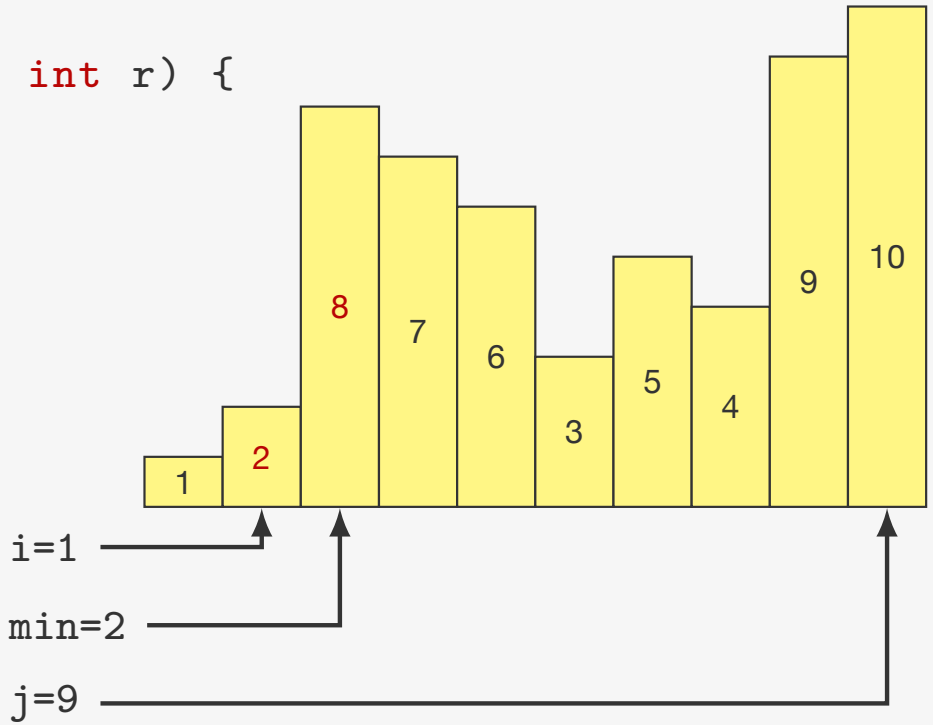


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

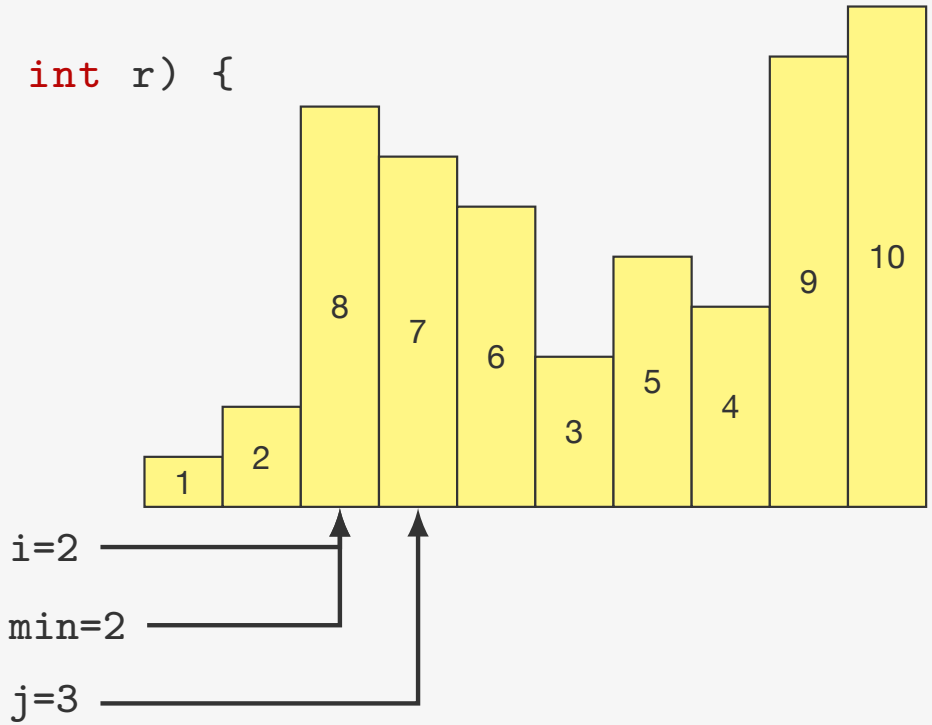


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

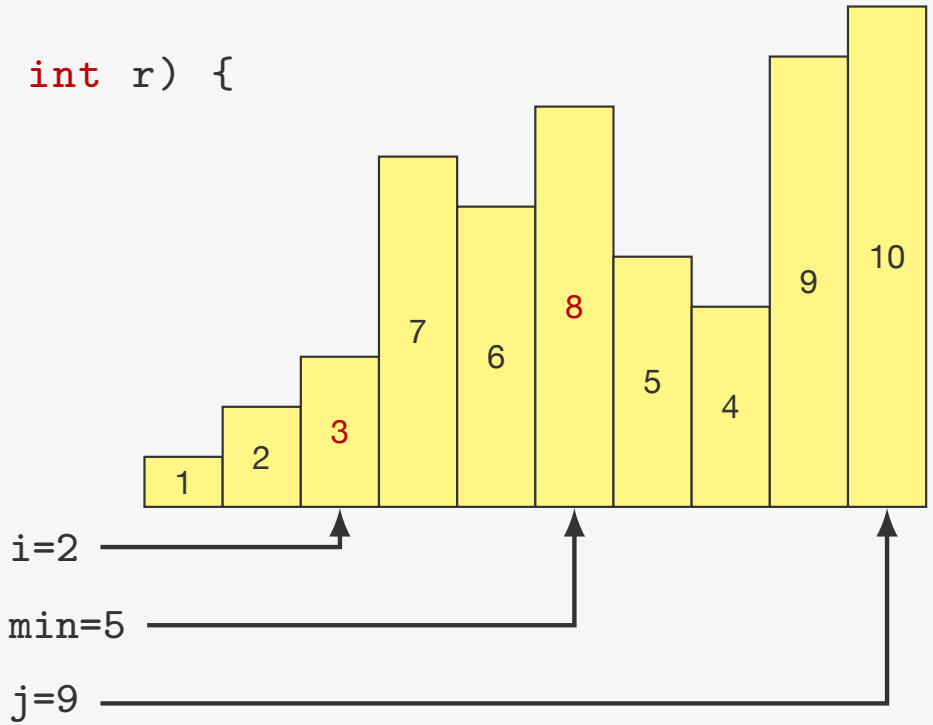


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

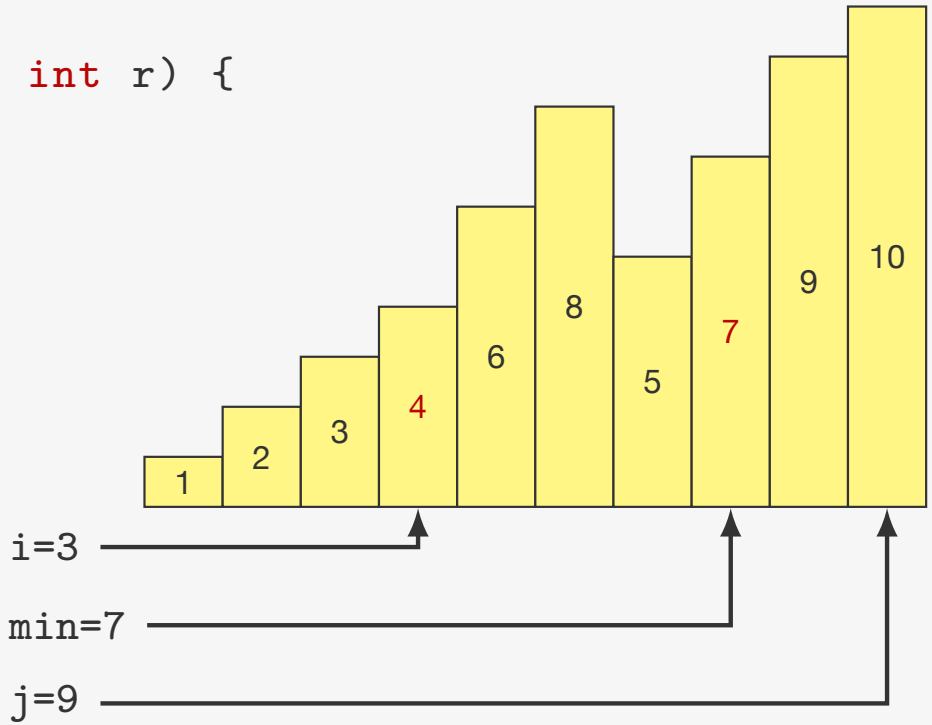


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

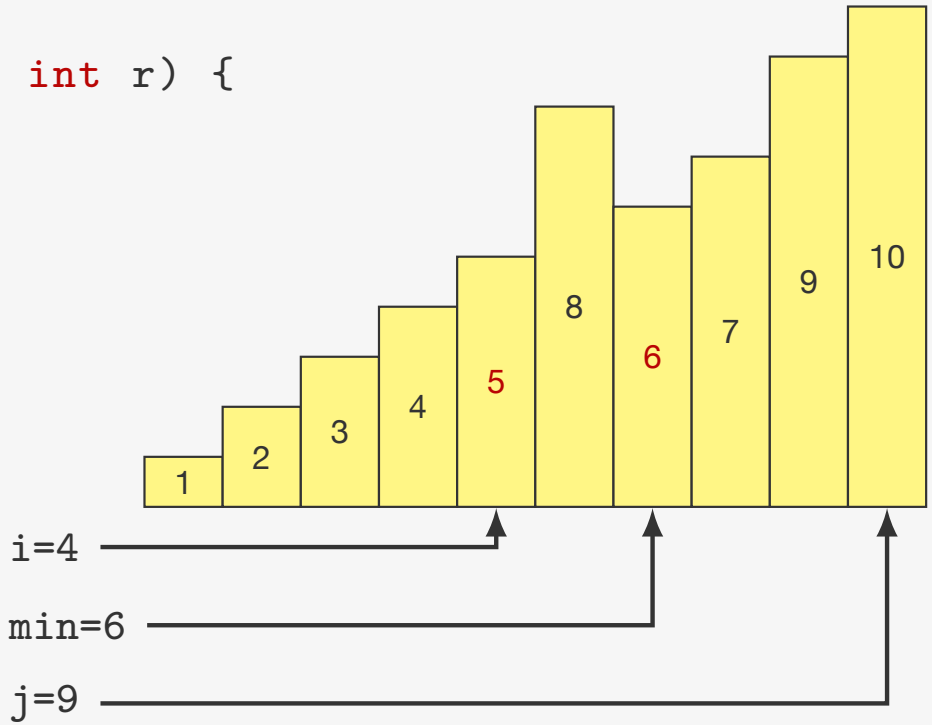


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

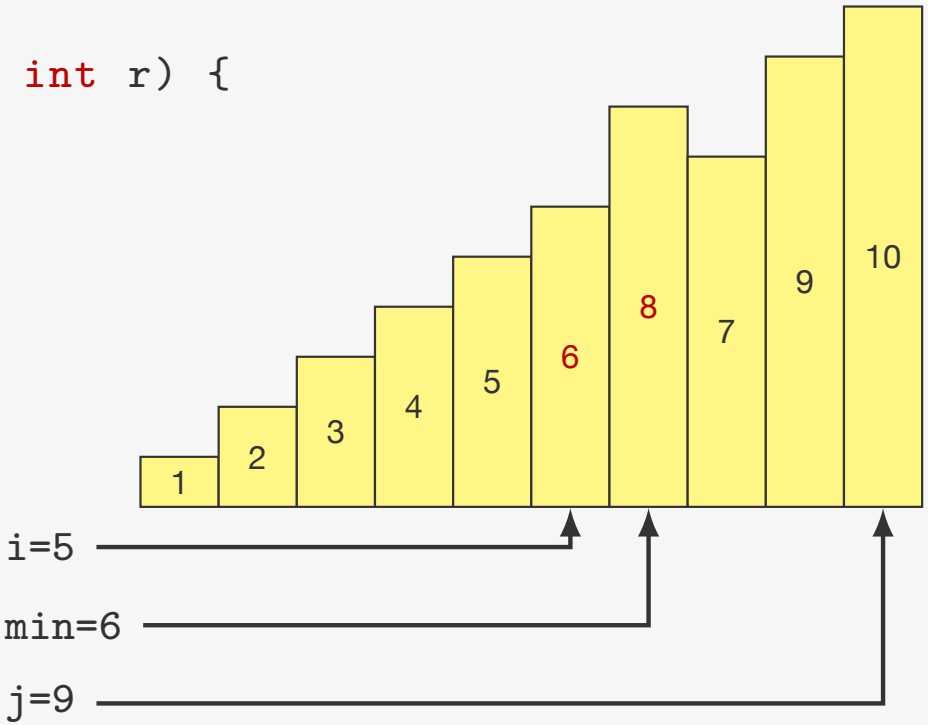


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

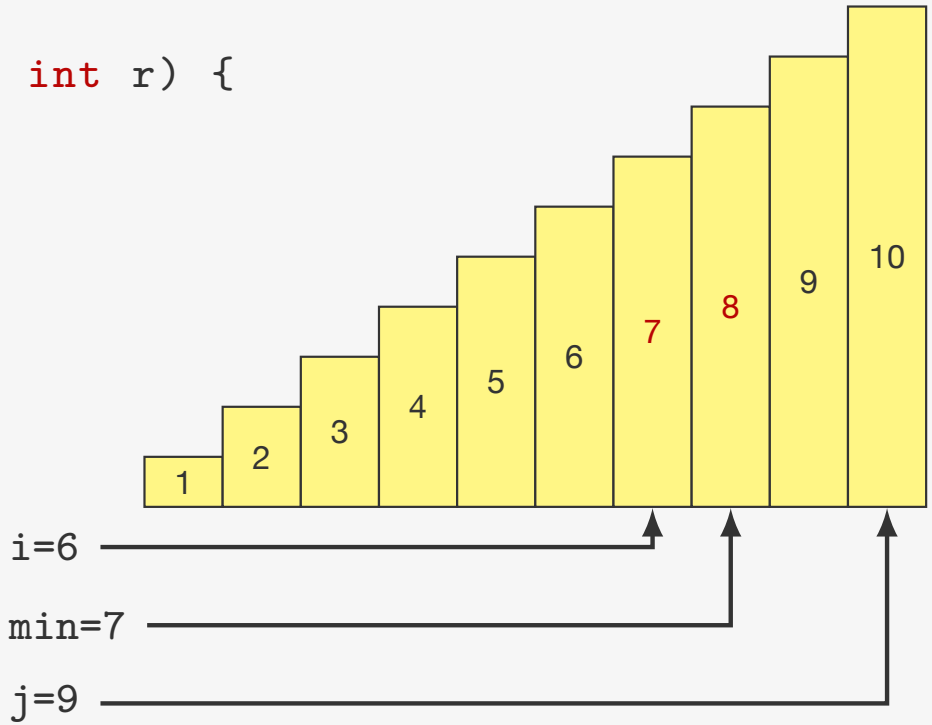


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

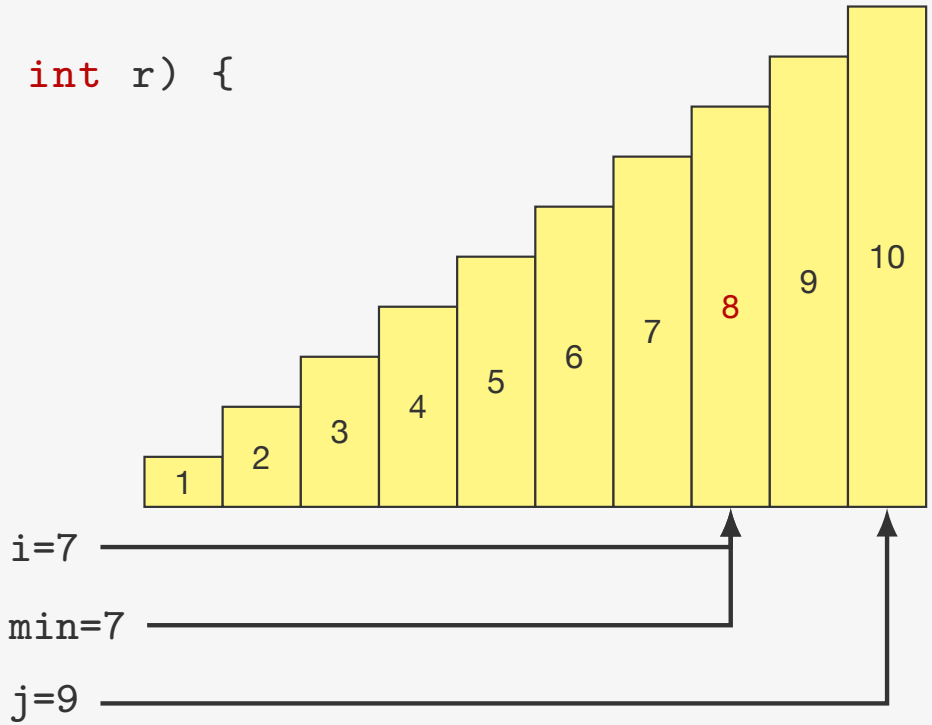


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

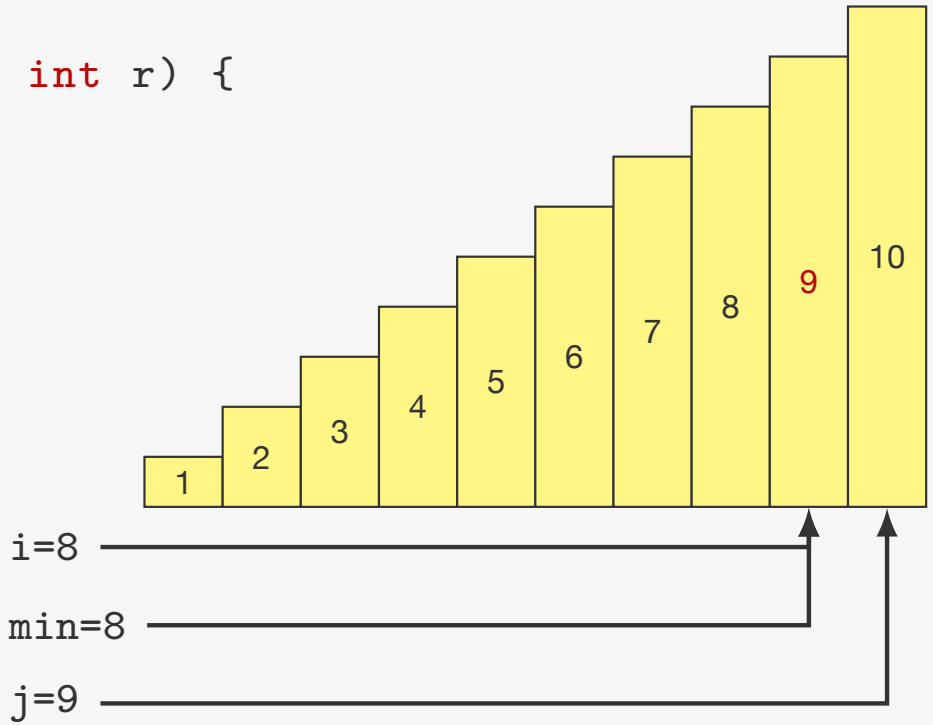


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- `...`
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

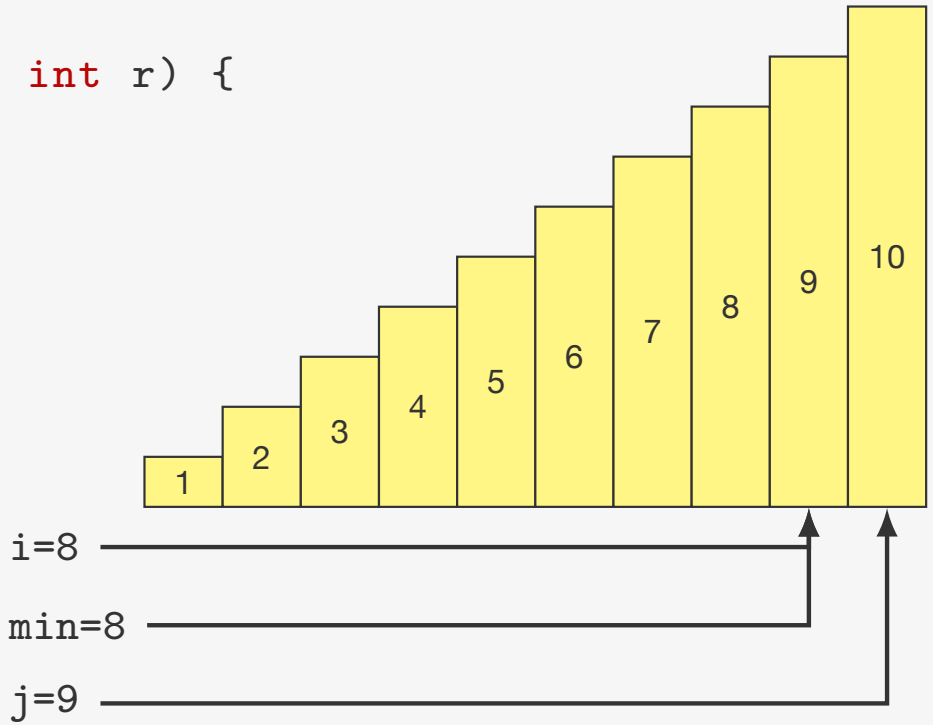


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar `v[l]` com o mínimo de `v[l], v[l+1], ..., v[r]`
- Trocar `v[l+1]` com o mínimo de `v[l+1], v[l+2], ..., v[r]`
- ...
- Trocar `v[l+i]` com o mínimo de `v[l+i], ..., v[r]`

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```



Ordenação por Seleção

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

Ordenação por Seleção

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

- número de comparações:

$$(n-1) + (n-2) + \cdots + 1 = n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$$

Ordenação por Seleção

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

- número de comparações:

$$(n-1) + (n-2) + \cdots + 1 = n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$$

- número de trocas: $n - 1 = \mathrm{O}(n)$

Ordenação por Seleção

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

- número de comparações:

$$(n-1) + (n-2) + \cdots + 1 = n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$$

- número de trocas: $n - 1 = \mathrm{O}(n)$
  - Muito bom quando trocas são muito caras

Ordenação por Seleção

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

- número de comparações:

$$(n-1) + (n-2) + \cdots + 1 = n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$$

- número de trocas: $n - 1 = \mathrm{O}(n)$
  - Muito bom quando trocas são muito caras
  - Porém, talvez seja melhor usar ponteiros nesse caso

Ordenação por Seleção

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

- número de comparações:

$$(n-1) + (n-2) + \cdots + 1 = n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$$

- número de trocas: $n - 1 = \mathrm{O}(n)$
  - Muito bom quando trocas são muito caras
  - Porém, talvez seja melhor usar ponteiros nesse caso
- É um algoritmo não-adaptativo

Ordenação por Seleção

```
1  void selectionsort(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, min;
3    for (i = l; i < r; i++) {
4      min = i;
5      for (j = i+1; j <= r; j++)
6        if (v[j] < v[min])
7          min = j;
8      troca(&v[i], &v[min]);
9    }
10 }
```

- número de comparações:

$$(n-1) + (n-2) + \cdots + 1 = n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$$

- número de trocas: $n - 1 = \mathrm{O}(n)$
  - Muito bom quando trocas são muito caras
  - Porém, talvez seja melhor usar ponteiros nesse caso
- É um algoritmo não-adaptativo
  - o conteúdo do vetor não importa para o tempo de execução

Ordenação por Seleção

```
 1 void selectionsort(int *v, int l, int r) {
 2   int i, j, min;
 3   for (i = l; i < r; i++) {
 4     min = i;
 5     for (j = i+1; j <= r; j++)
 6       if (v[j] < v[min])
 7         min = j;
 8     troca(&v[i], &v[min]);
 9   }
10 }
```

- número de comparações:

$$(n-1) + (n-2) + \cdots + 1 = n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$$

- número de trocas: $n - 1 = \mathrm{O}(n)$
  - Muito bom quando trocas são muito caras
  - Porém, talvez seja melhor usar ponteiros nesse caso
- É um algoritmo não-adaptativo
  - o conteúdo do vetor não importa para o tempo de execução
  - sempre faz $n(n-1)/2$ comparações e $n-1$ trocas

BubbleSort

Ideia:

BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos

BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve

BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
```

BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
```

BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
```

BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
```

BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

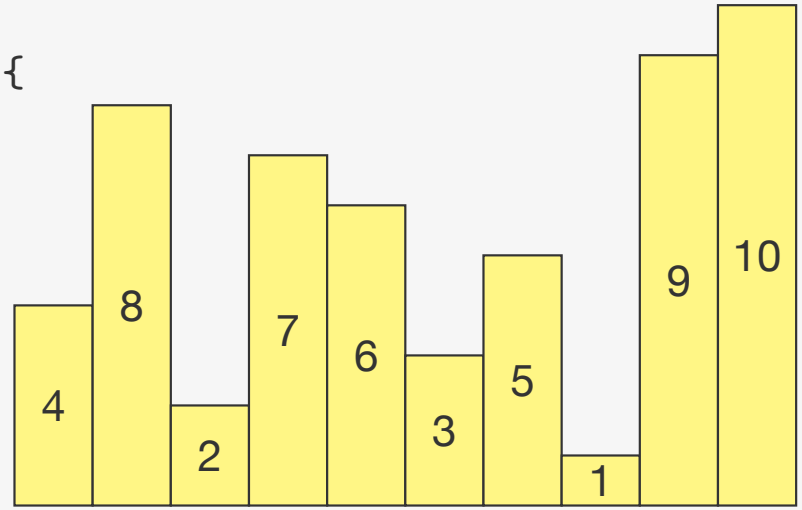
```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```



i

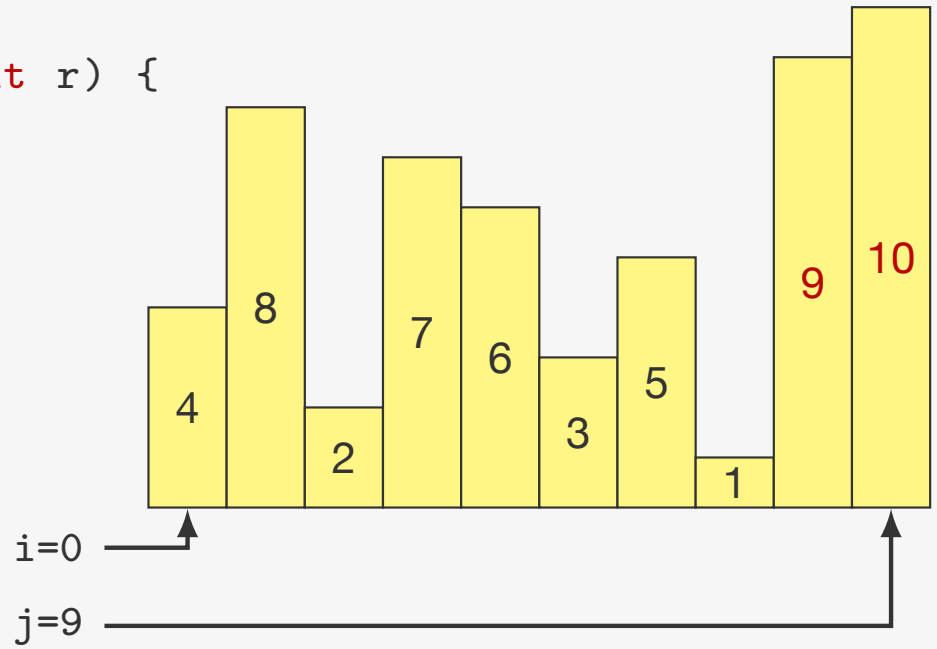
j

BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

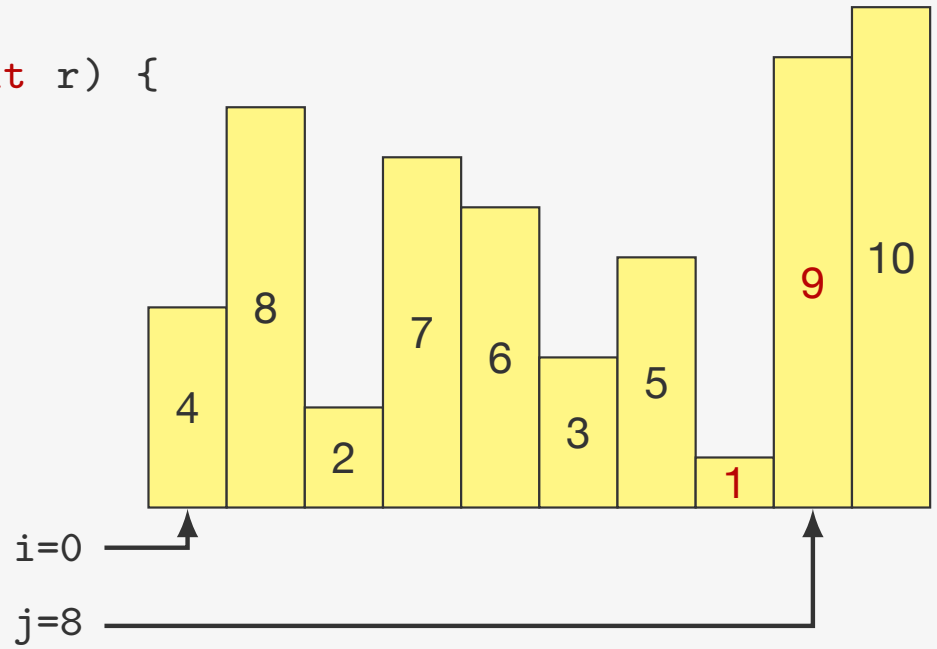


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

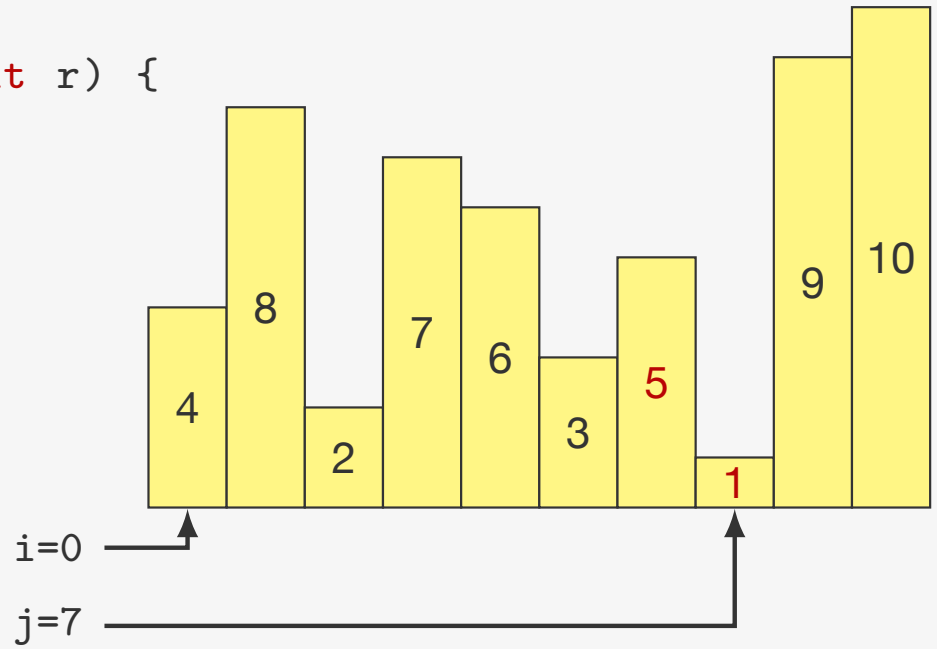


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

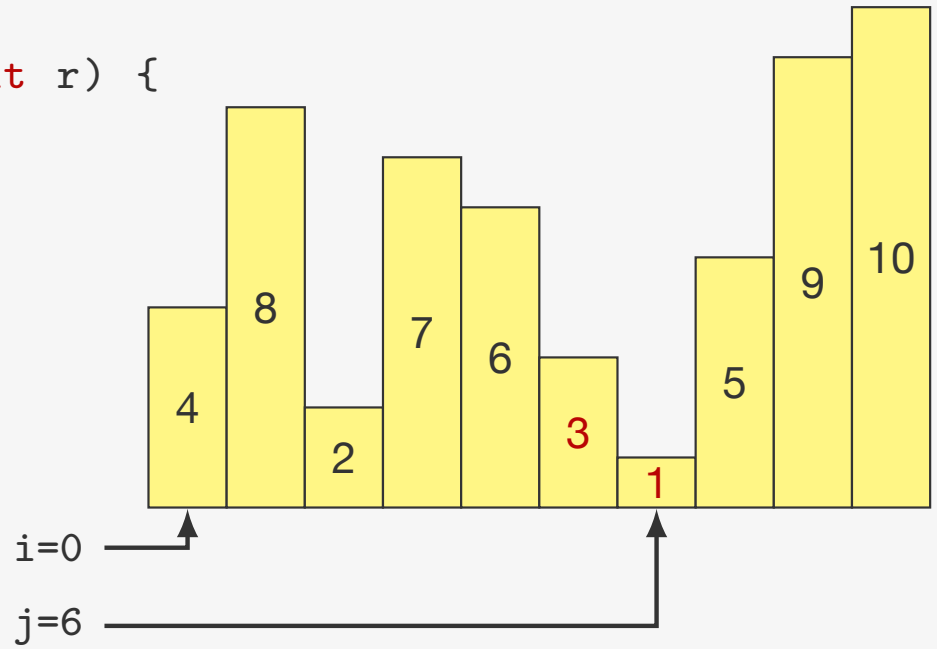


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

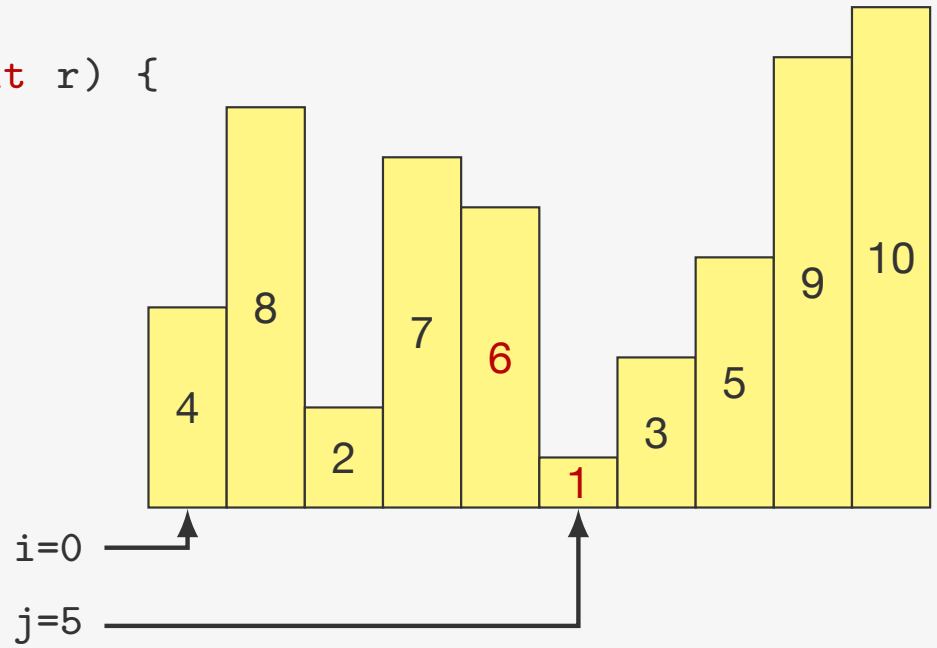


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

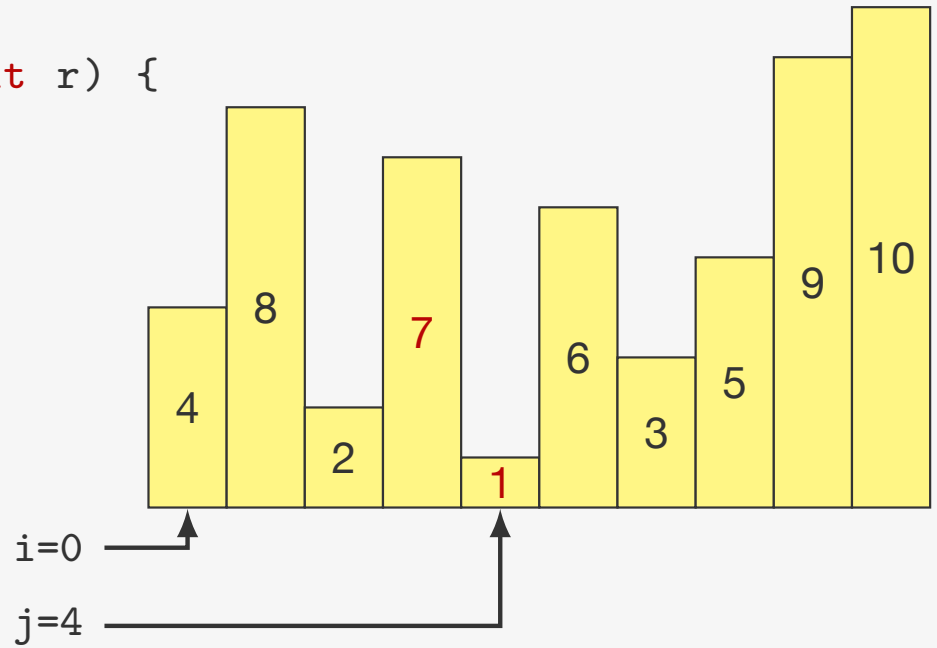


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

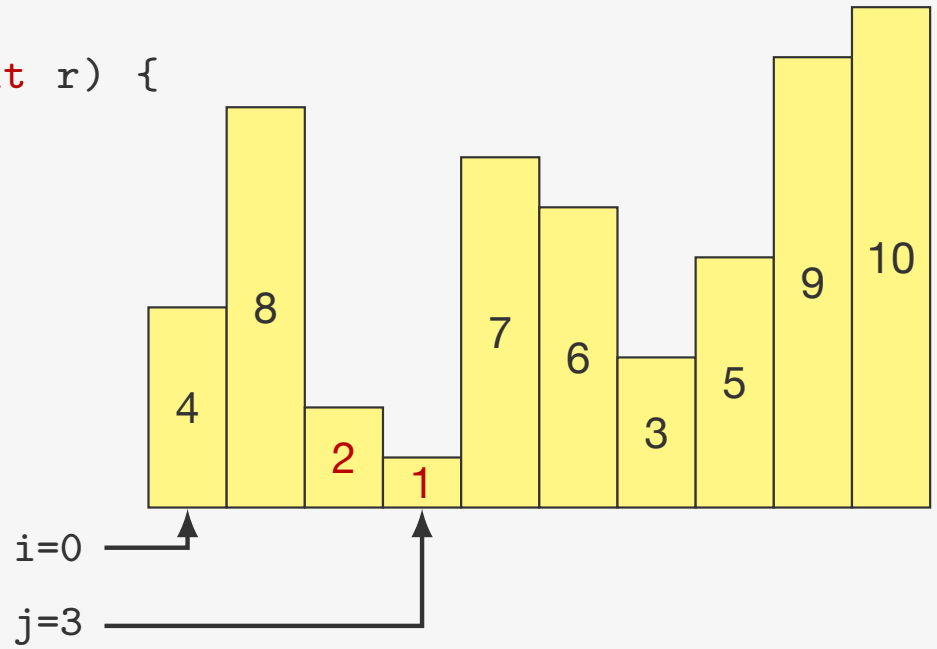


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

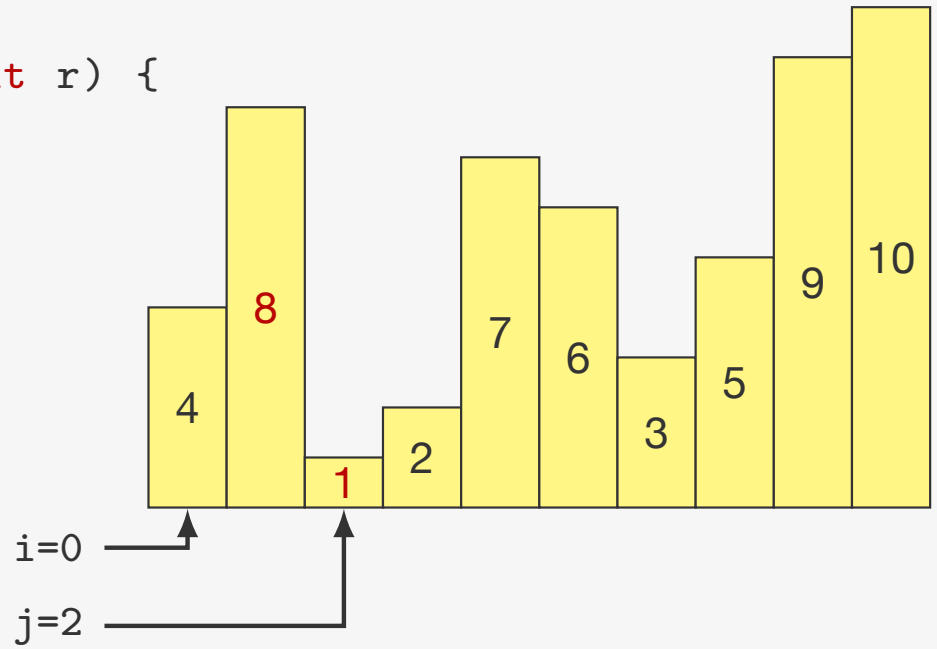


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

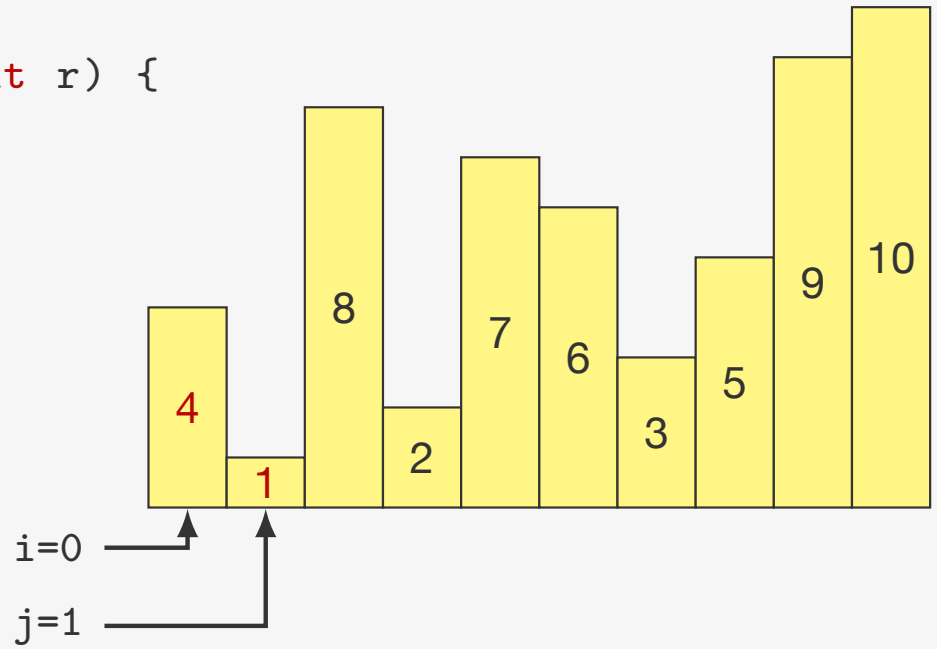


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

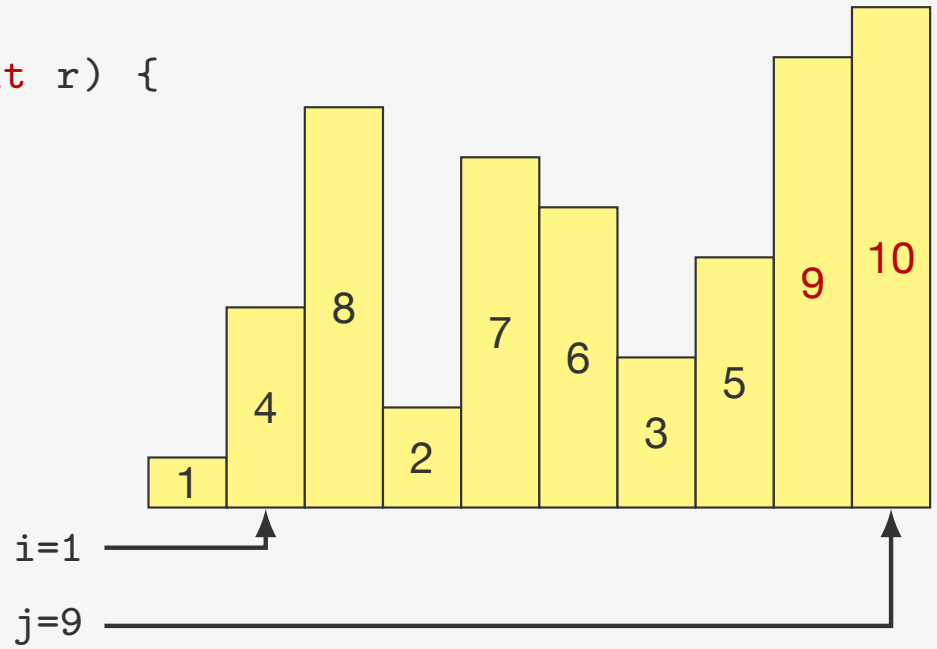


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

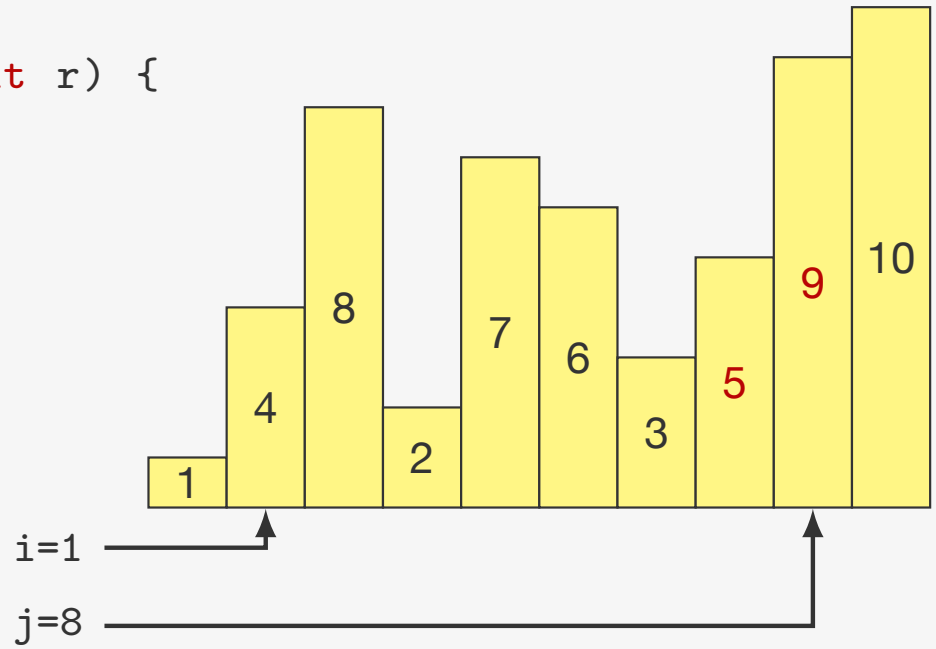


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

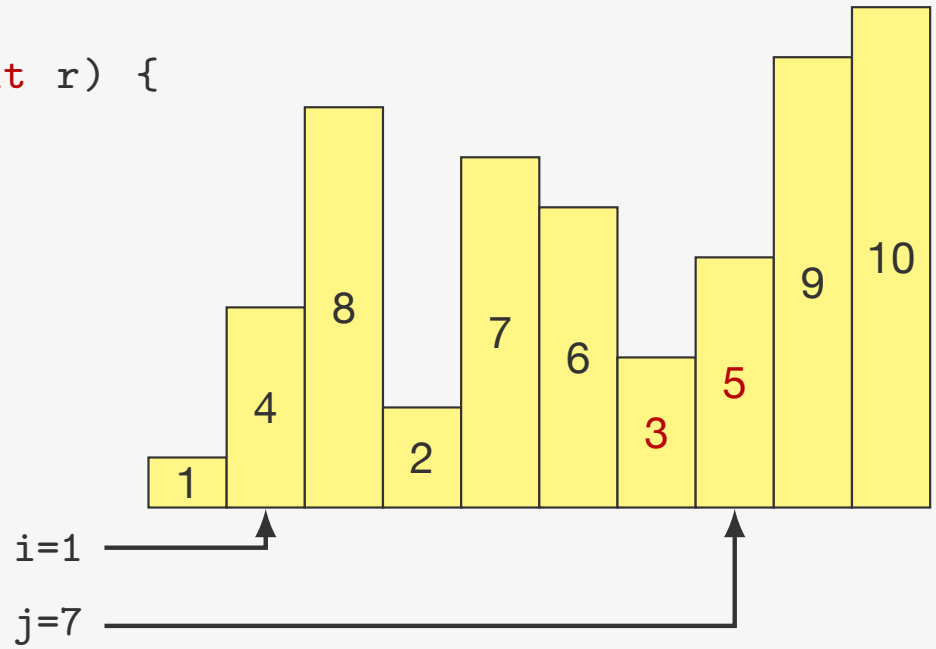


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

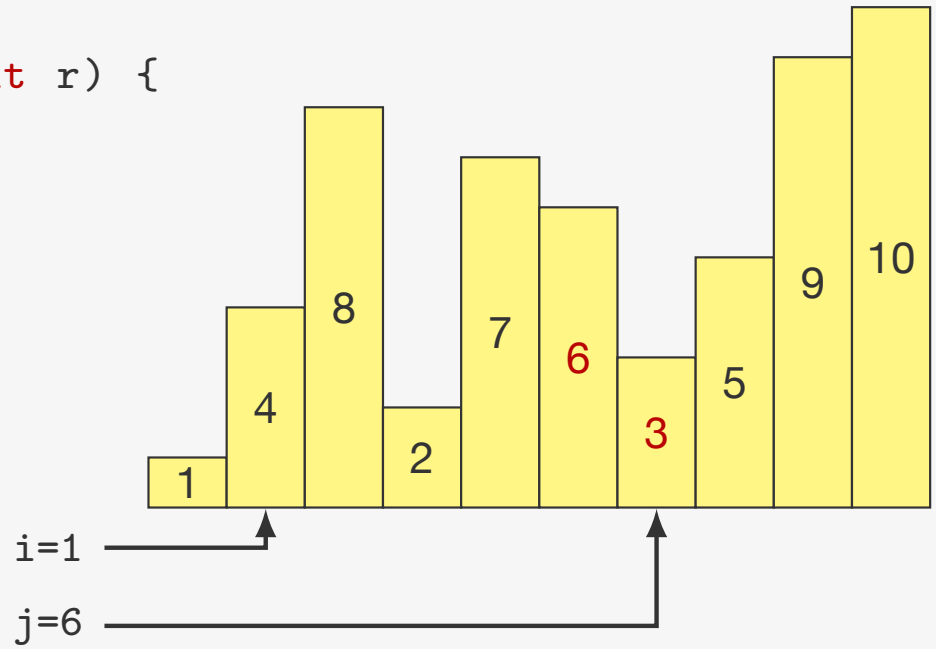


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

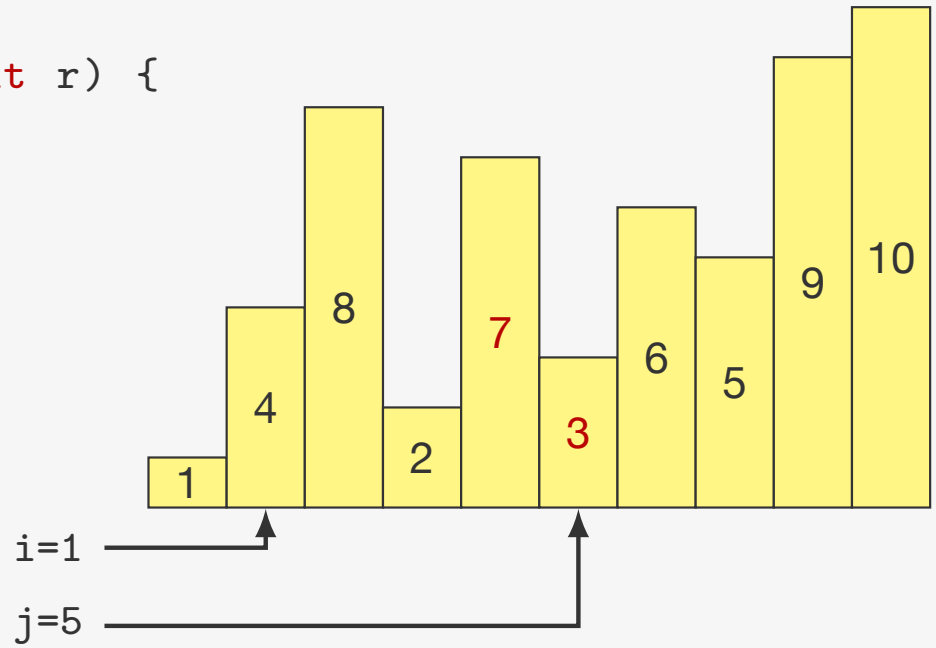


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

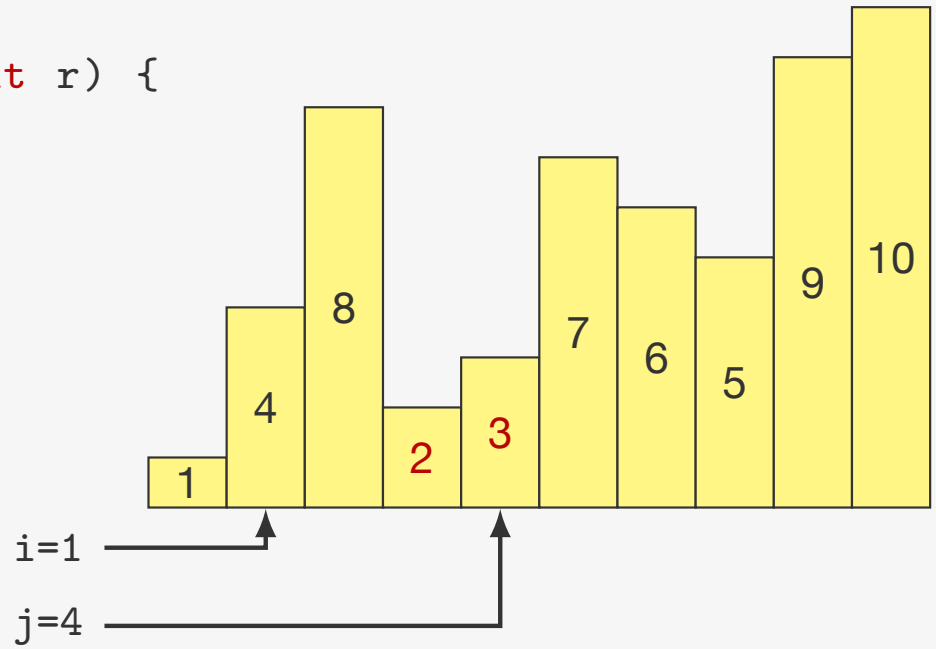


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

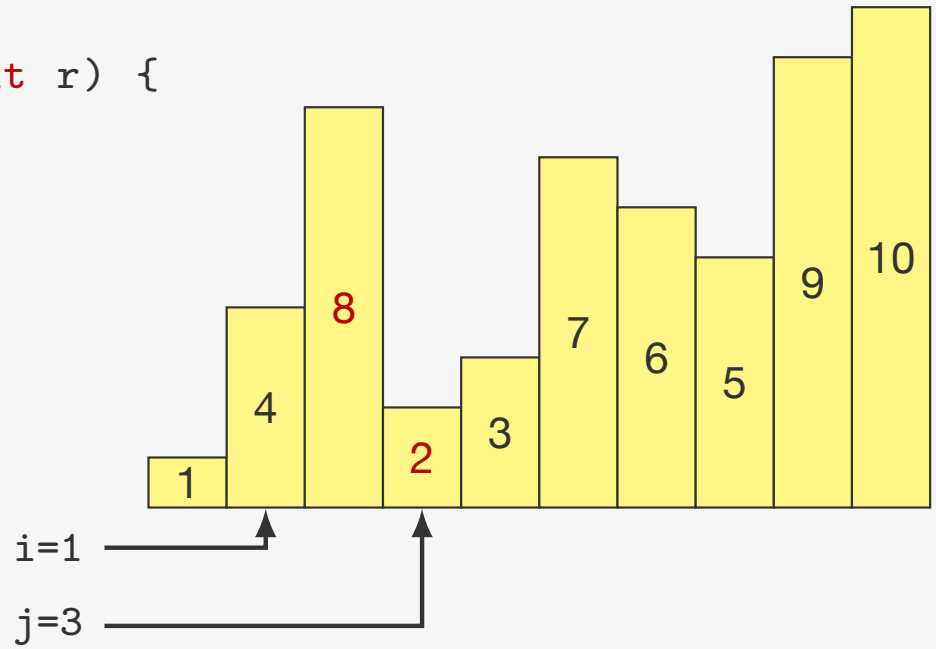


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

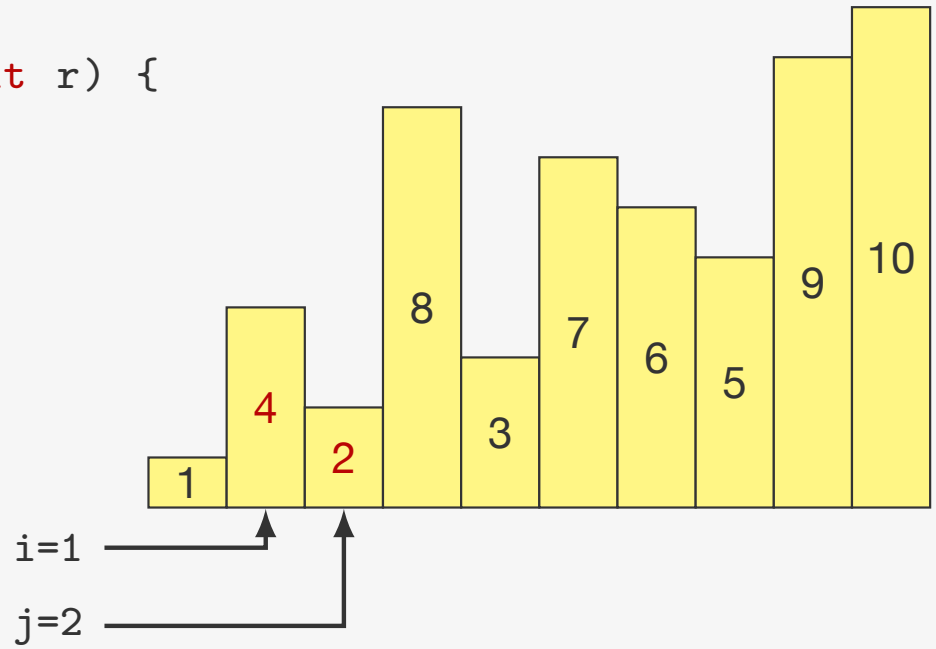


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

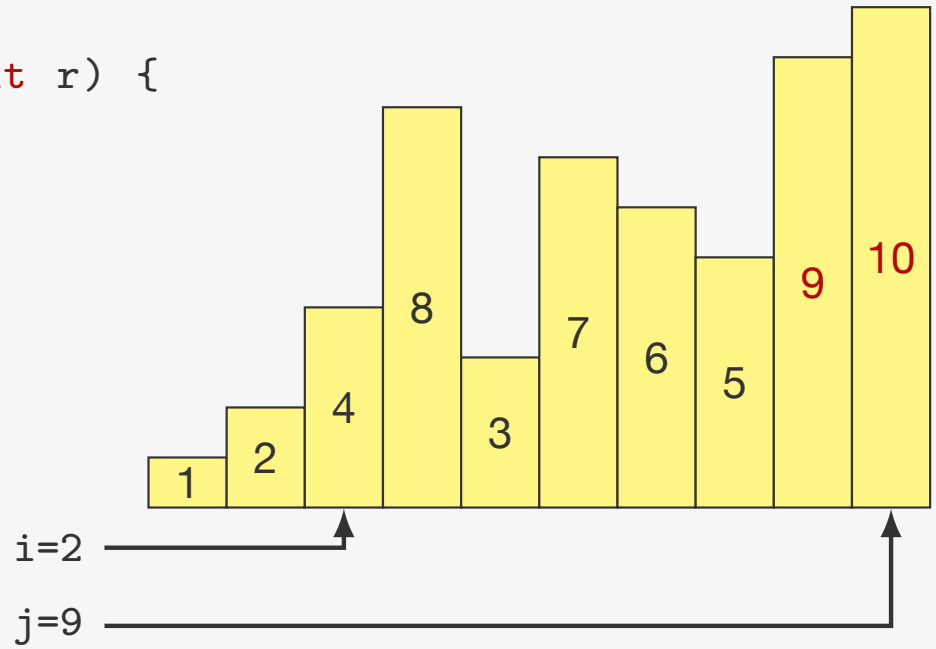


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

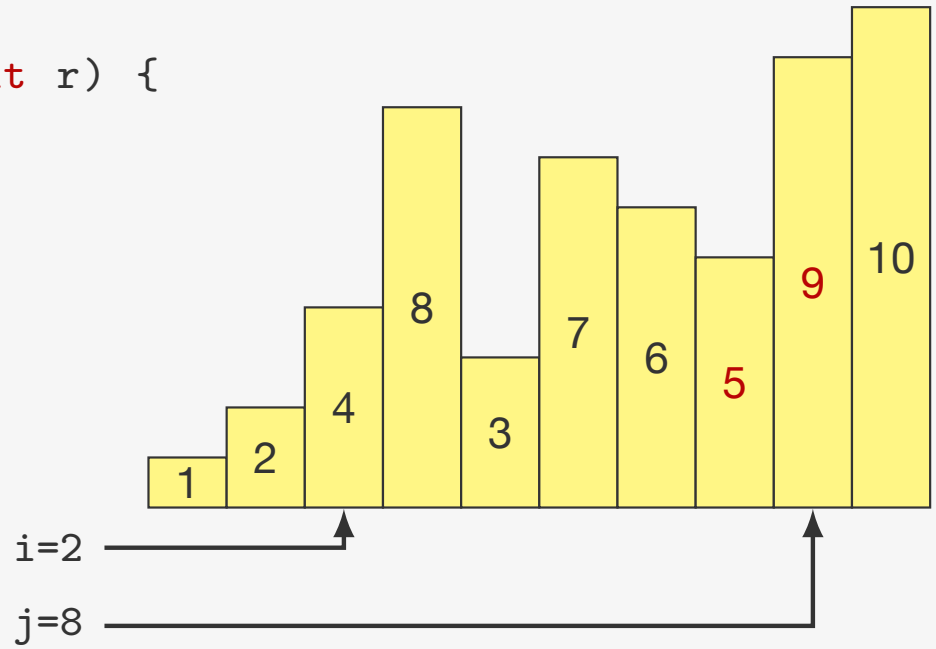


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

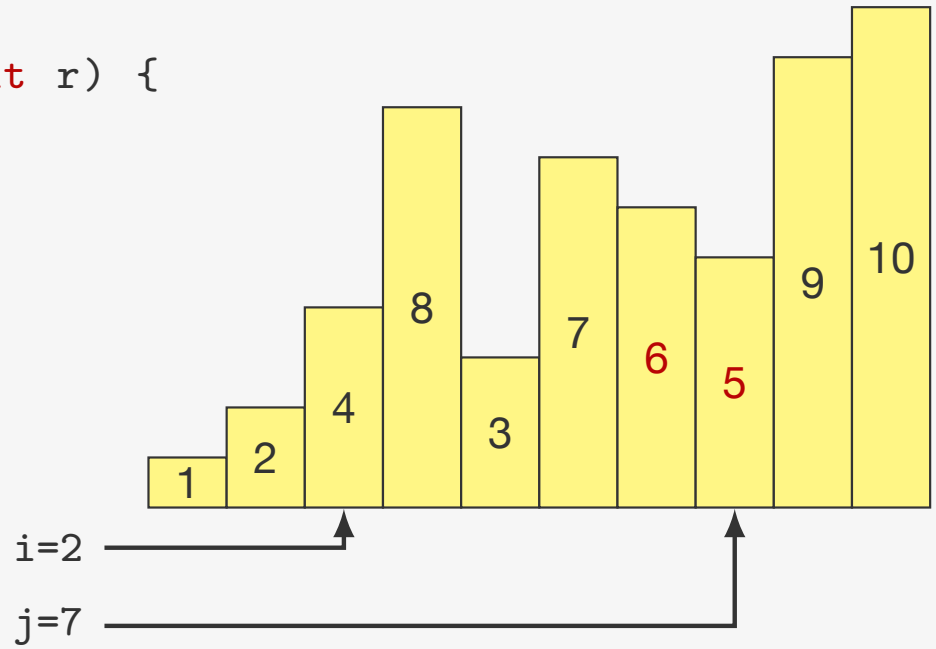


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

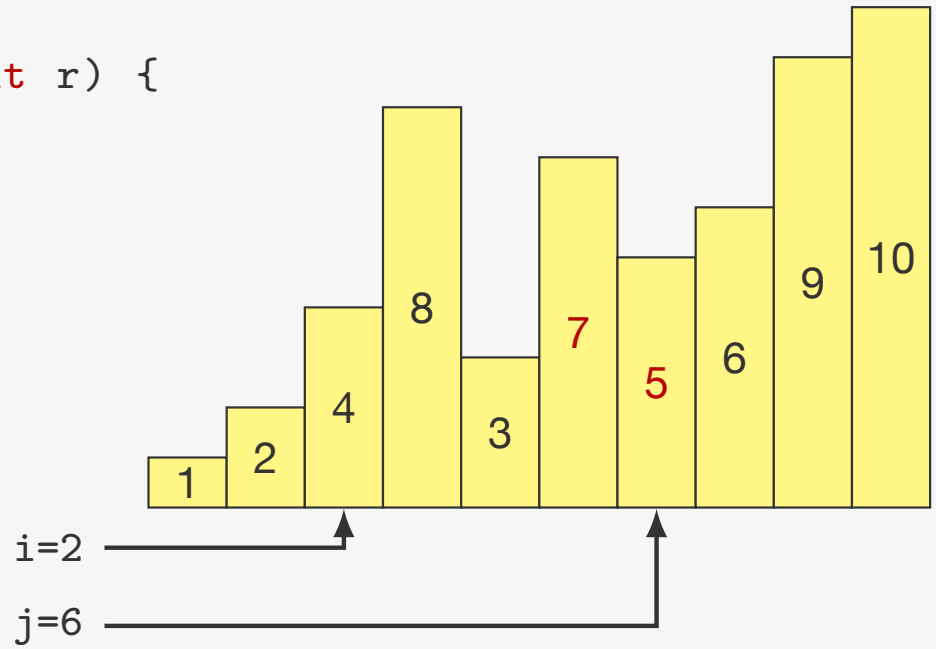


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

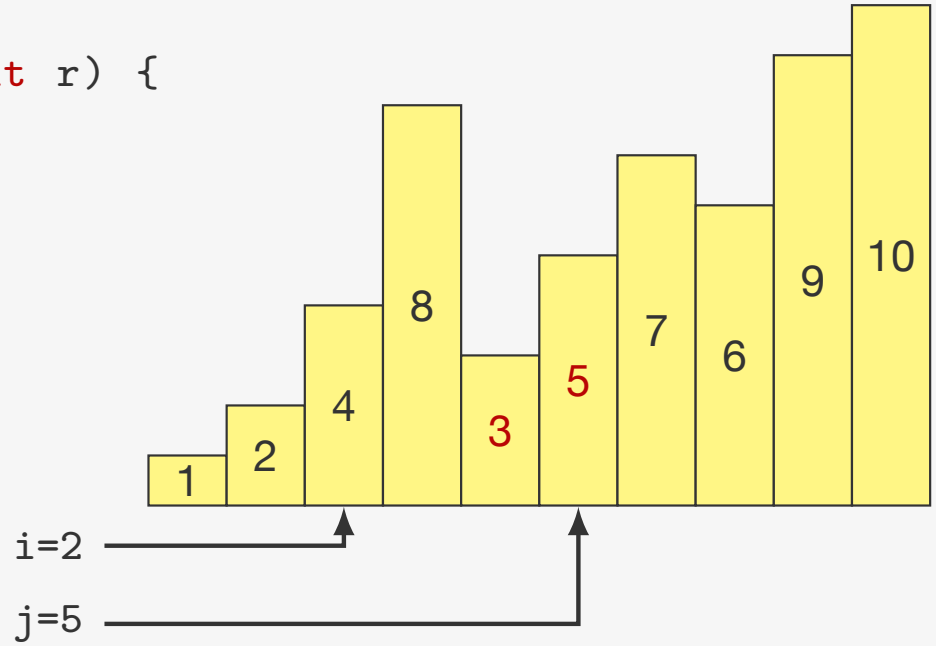


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

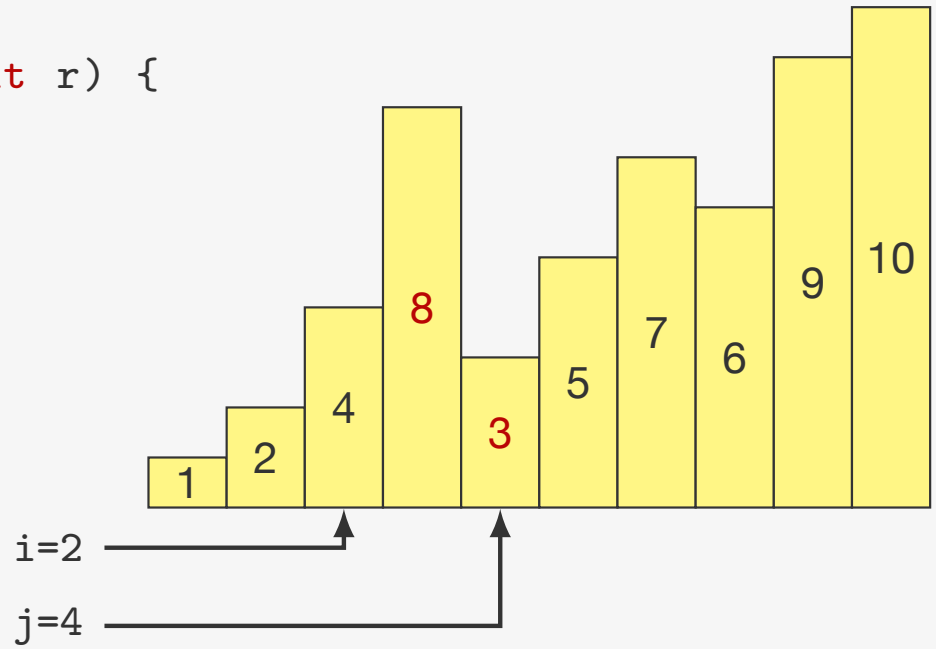


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

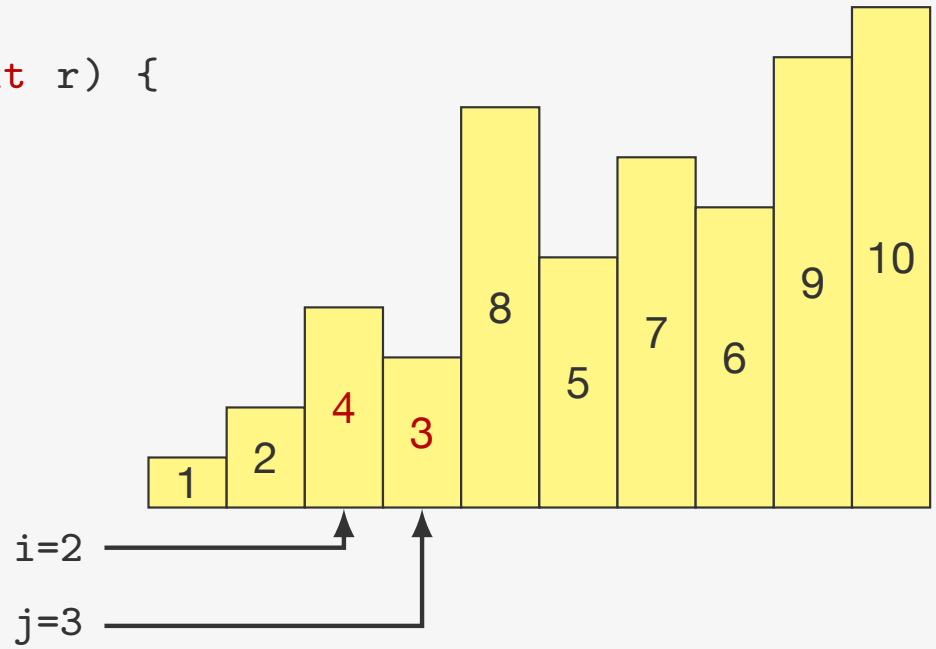


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

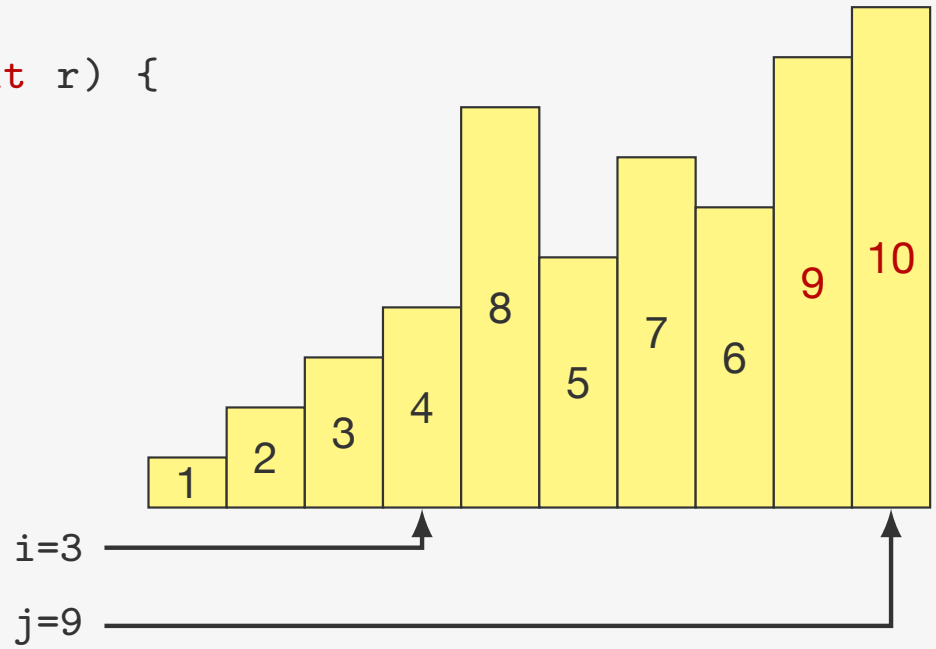


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

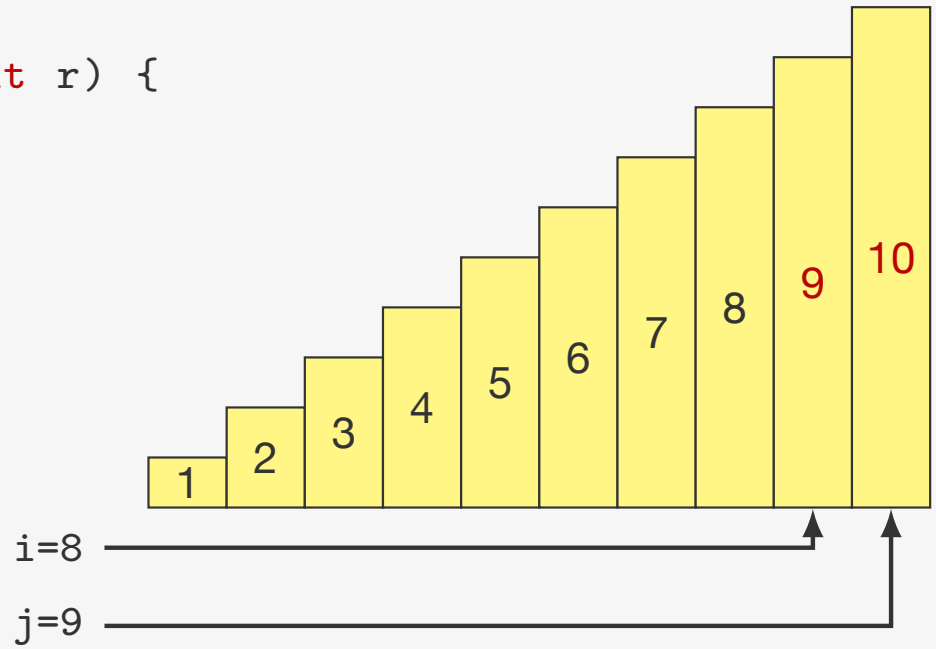


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```

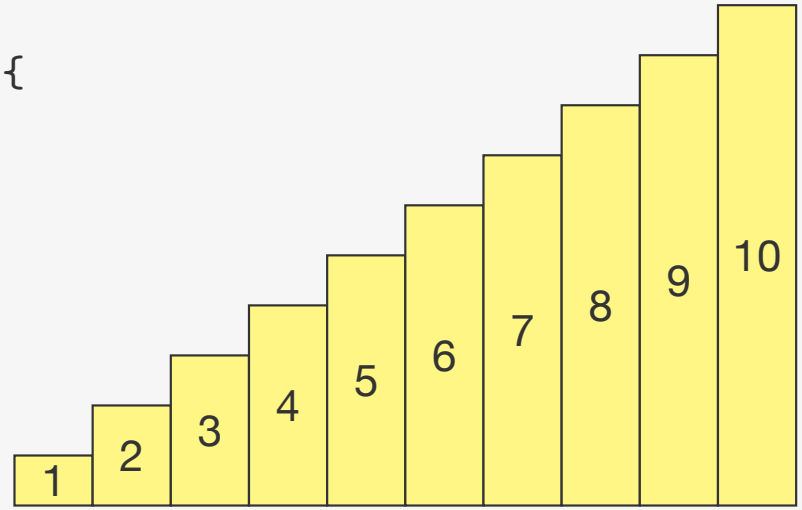


BubbleSort

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos
- eventualmente, encontramos o elemento mais leve
- ele será trocado com os elementos que estiverem antes

```
1 void bubblesort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l; i < r; i++)
4     for (j = r; j > i; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j-1], &v[j]);
7 }
```



BubbleSort Adaptativo

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

BubbleSort Adaptativo

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1  void bubblesort_v2(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, trocou = 1;
3    for (i = l; i < r && trocou; i++){
4      trocou = 0;
5      for (j = r; j > i; j--)
6        if (v[j] < v[j-1]) {
7          troca(&v[j-1], &v[j]);
8          trocou = 1;
9        }
10   }
11 }
```

BubbleSort Adaptativo

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1  void bubblesort_v2(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, trocou = 1;
3    for (i = l; i < r && trocou; i++){
4      trocou = 0;
5      for (j = r; j > i; j--)
6        if (v[j] < v[j-1]) {
7          troca(&v[j-1], &v[j]);
8          trocou = 1;
9        }
10   }
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

BubbleSort Adaptativo

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1  void bubblesort_v2(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, trocou = 1;
3    for (i = l; i < r && trocou; i++){
4      trocou = 0;
5      for (j = r; j > i; j--)
6        if (v[j] < v[j-1]) {
7          troca(&v[j-1], &v[j]);
8          trocou = 1;
9        }
10   }
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$

BubbleSort Adaptativo

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1  void bubblesort_v2(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, trocou = 1;
3    for (i = l; i < r && trocou; i++){
4      trocou = 0;
5      for (j = r; j > i; j--)
6        if (v[j] < v[j-1]) {
7          troca(&v[j-1], &v[j]);
8          trocou = 1;
9        }
10   }
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$

BubbleSort Adaptativo

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1  void bubblesort_v2(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, trocou = 1;
3    for (i = l; i < r && trocou; i++){
4      trocou = 0;
5      for (j = r; j > i; j--)
6        if (v[j] < v[j-1]) {
7          troca(&v[j-1], &v[j]);
8          trocou = 1;
9        }
10   }
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$

No caso médio:

BubbleSort Adaptativo

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1  void bubblesort_v2(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, trocou = 1;
3    for (i = l; i < r && trocou; i++){
4      trocou = 0;
5      for (j = r; j > i; j--)
6        if (v[j] < v[j-1]) {
7          troca(&v[j-1], &v[j]);
8          trocou = 1;
9        }
10   }
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$

No caso médio:

- comparações: $\approx n^2/2 = \mathrm{O}(n^2)$

BubbleSort Adaptativo

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1  void bubblesort_v2(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, trocou = 1;
3    for (i = l; i < r && trocou; i++){
4      trocou = 0;
5      for (j = r; j > i; j--)
6        if (v[j] < v[j-1]) {
7          troca(&v[j-1], &v[j]);
8          trocou = 1;
9        }
10   }
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = \mathrm{O}(n^2)$

No caso médio:

- comparações: $\approx n^2/2 = \mathrm{O}(n^2)$
- trocas: $\approx n^2/2 = \mathrm{O}(n^2)$

Gráfico de comparação do BubbleSort

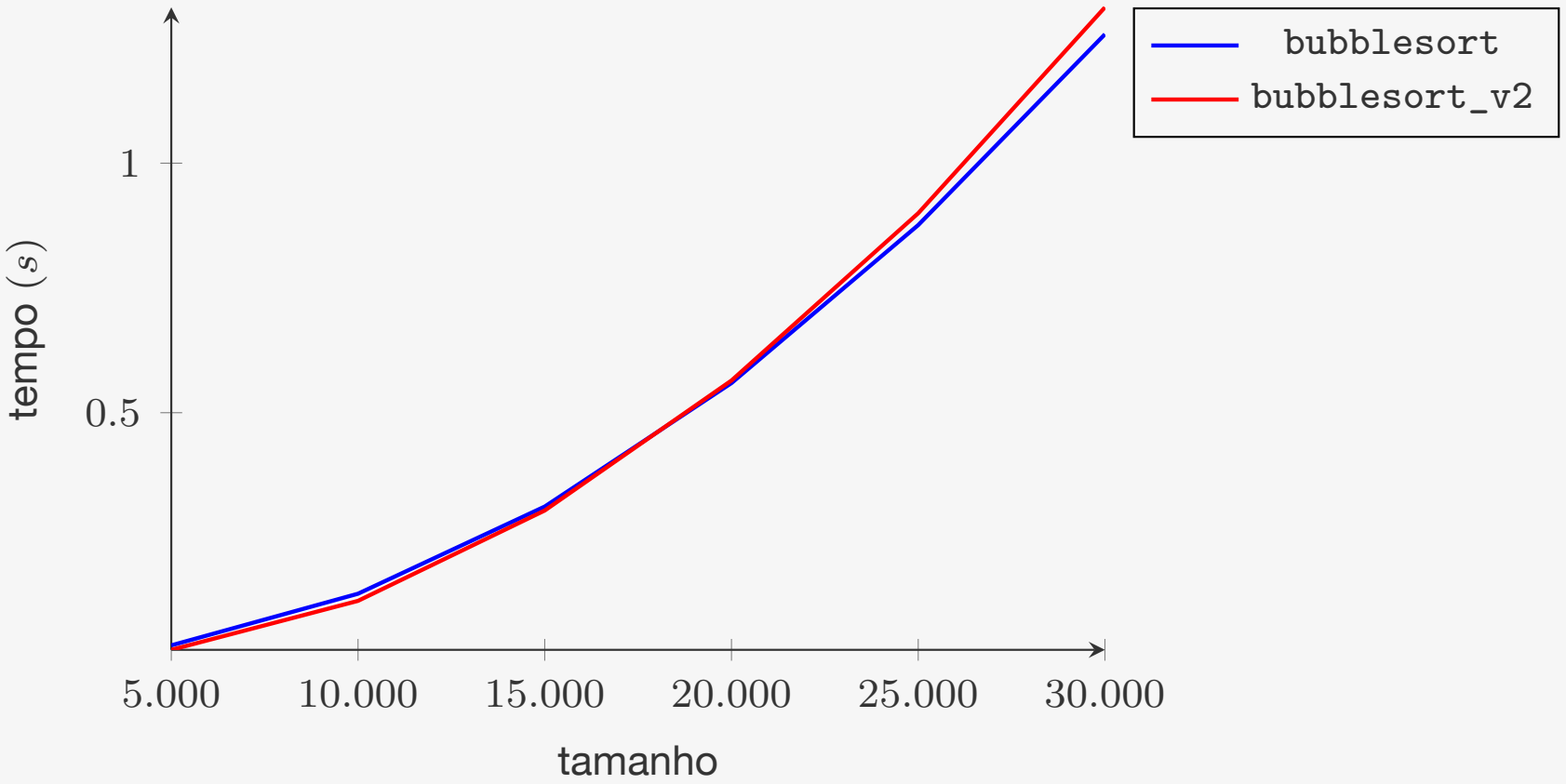
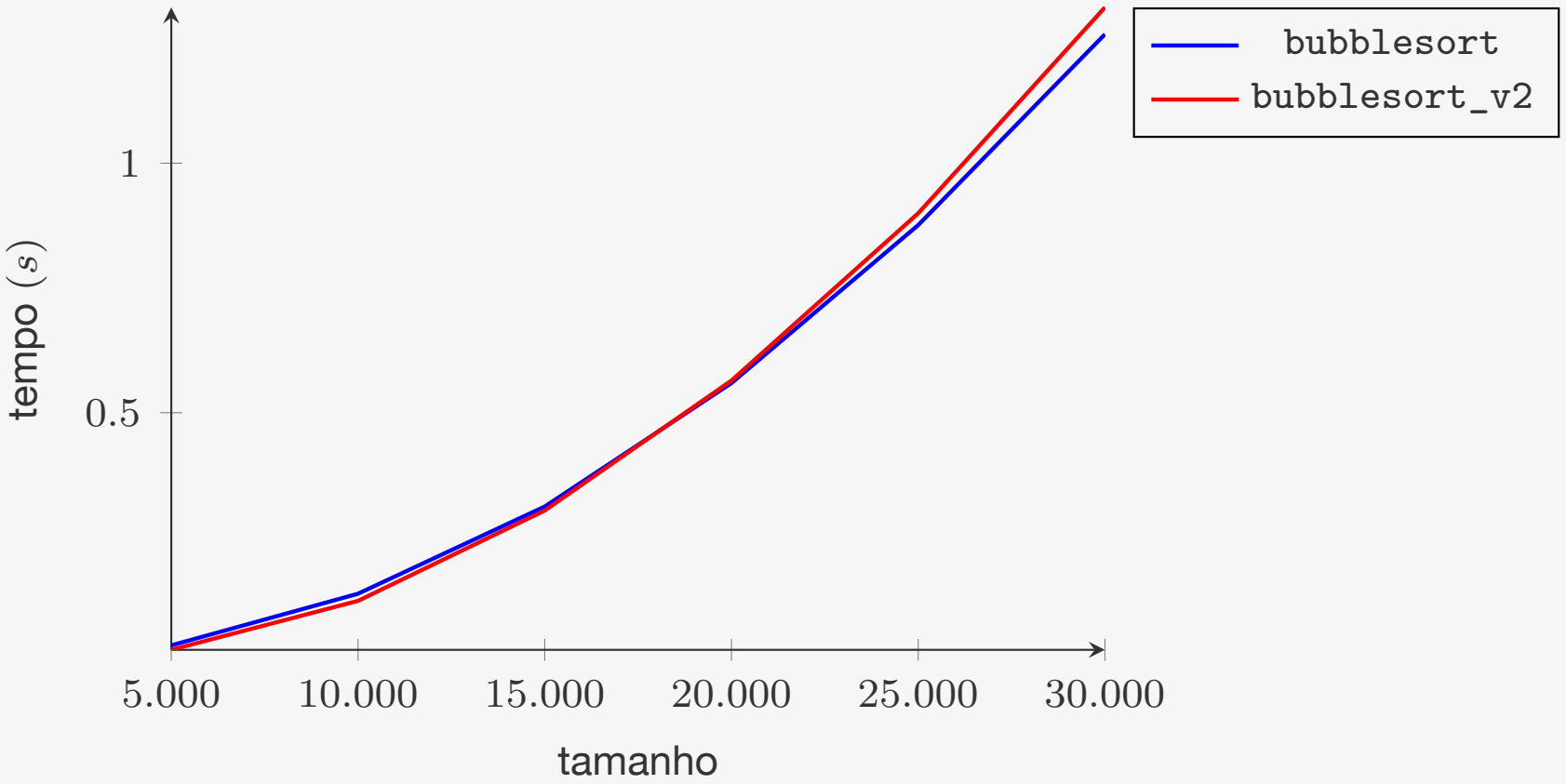
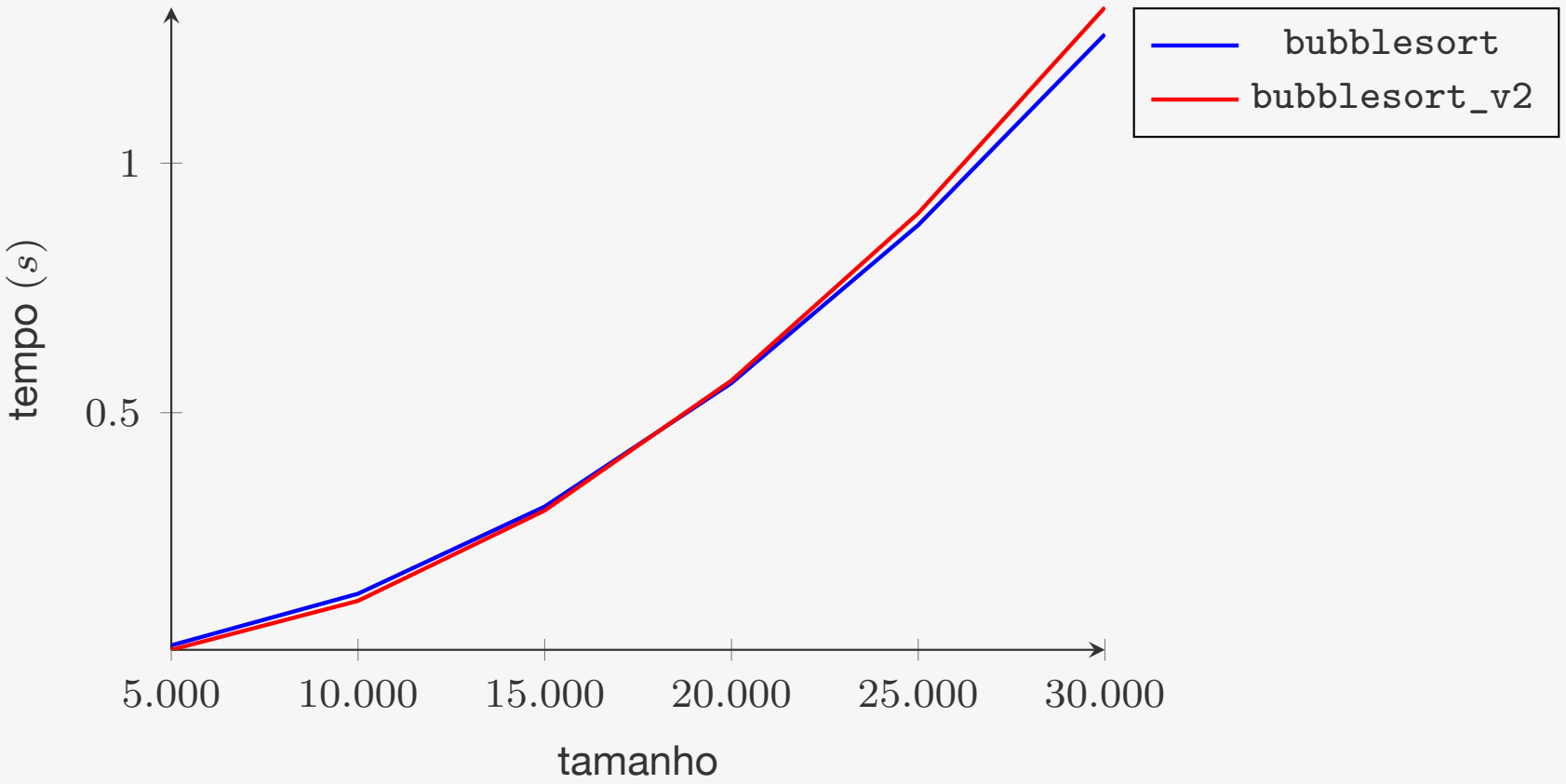


Gráfico de comparação do BubbleSort



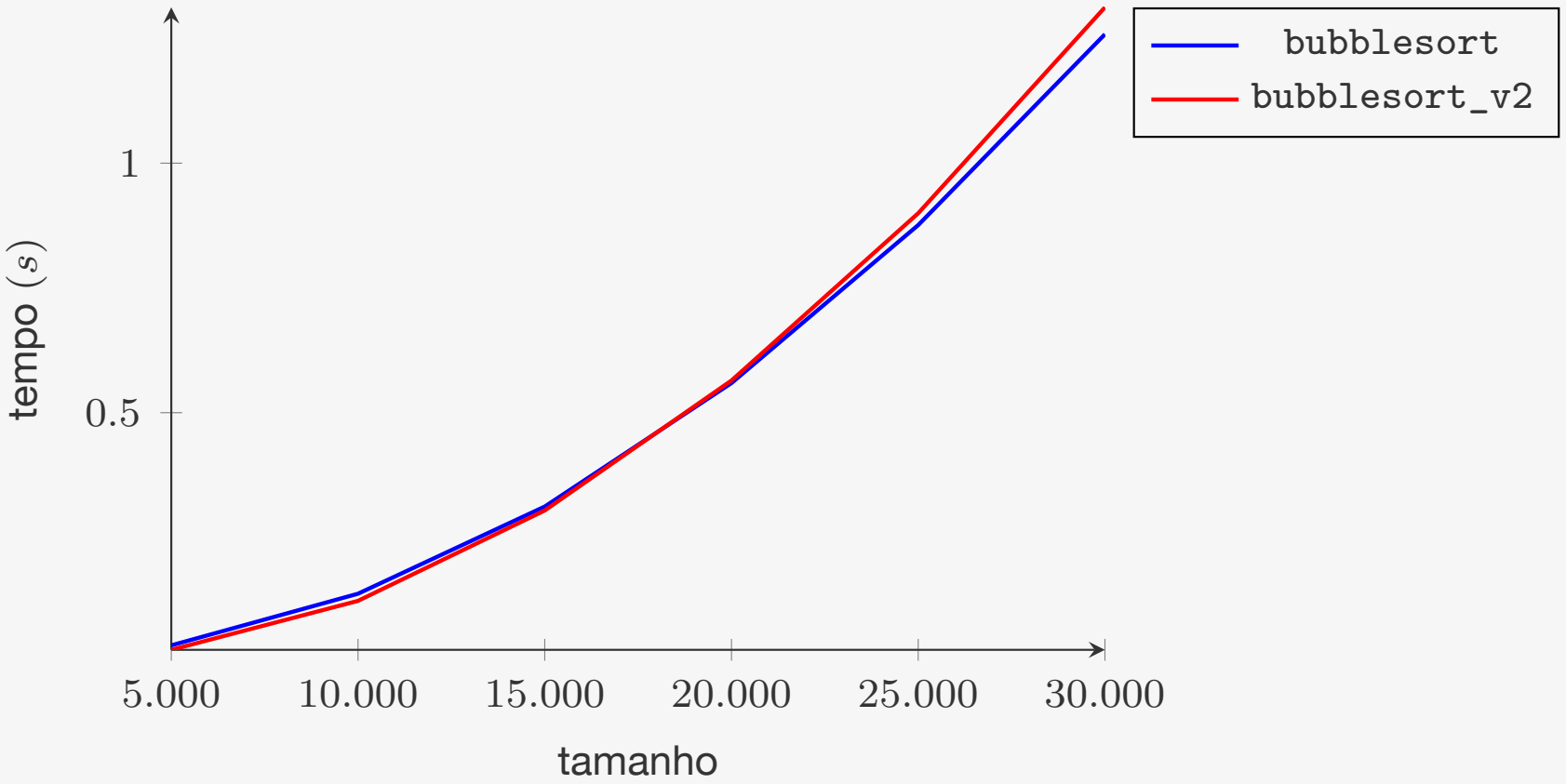
- O adaptativo foi pior para vetores aleatórios

Gráfico de comparação do BubbleSort



- O adaptativo foi pior para vetores aleatórios
  - por causa overhead de registrar se ocorreu alguma troca

Gráfico de comparação do BubbleSort



- O adaptativo foi pior para vetores aleatórios
  - por causa overhead de registrar se ocorreu alguma troca
- Mas pode ser melhor em vetores parcialmente ordenados

Ordenação por Inserção

Ideia:

Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[i-1]` ordenado

Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta

Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort

Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l]`, `v[l+1]`, ..., `v[i]` ordenado

Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
```

Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
```

Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
```

Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
```

Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

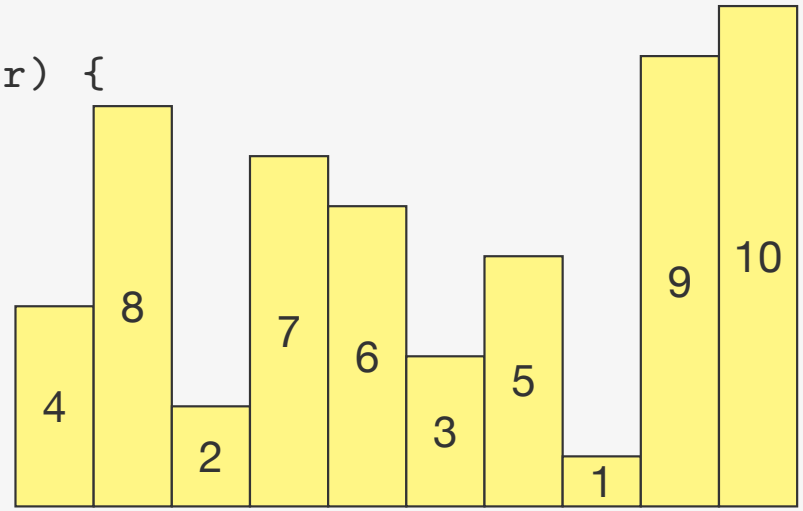
```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

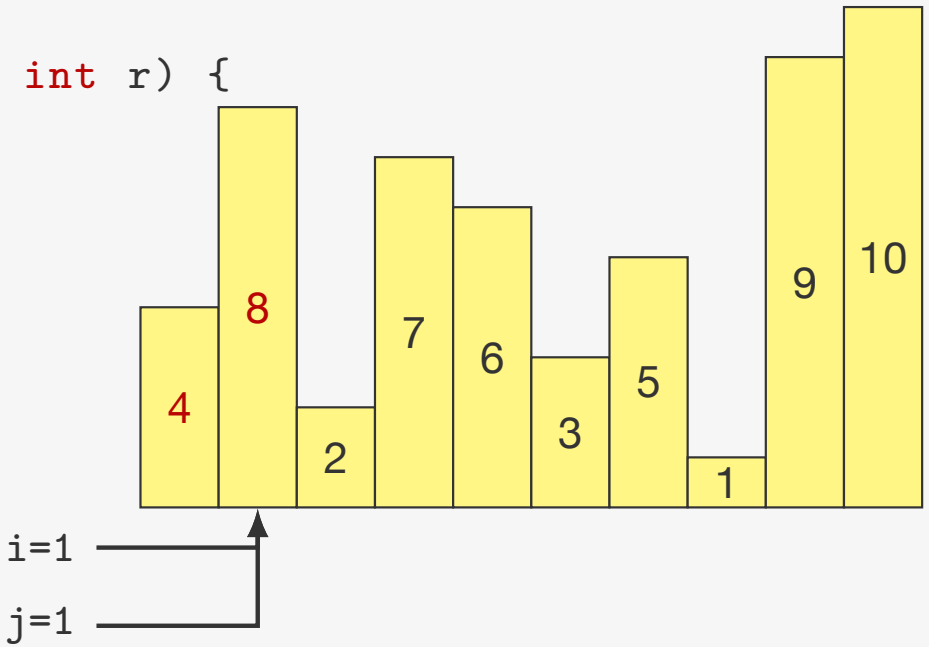


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

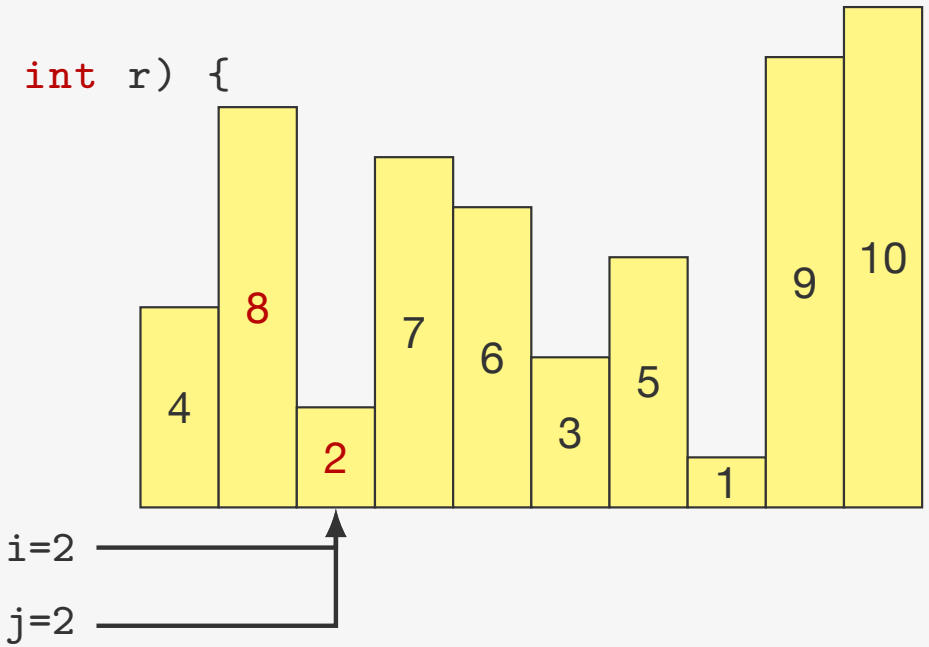


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

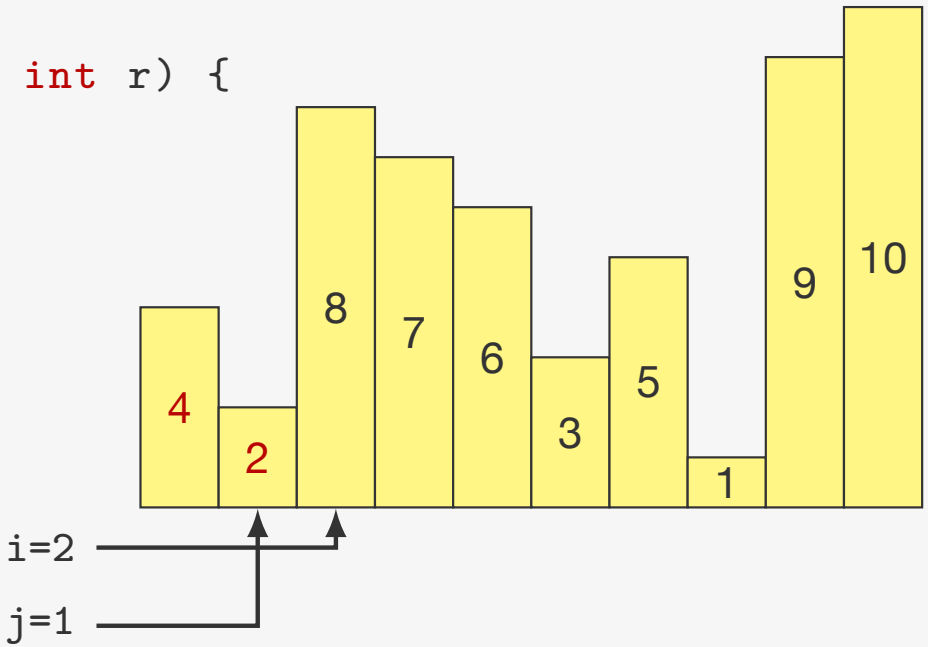


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

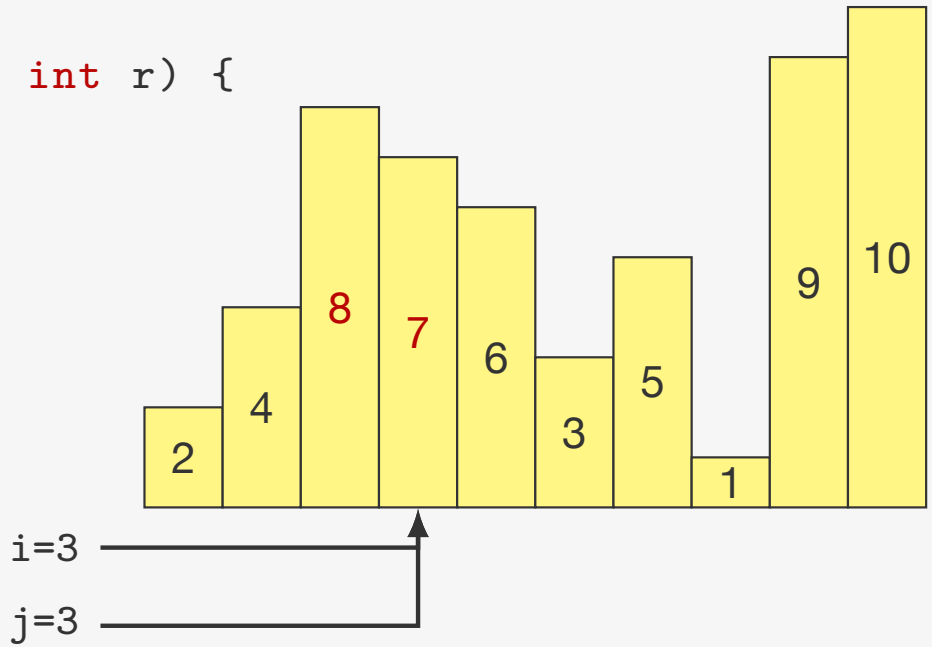


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

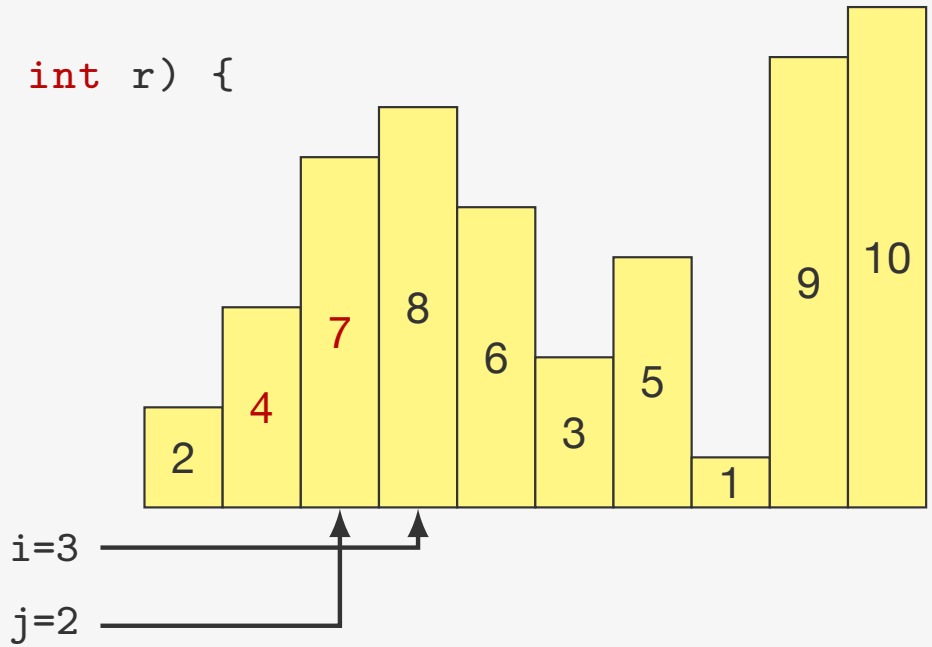


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

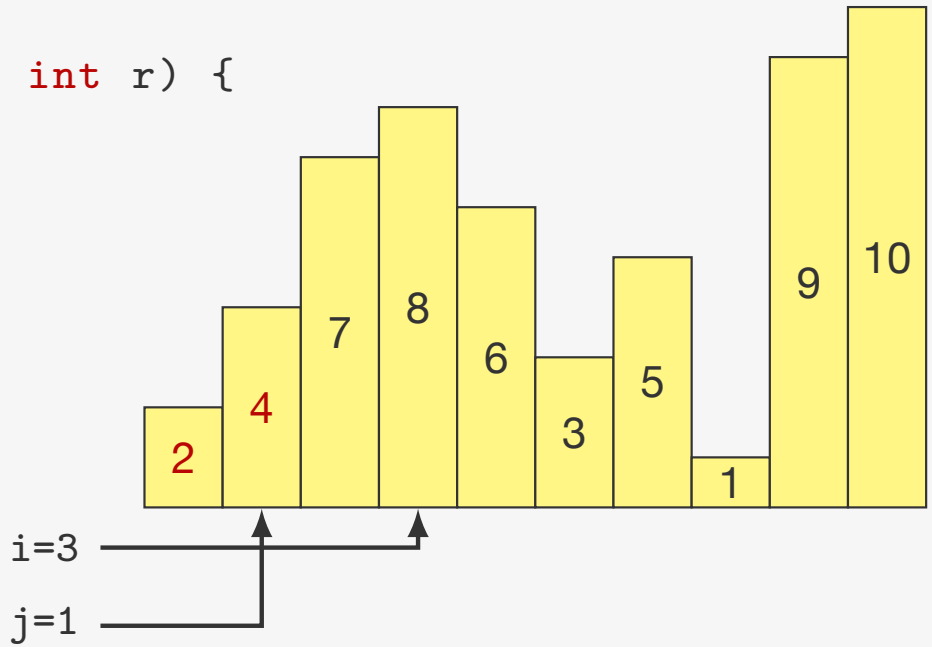


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

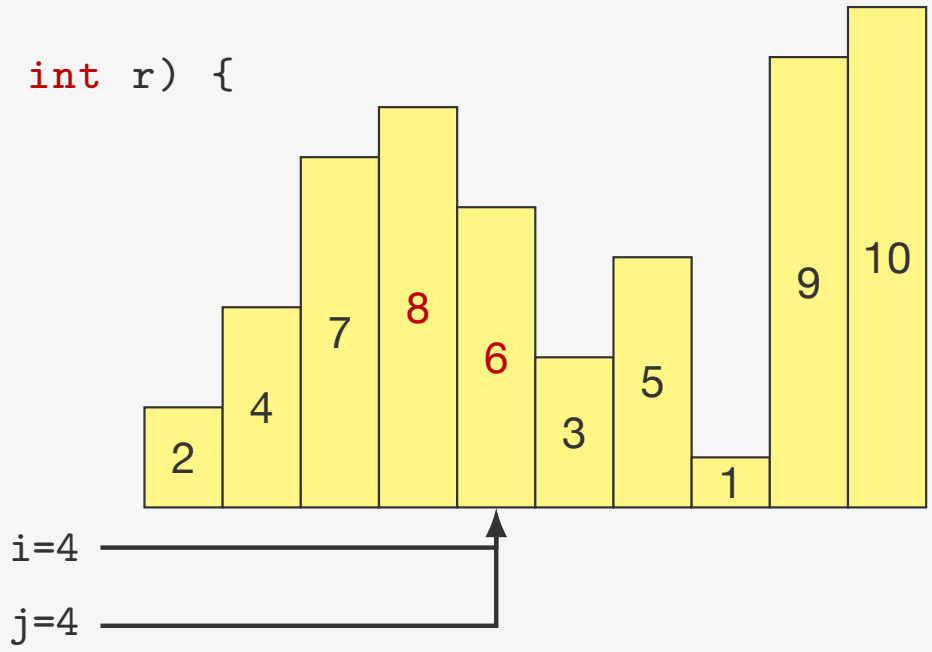


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

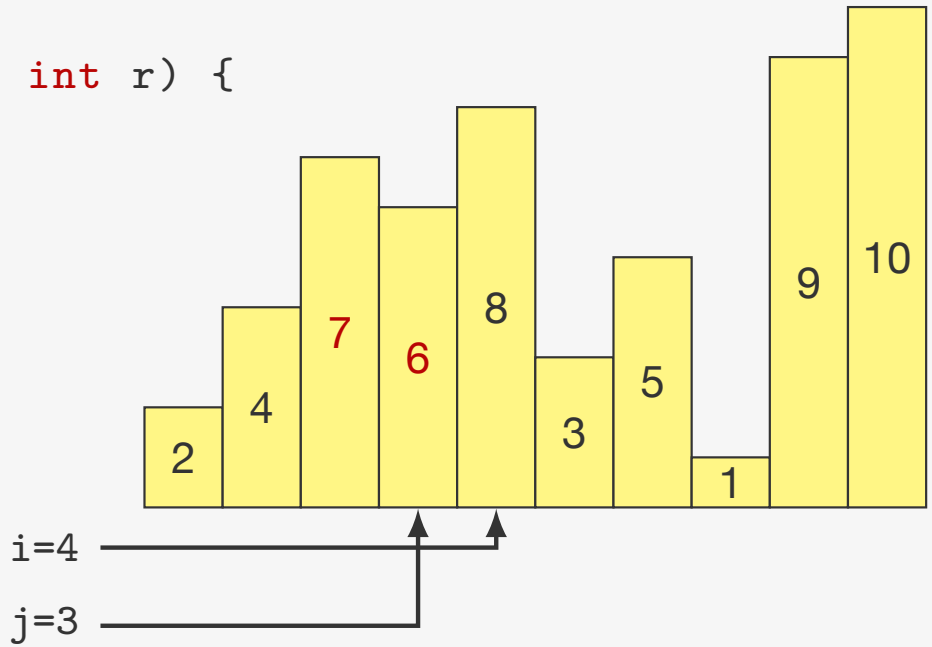


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

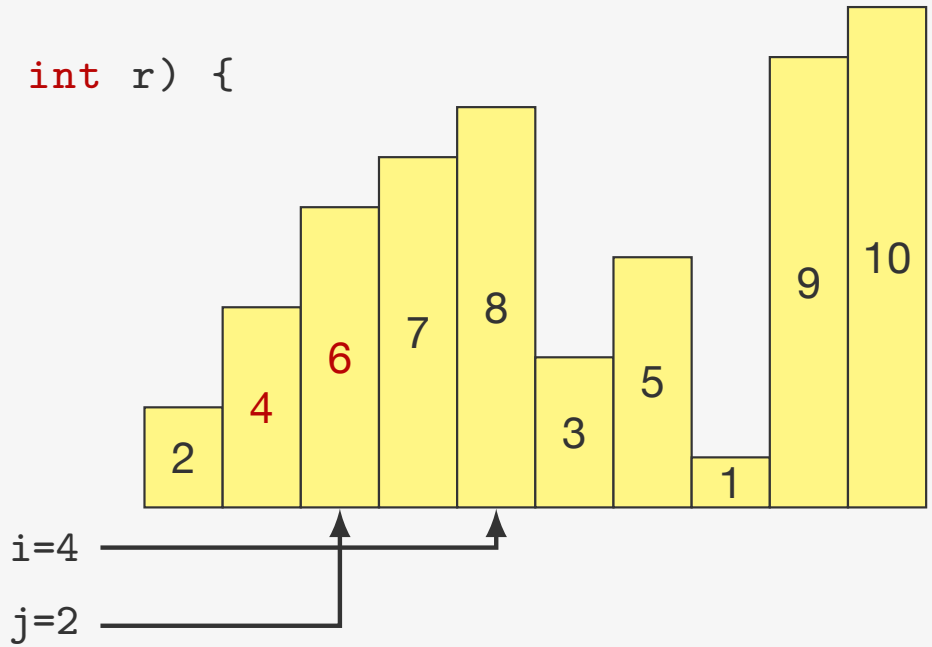


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

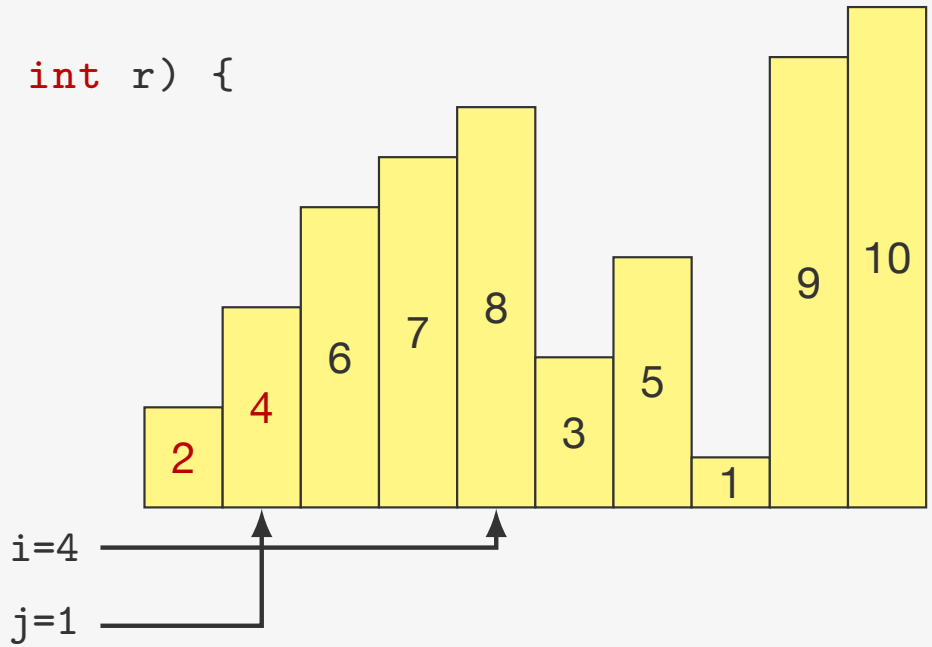


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

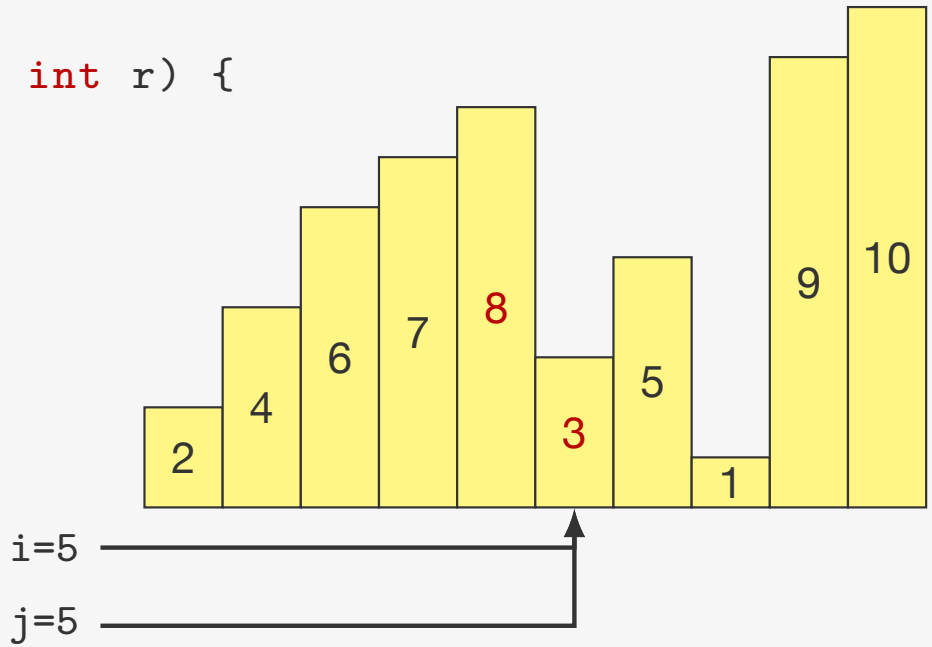


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

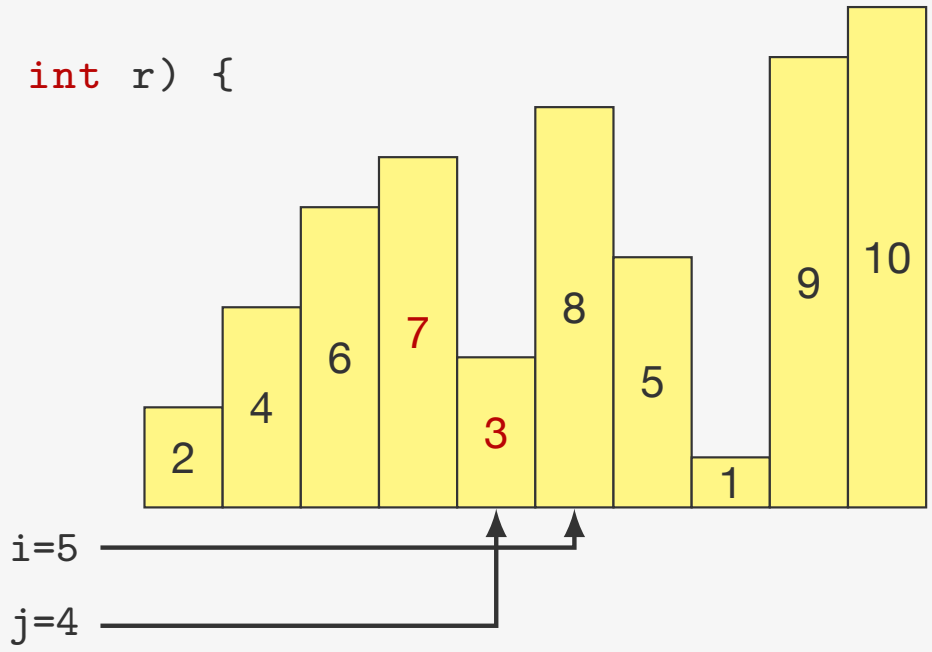


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

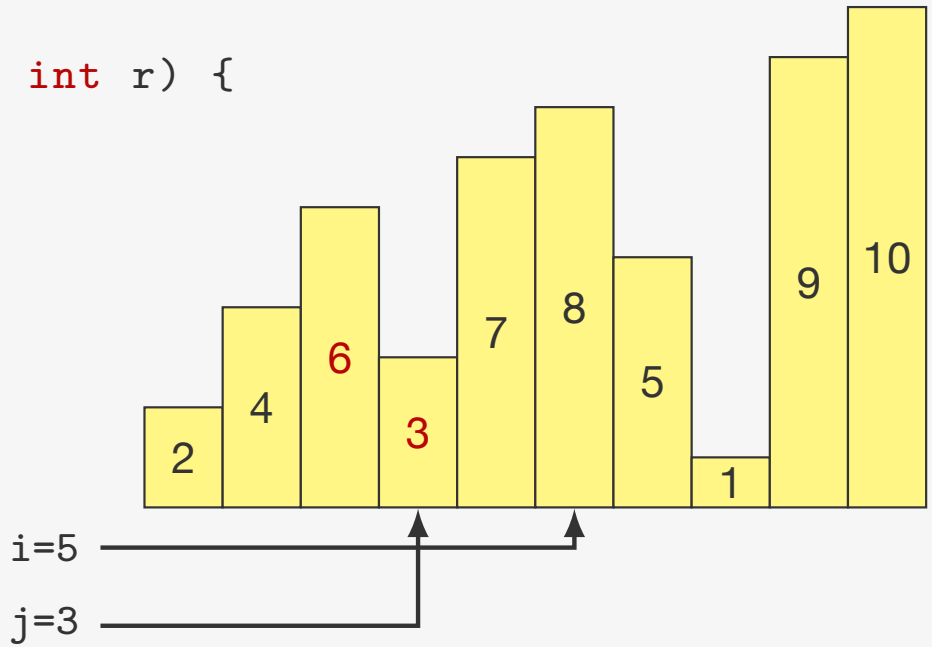


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

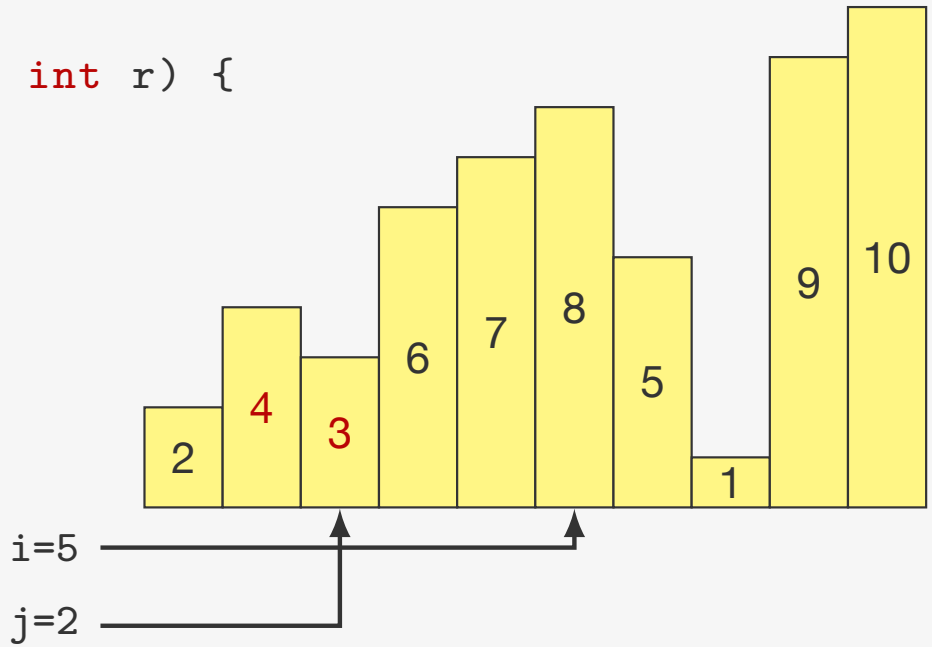


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

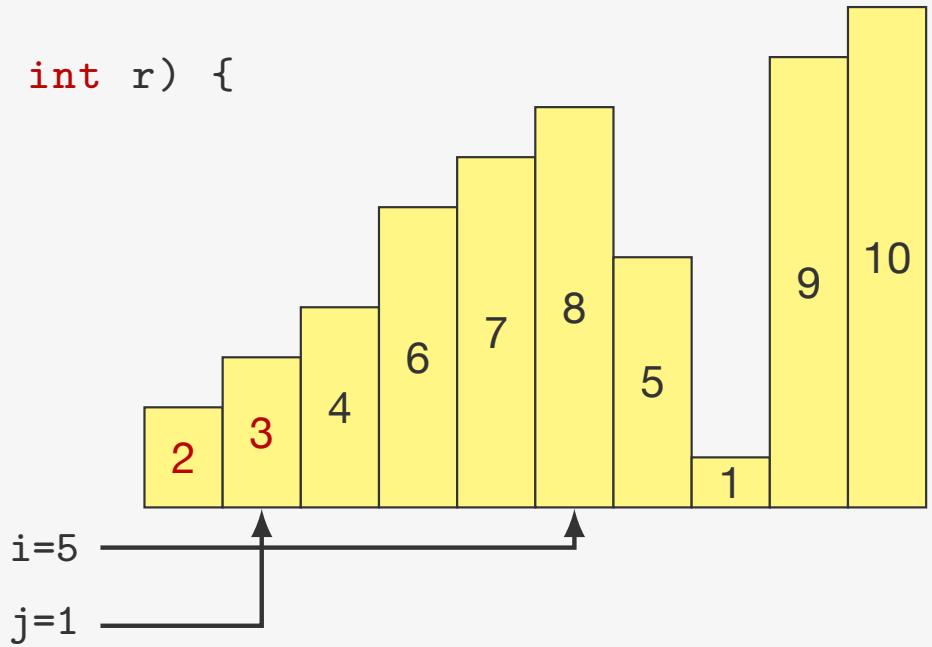


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

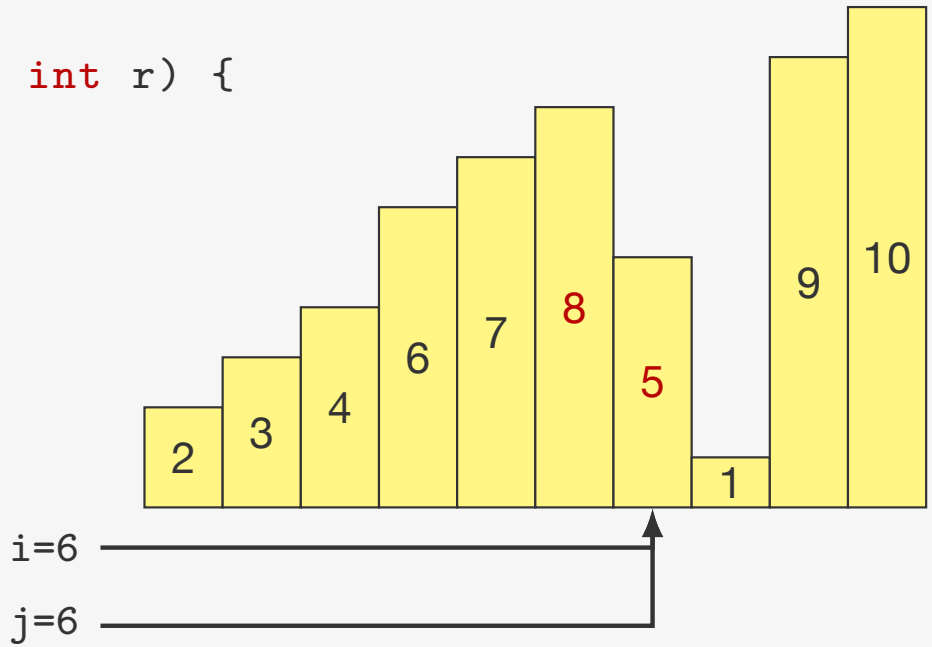


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

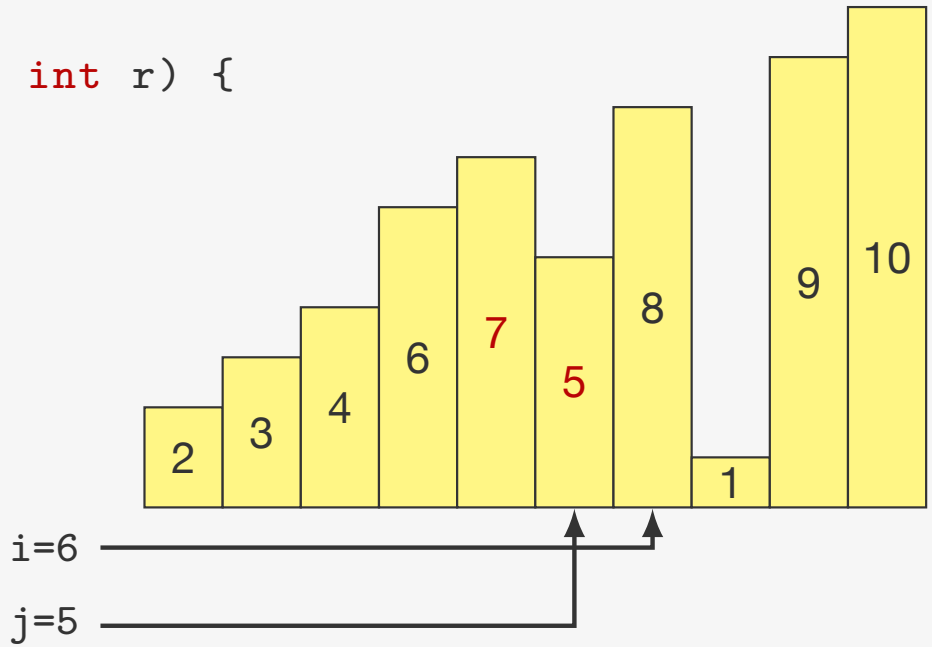


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

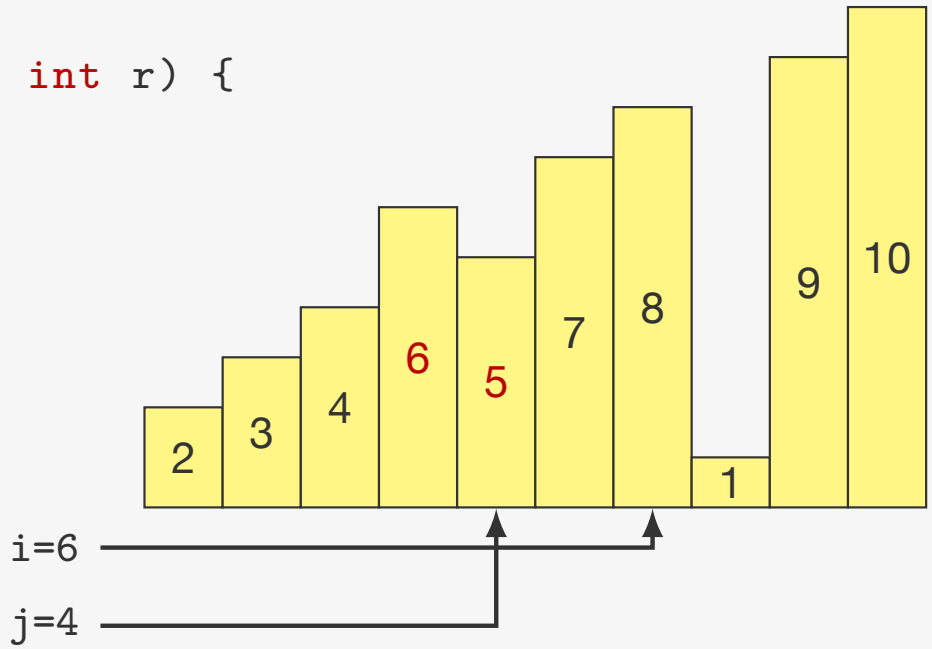


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

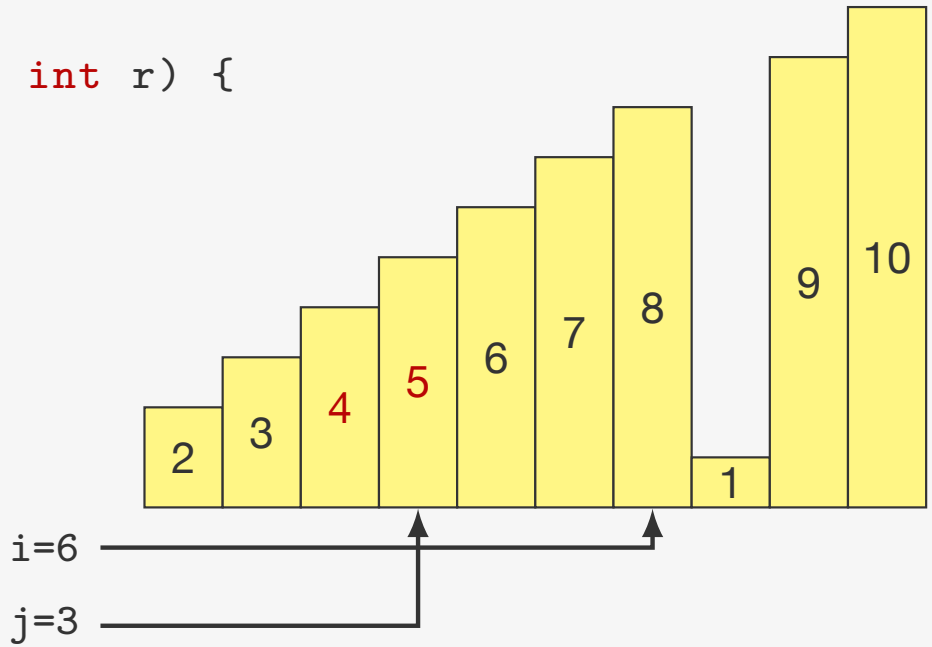


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

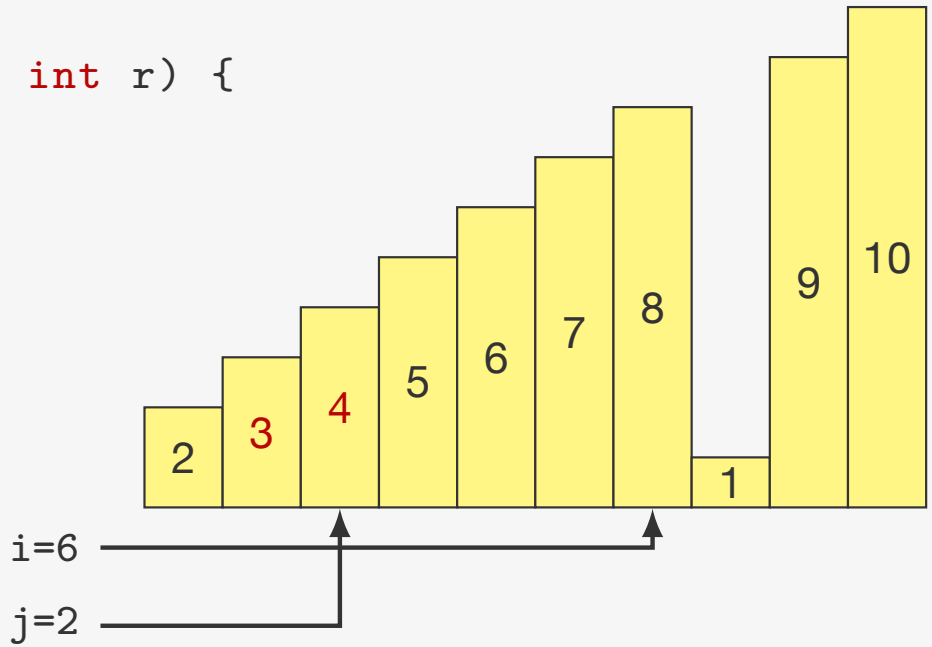


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

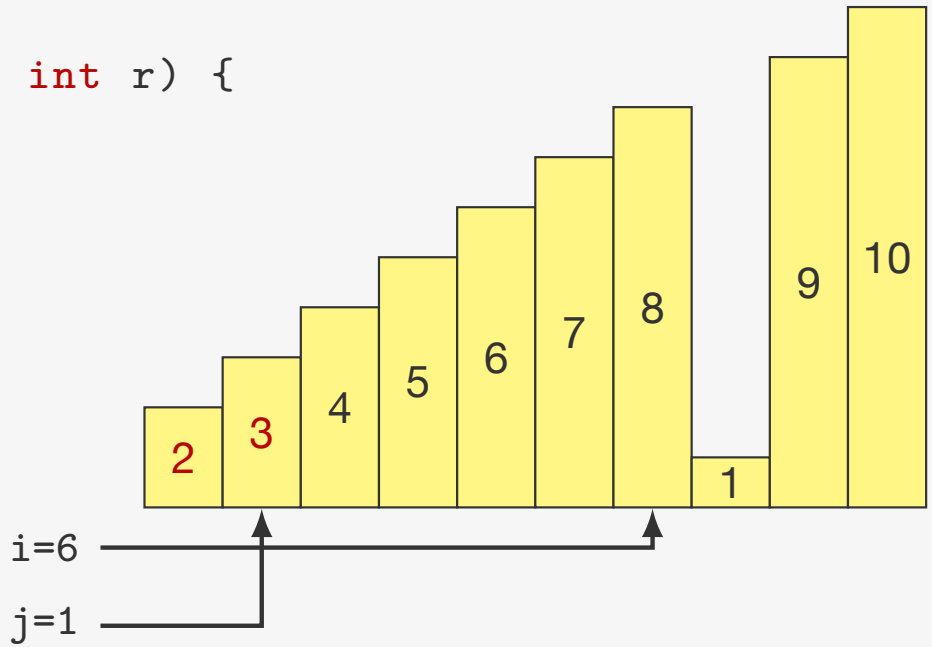


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

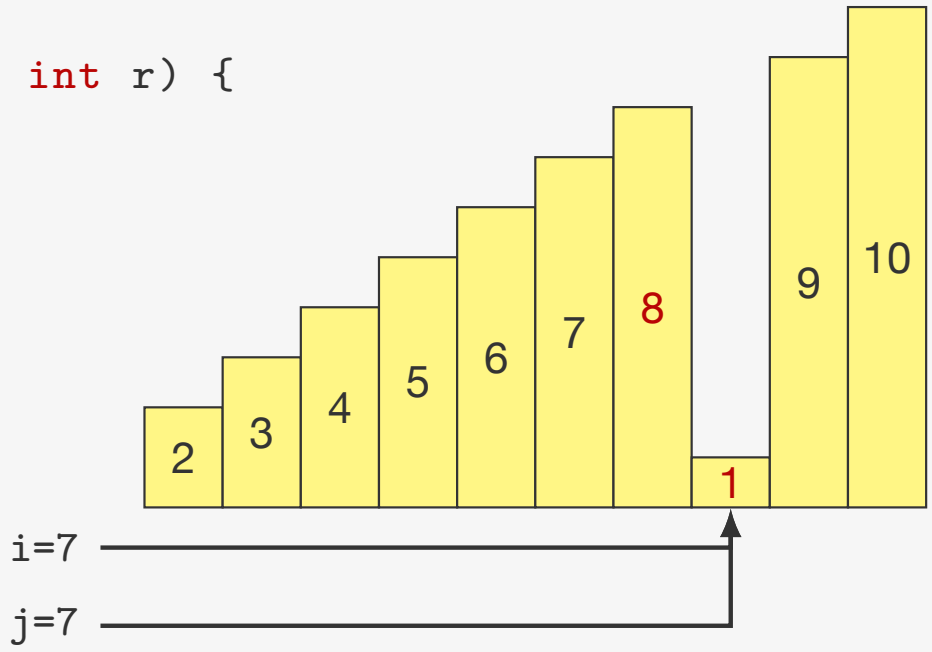


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

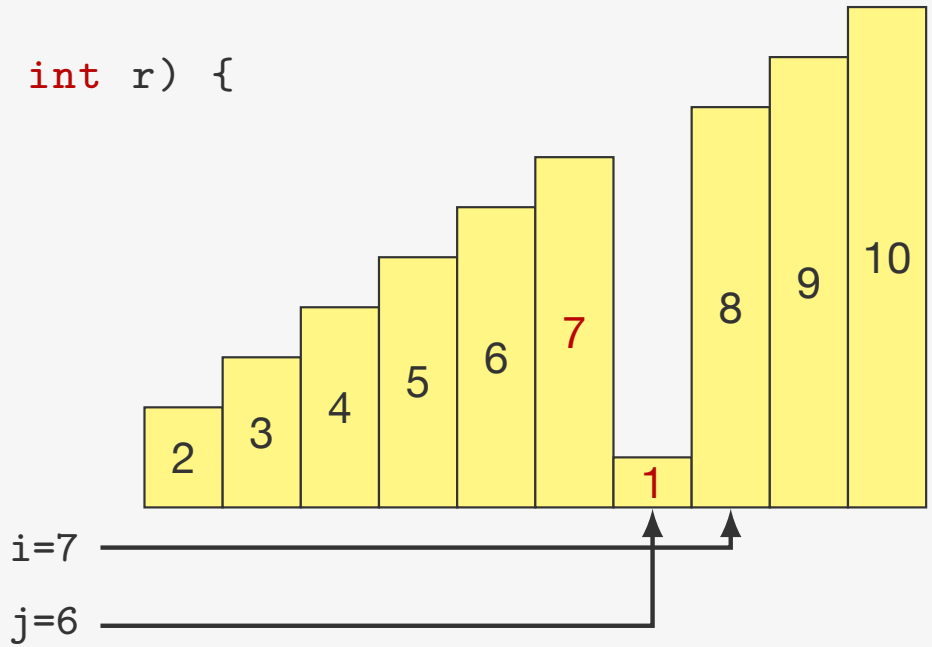


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

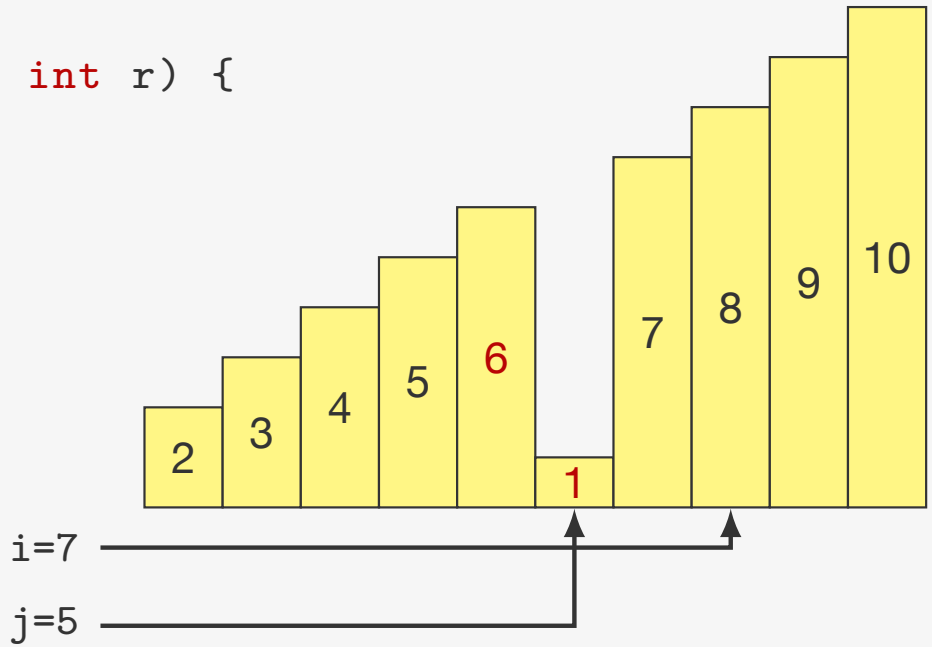


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

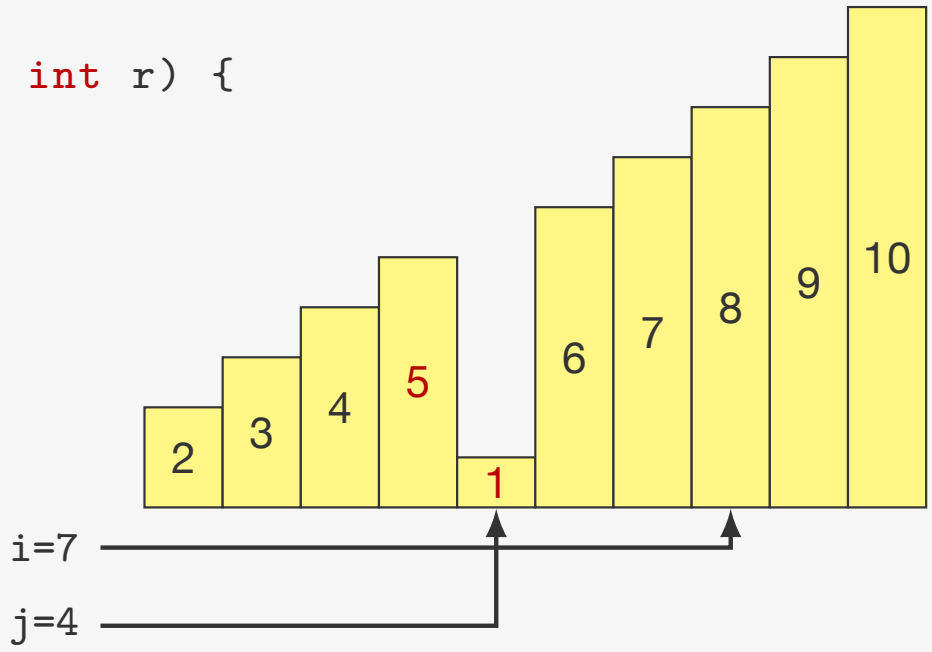


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

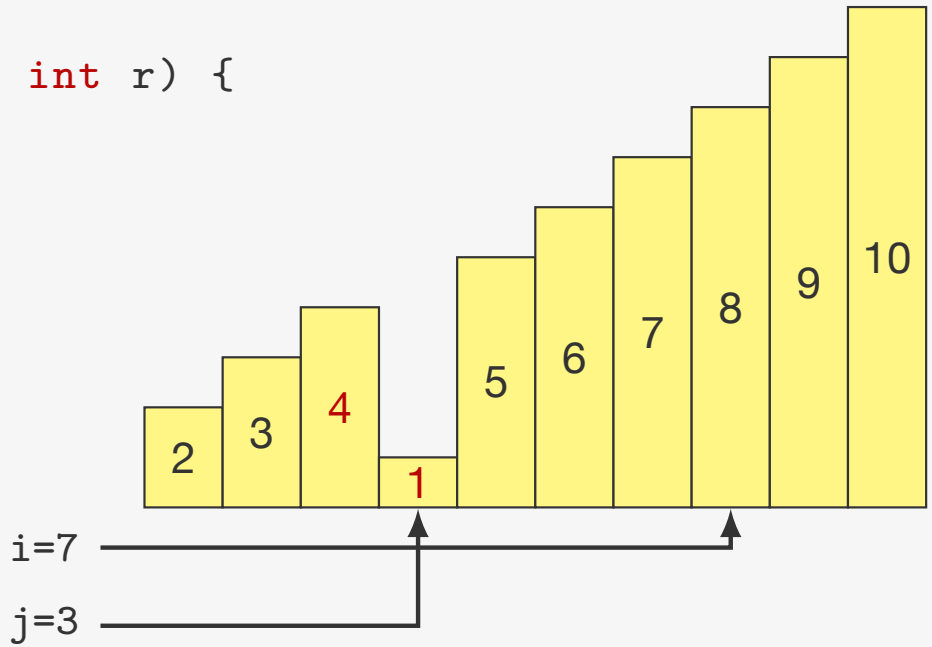


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

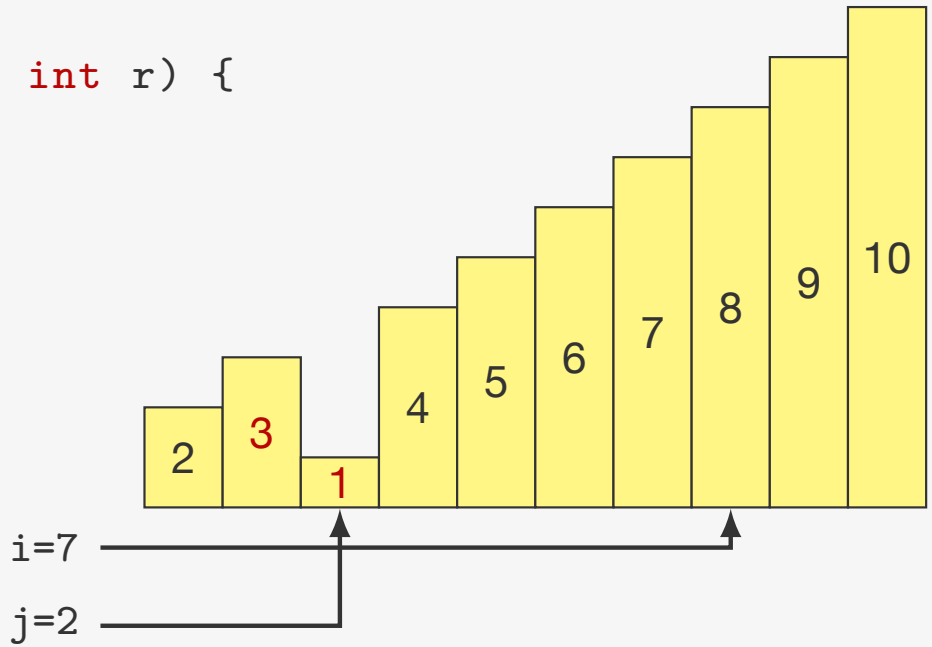


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

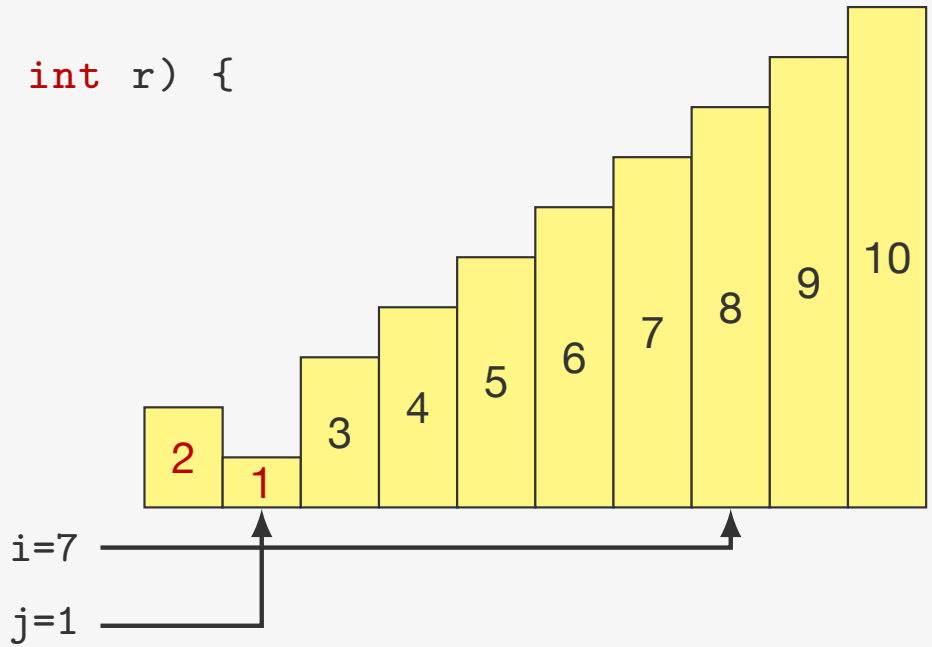


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

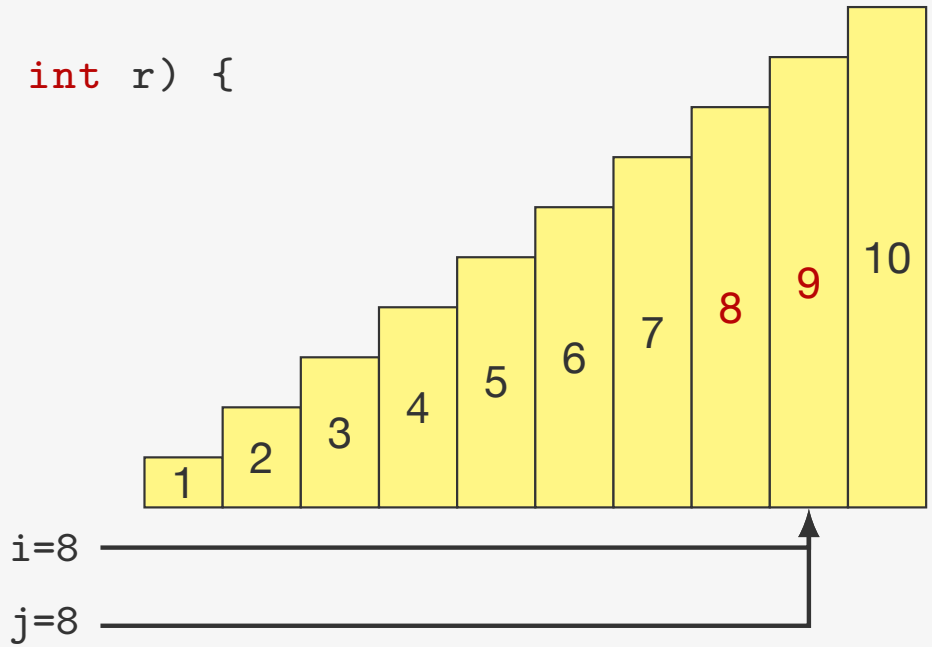


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

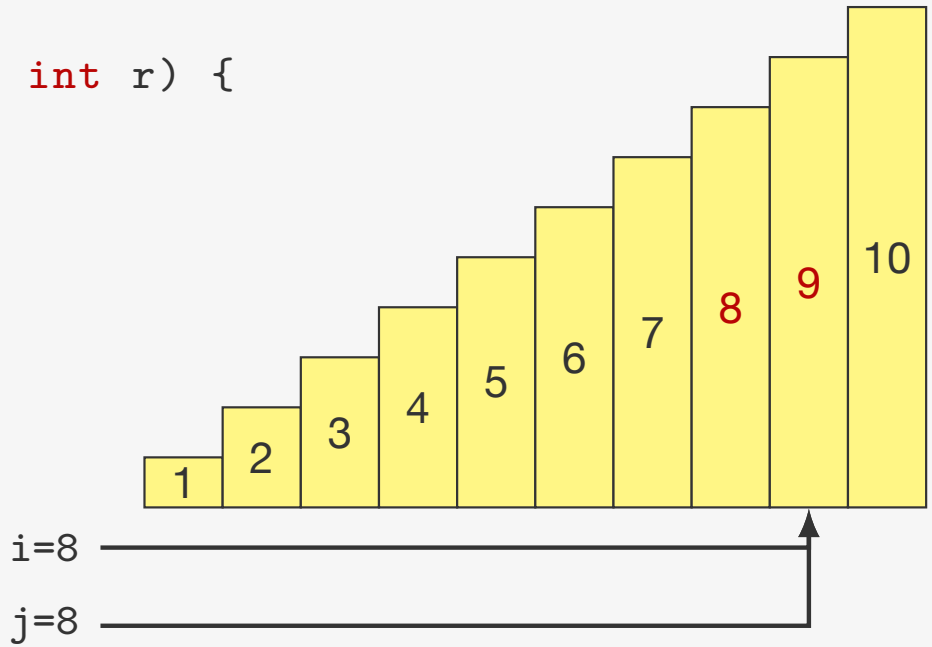


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

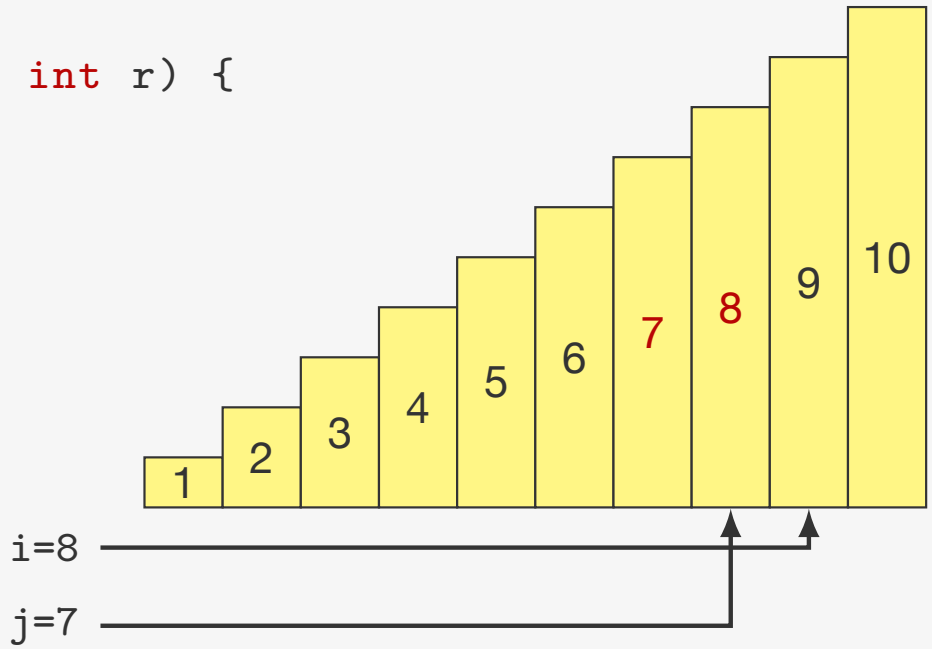


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

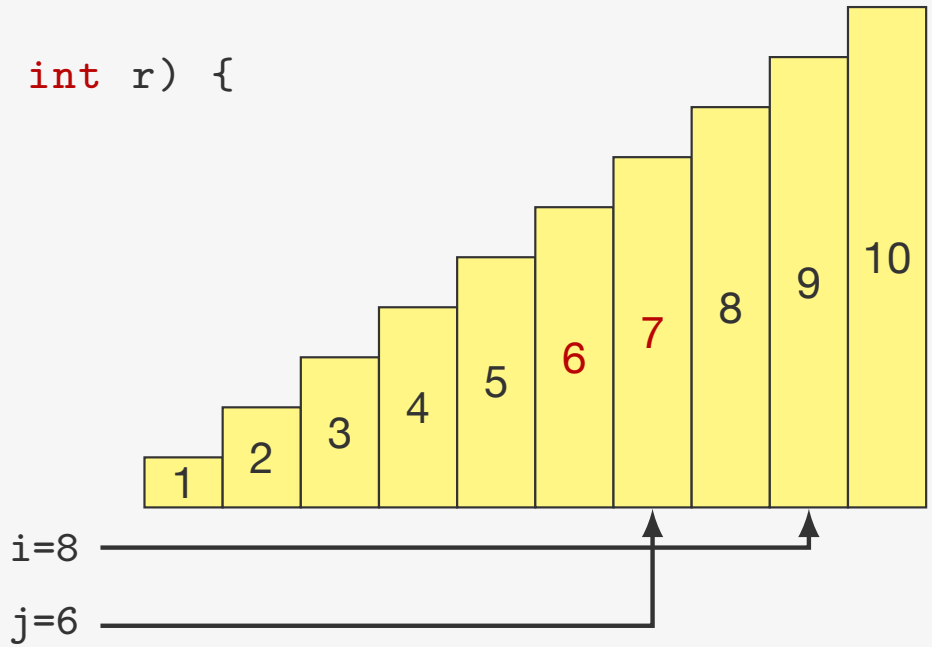


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

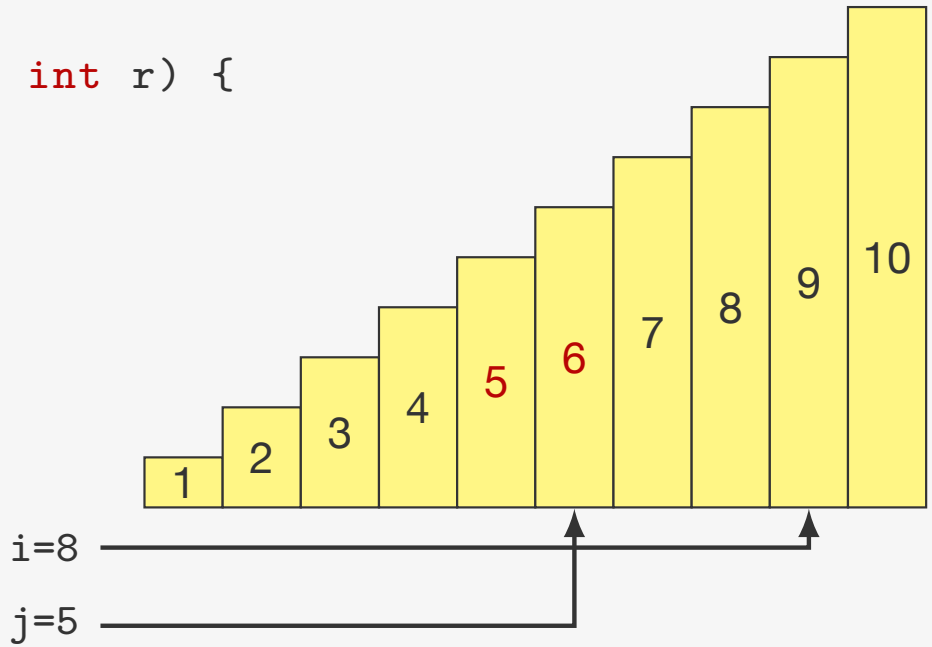


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

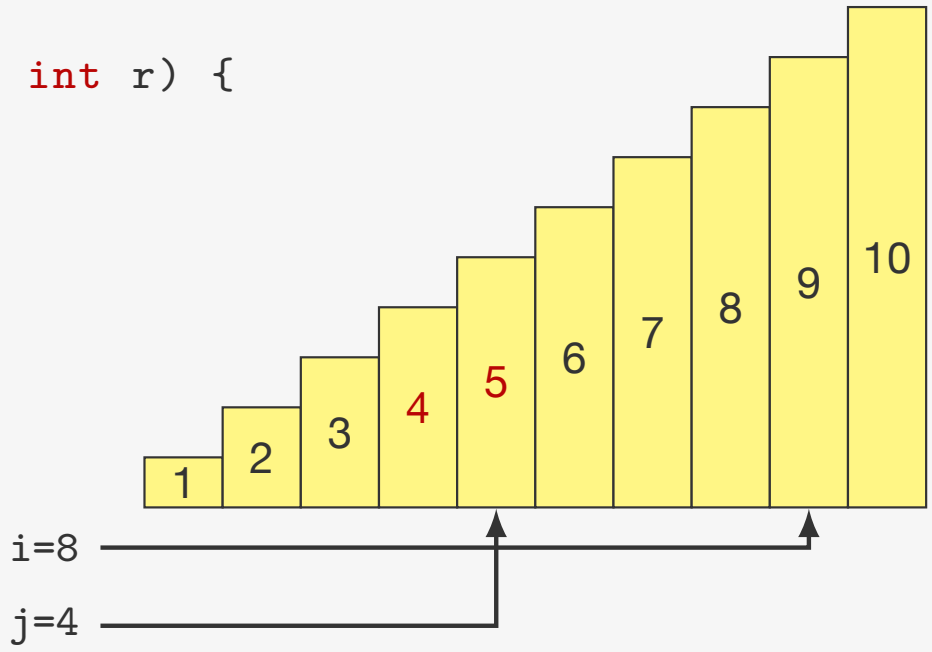


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

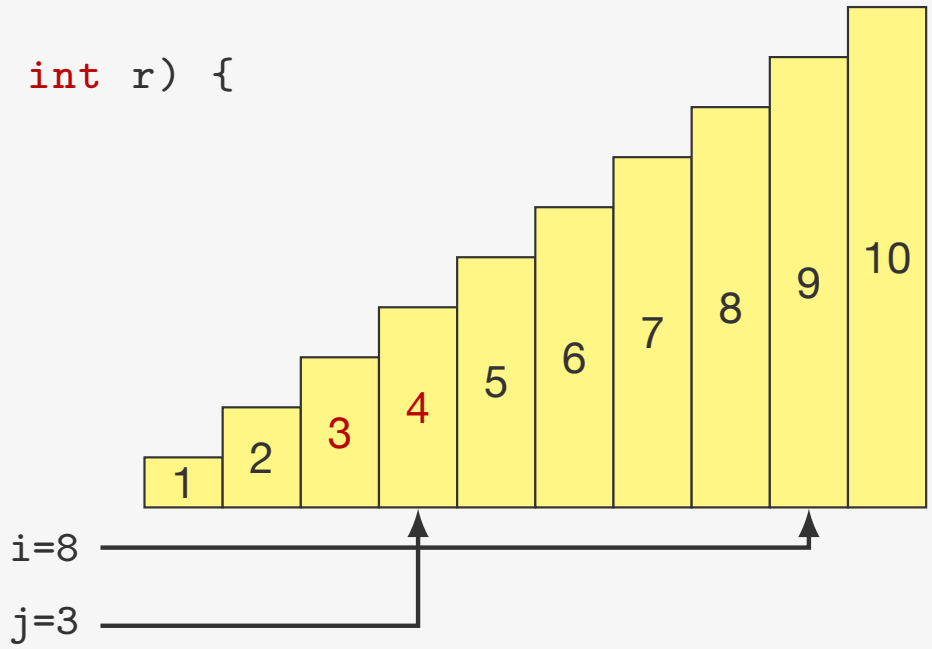


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

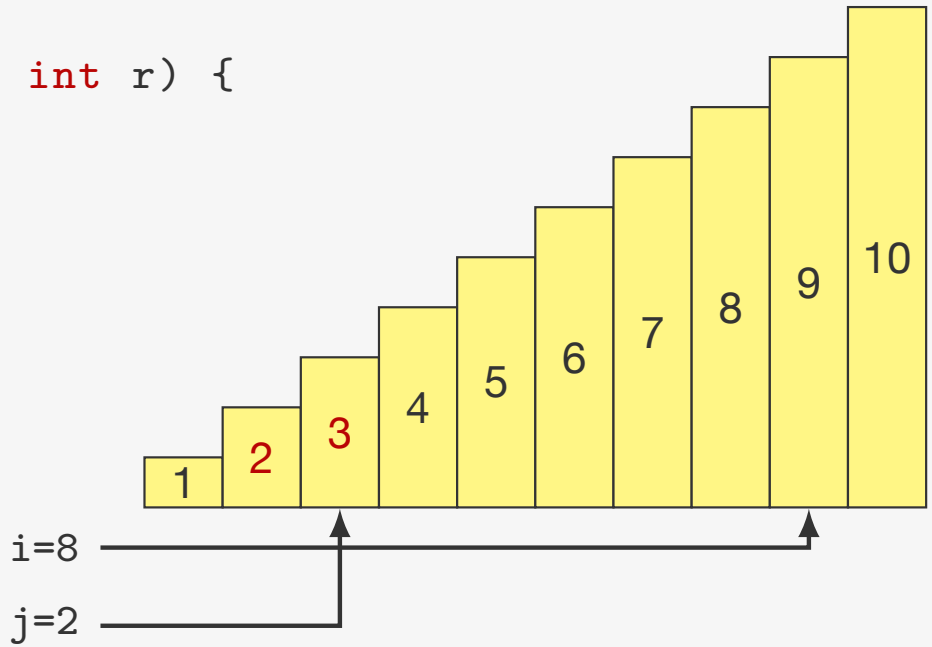


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

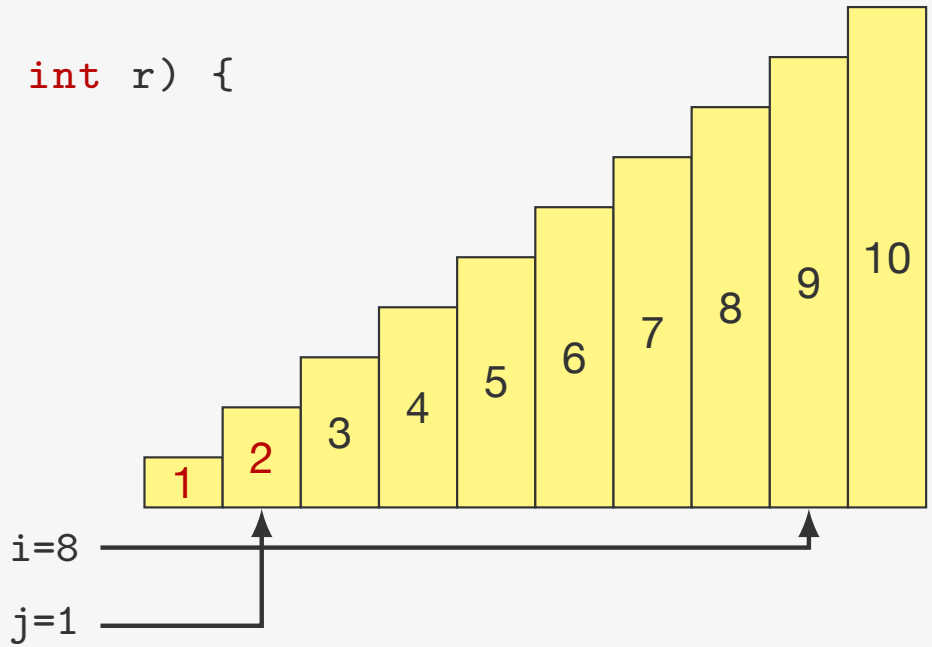


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

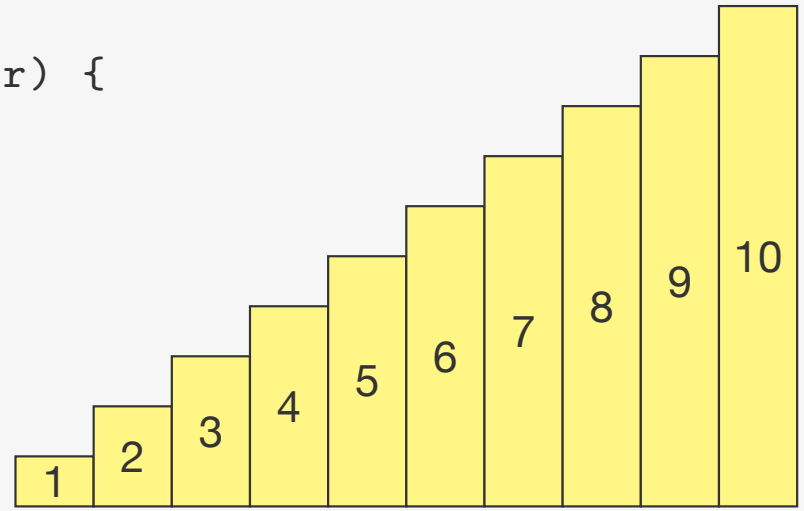


Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos `v[l], v[l+1], ..., v[i-1]` ordenado
- Inserimos `v[i]` na posição correta
  - fazemos algo similar ao BubbleSort
- Ficamos com `v[l], v[l+1], ..., v[i]` ordenado

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```



Ordenação por Inserção - Versão Adaptativa

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

Ordenação por Inserção - Versão Adaptativa

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

Quando o elemento já está na sua posição correta não é necessário mais percorrer o vetor testando se `v[j] < v[j-1]`

Ordenação por Inserção - Versão Adaptativa

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

Quando o elemento já está na sua posição correta não é necessário mais percorrer o vetor testando se `v[j] < v[j-1]`

```
1 void insertionsort_v2(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l && v[j] < v[j-1]; j--)
5       troca(&v[j], &v[j-1]);
6 }
```

Ordenação por Inserção - Versão Adaptativa

```
1 void insertionsort(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l; j--)
5       if (v[j] < v[j-1])
6         troca(&v[j], &v[j-1]);
7 }
```

Quando o elemento já está na sua posição correta não é necessário mais percorrer o vetor testando se `v[j] < v[j-1]`

```
1 void insertionsort_v2(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l && v[j] < v[j-1]; j--)
5       troca(&v[j], &v[j-1]);
6 }
```

O algoritmo se torna adaptativo!

Ordenação por Inserção - Segunda Otimização

```
1 void insertionsort_v2(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l && v[j] < v[j-1]; j--)
5       troca(&v[j], &v[j-1]);
6 }
```

Ordenação por Inserção - Segunda Otimização

```
1 void insertionsort_v2(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l && v[j] < v[j-1]; j--)
5       troca(&v[j], &v[j-1]);
6 }
```

Se trocamos `v[j]` com `v[j-1]` e `v[j-1]` com `v[j-2]`

Ordenação por Inserção - Segunda Otimização

```
1 void insertionsort_v2(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l && v[j] < v[j-1]; j--)
5       troca(&v[j], &v[j-1]);
6 }
```

Se trocamos `v[j]` com `v[j-1]` e `v[j-1]` com `v[j-2]`

- fazemos 3 atribuições para cada troca = 6 atribuições

Ordenação por Inserção - Segunda Otimização

```
1 void insertionsort_v2(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l && v[j] < v[j-1]; j--)
5       troca(&v[j], &v[j-1]);
6 }
```

Se trocamos `v[j]` com `v[j-1]` e `v[j-1]` com `v[j-2]`

- fazemos 3 atribuições para cada troca = 6 atribuições
- é melhor fazer:

  `t = v[j]; v[j] = v[j-1]; v[j-1] = v[j-2]; v[j-2] = t;`

Ordenação por Inserção - Segunda Otimização

```
1 void insertionsort_v2(int *v, int l, int r) {
2   int i, j;
3   for (i = l+1; i <= r; i++)
4     for (j = i; j > l && v[j] < v[j-1]; j--)
5       troca(&v[j], &v[j-1]);
6 }
```

Se trocamos `v[j]` com `v[j-1]` e `v[j-1]` com `v[j-2]`

- fazemos 3 atribuições para cada troca = 6 atribuições
- é melhor fazer:

  `t = v[j]; v[j] = v[j-1]; v[j-1] = v[j-2]; v[j-2] = t;`

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

Ordenação por Inserção - Análise

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

Ordenação por Inserção - Análise

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

No caso pior caso:

Ordenação por Inserção - Análise

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

No caso pior caso:

- comparações: $\approx n^2/2 = \mathrm{O}(n^2)$

Ordenação por Inserção - Análise

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

No caso pior caso:

- comparações: $\approx n^2/2 = \mathrm{O}(n^2)$
- atribuições (ao invés de trocas): $\approx n^2/2 = \mathrm{O}(n^2)$

Ordenação por Inserção - Análise

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

No caso pior caso:

- comparações: $\approx n^2/2 = \mathrm{O}(n^2)$
- atribuições (ao invés de trocas): $\approx n^2/2 = \mathrm{O}(n^2)$

No caso médio é metade disso:

Ordenação por Inserção - Análise

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

No caso pior caso:

- comparações: $\approx n^2/2 = \mathrm{O}(n^2)$
- atribuições (ao invés de trocas): $\approx n^2/2 = \mathrm{O}(n^2)$

No caso médio é metade disso:

- cada elemento anda metade do prefixo do vetor em média

Ordenação por Inserção - Terceira Otimização

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

Ordenação por Inserção - Terceira Otimização

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

Podemos evitar a comparação `j > l` colocando o menor valor na primeira posição (sentinela)

Ordenação por Inserção - Terceira Otimização

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

Podemos evitar a comparação `j > l` colocando o menor valor na primeira posição (sentinela)

```
1 void insertionsort_v4(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = r; i > l; i--)
4     if (v[i] < v[i-1])
5       troca(&v[i], &v[i-1]);
6   for (i = l+2; i <= r; i++) {
7     t = v[i];
8     for (j = i; t < v[j-1]; j--)
9       v[j] = v[j-1];
10    v[j] = t;
11  }
12 }
```

} primeira passada do `bubblesort`

Gráfico de comparação do InsertionSort

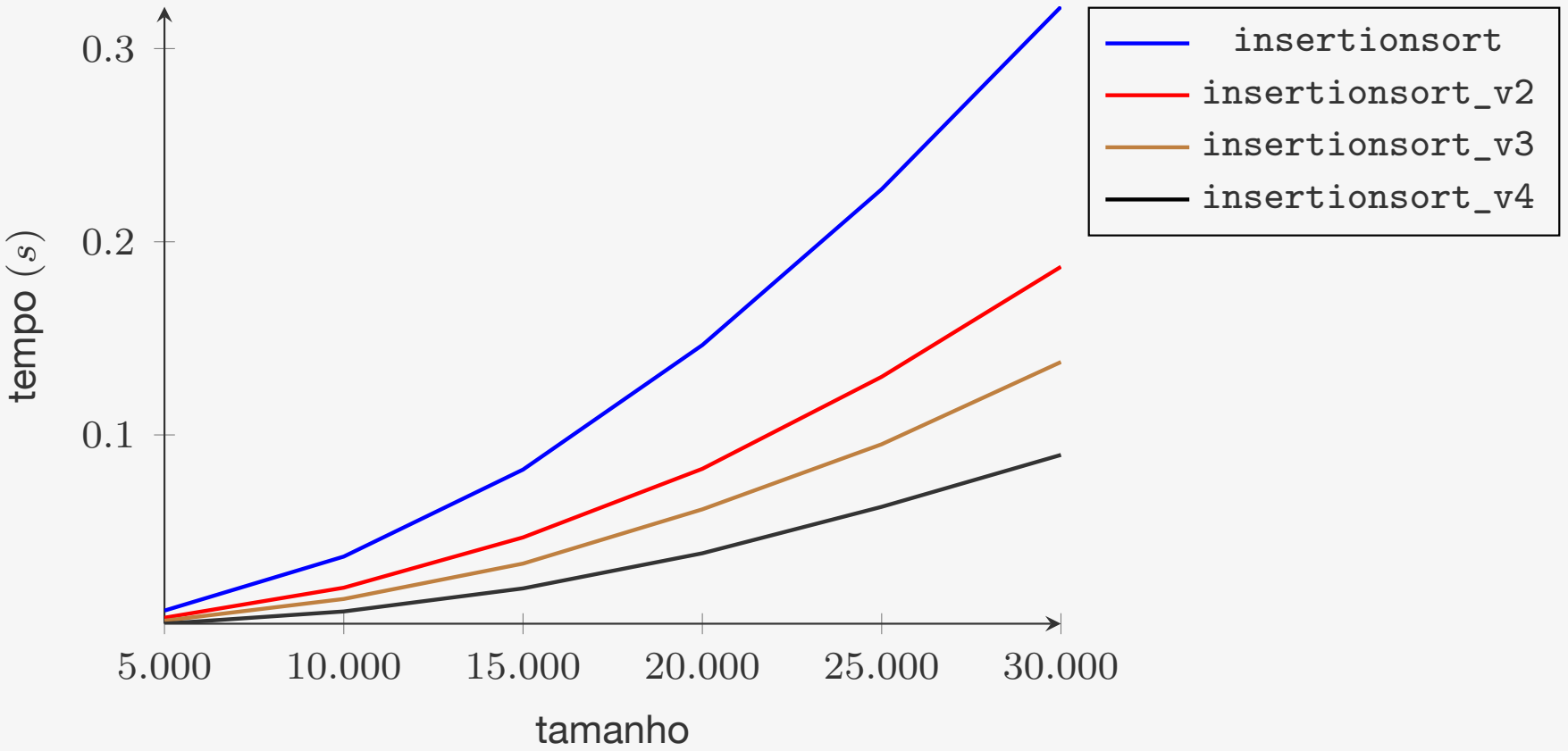
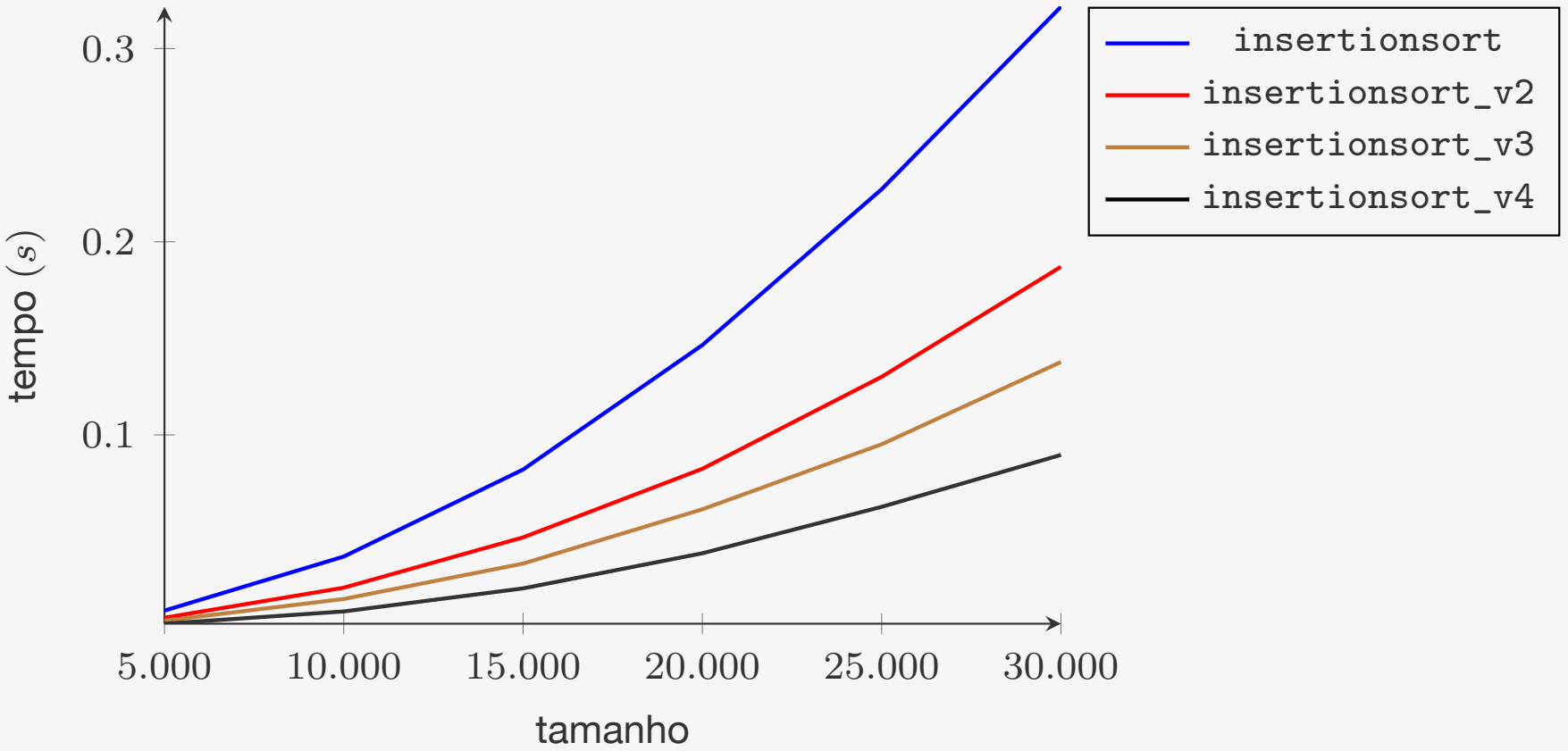
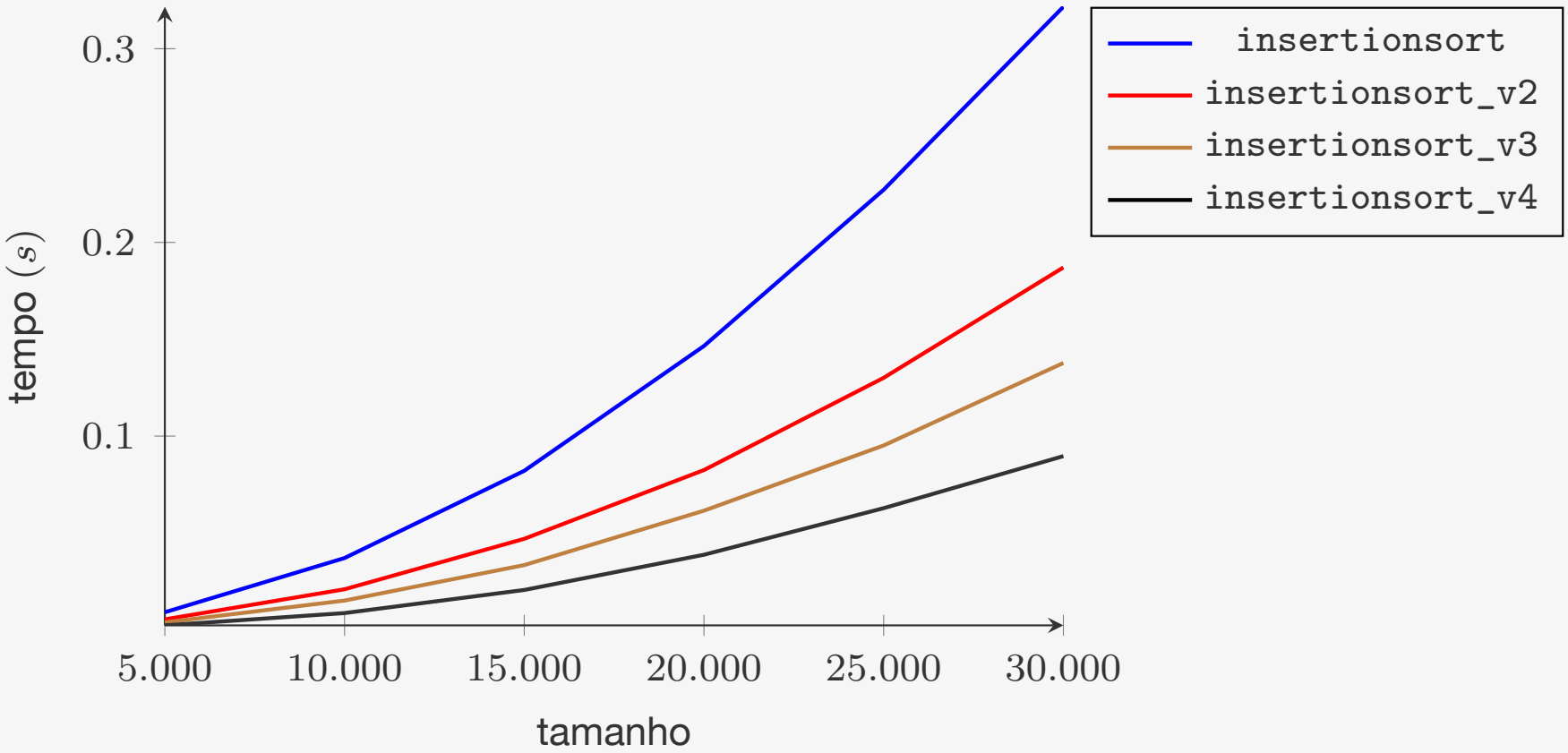


Gráfico de comparação do InsertionSort



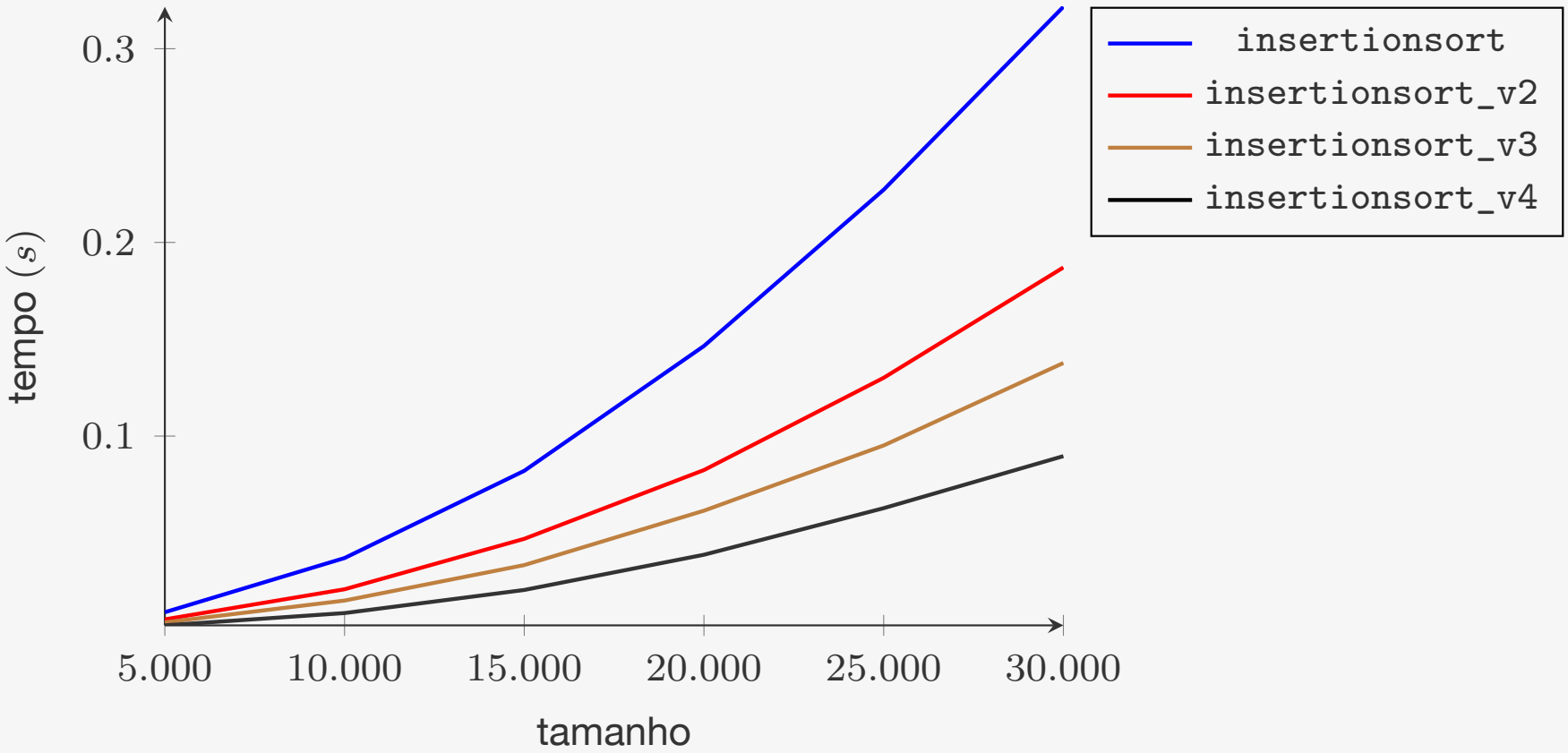
- A complexidade teórica do algoritmo não melhorou

Gráfico de comparação do InsertionSort



- A complexidade teórica do algoritmo não melhorou
  - continua $\mathrm{O}(n^2)$

Gráfico de comparação do InsertionSort



- A complexidade teórica do algoritmo não melhorou
  - continua $\mathrm{O}(n^2)$
- Mas as otimizações levaram a um ganho na performance

Gráfico de comparação do três algoritmos

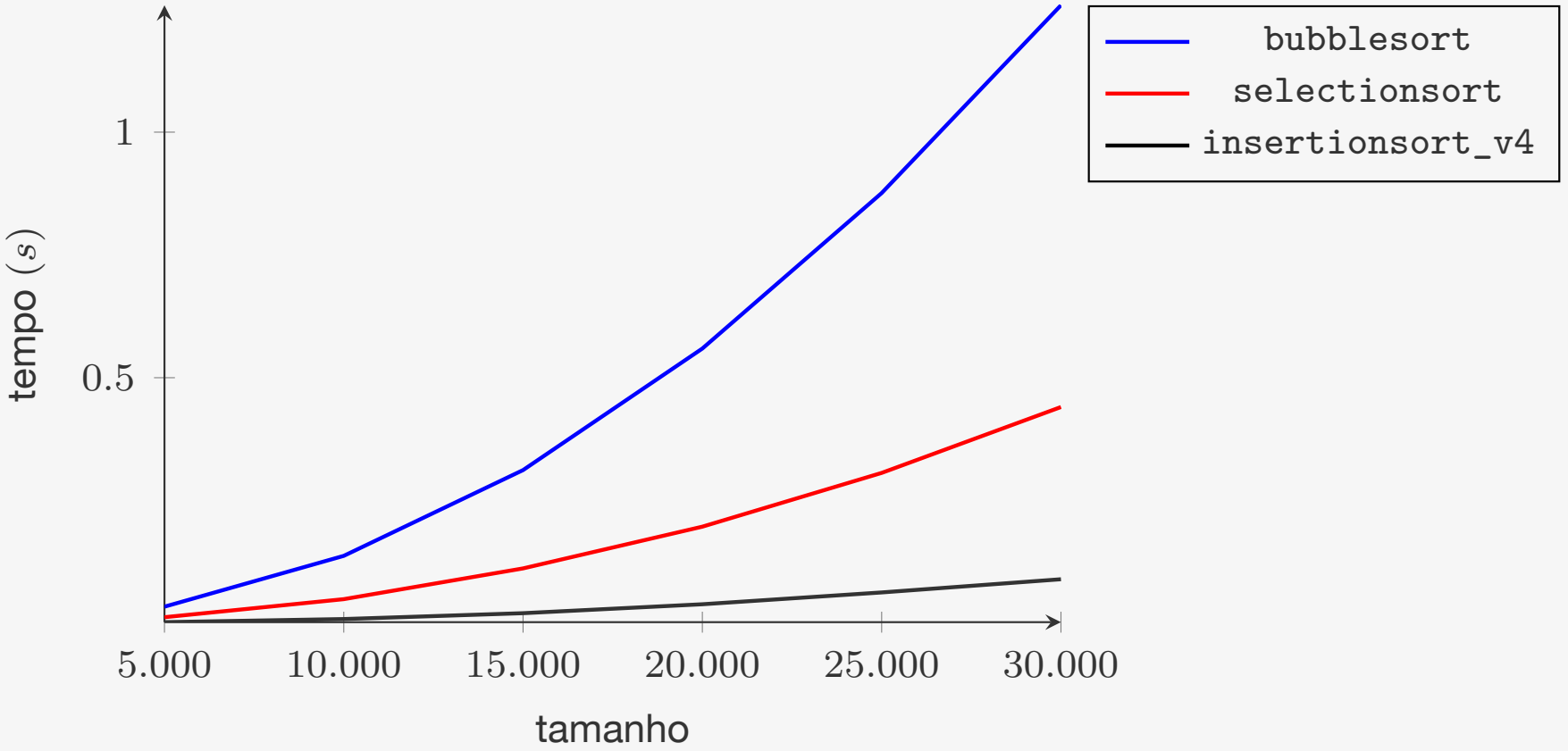
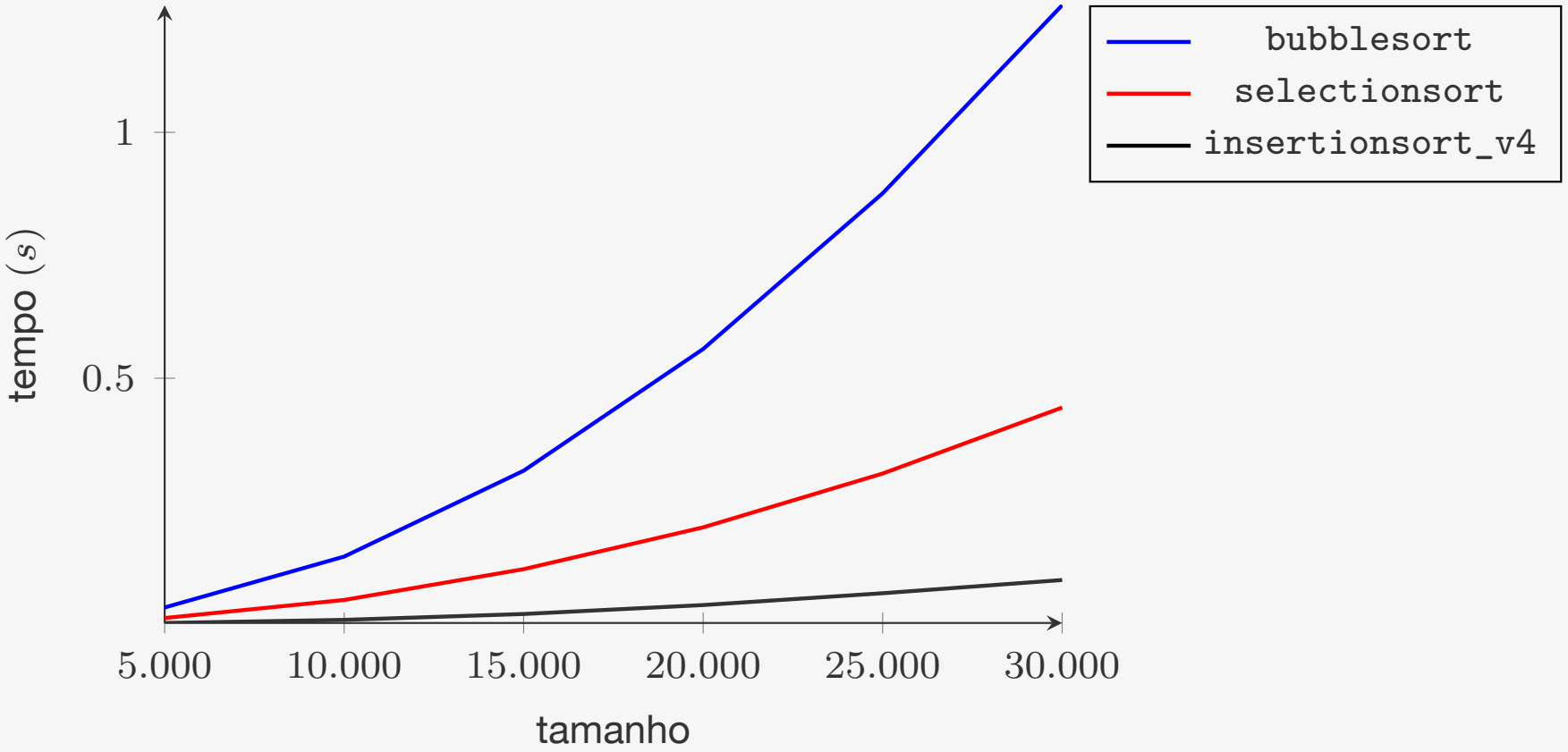
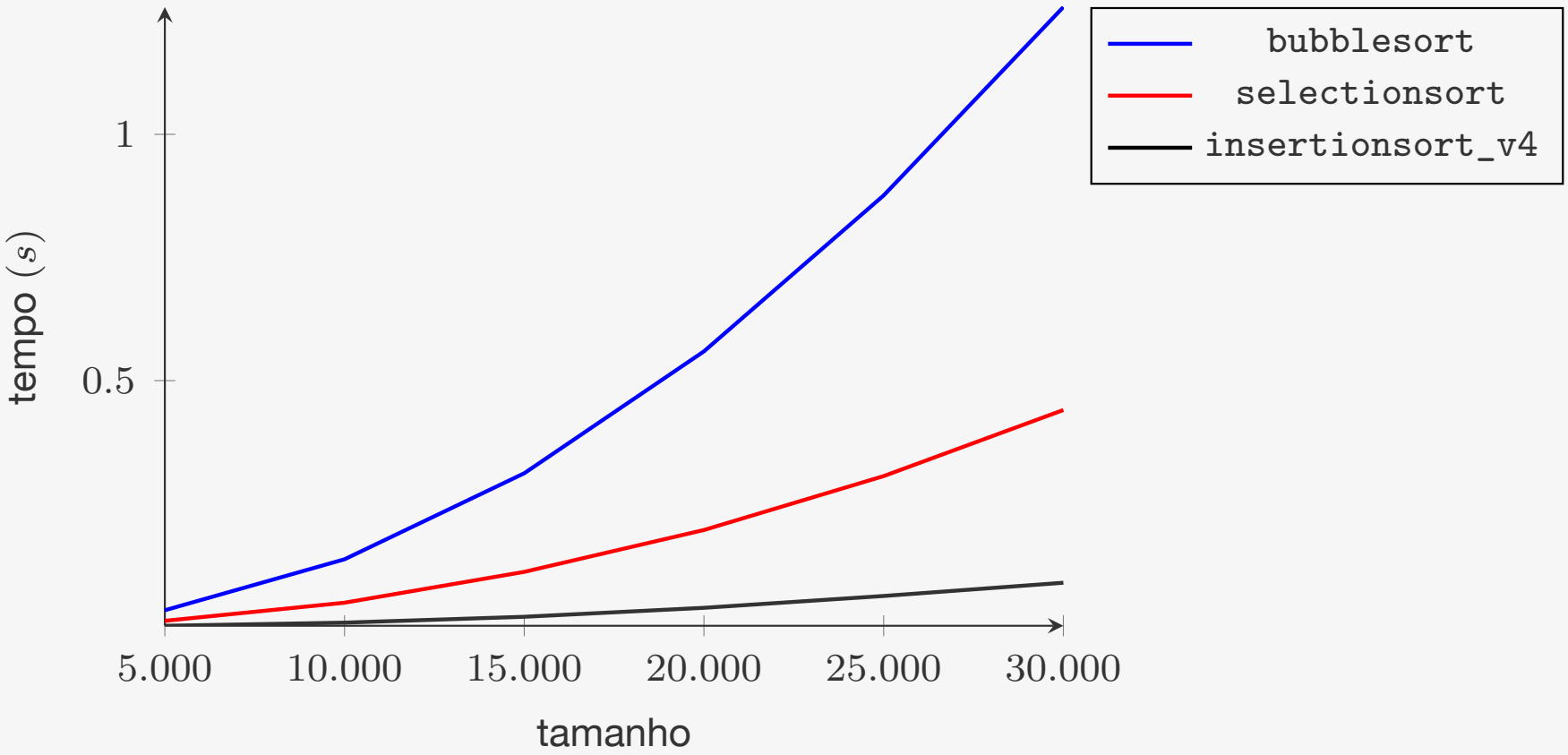


Gráfico de comparação do três algoritmos



- `bubblesort` demora $1{,}258s$ para $n = 30.000$

Gráfico de comparação do três algoritmos



- `bubblesort` demora $1{,}258s$ para $n = 30.000$
- `insertionsort_v4` demora $1{,}248s$ para $n = 110.000$

Conclusão

Vimos três algoritmos:

Conclusão

Vimos três algoritmos:

- `bubblesort`: na pratica é o pior dos três, raramente usado

Conclusão

Vimos três algoritmos:

- `bubblesort`: na pratica é o pior dos três, raramente usado
- `selectionsort`: bom quando comparações são muito mais baratas que trocas

Conclusão

Vimos três algoritmos:

- `bubblesort`: na pratica é o pior dos três, raramente usado
- `selectionsort`: bom quando comparações são muito mais baratas que trocas
- `insertionsort`: o melhor dos três na prática

Conclusão

Vimos três algoritmos:

- `bubblesort`: na pratica é o pior dos três, raramente usado
- `selectionsort`: bom quando comparações são muito mais baratas que trocas
- `insertionsort`: o melhor dos três na prática
  - Vimos várias otimizações do código que melhoraram os resultados empíricos

Conclusão

Vimos três algoritmos:

- `bubblesort`: na pratica é o pior dos três, raramente usado
- `selectionsort`: bom quando comparações são muito mais baratas que trocas
- `insertionsort`: o melhor dos três na prática
  - Vimos várias otimizações do código que melhoraram os resultados empíricos
  - Melhorar o código interno dos laços pode fazer muita diferença

Conclusão

Vimos três algoritmos:

- `bubblesort`: na pratica é o pior dos três, raramente usado
- `selectionsort`: bom quando comparações são muito mais baratas que trocas
- `insertionsort`: o melhor dos três na prática
  - Vimos várias otimizações do código que melhoraram os resultados empíricos
  - Melhorar o código interno dos laços pode fazer muita diferença
  - Durante o curso, não focaremos em otimizações como essas...

Conclusão

Vimos três algoritmos:

- `bubblesort`: na pratica é o pior dos três, raramente usado
- `selectionsort`: bom quando comparações são muito mais baratas que trocas
- `insertionsort`: o melhor dos três na prática
  - Vimos várias otimizações do código que melhoraram os resultados empíricos
  - Melhorar o código interno dos laços pode fazer muita diferença
  - Durante o curso, não focaremos em otimizações como essas...

Mas veremos algoritmos que são melhores assintoticamente

Conclusão

Vimos três algoritmos:

- `bubblesort`: na pratica é o pior dos três, raramente usado
- `selectionsort`: bom quando comparações são muito mais baratas que trocas
- `insertionsort`: o melhor dos três na prática
  - Vimos várias otimizações do código que melhoraram os resultados empíricos
  - Melhorar o código interno dos laços pode fazer muita diferença
  - Durante o curso, não focaremos em otimizações como essas...

Mas veremos algoritmos que são melhores assintoticamente

- Na próxima unidade, veremos um algoritmo $\mathrm{O}(n \lg n)$

Conclusão

Vimos três algoritmos:

- `bubblesort`: na pratica é o pior dos três, raramente usado
- `selectionsort`: bom quando comparações são muito mais baratas que trocas
- `insertionsort`: o melhor dos três na prática
  - Vimos várias otimizações do código que melhoraram os resultados empíricos
  - Melhorar o código interno dos laços pode fazer muita diferença
  - Durante o curso, não focaremos em otimizações como essas...

Mas veremos algoritmos que são melhores assintoticamente

- Na próxima unidade, veremos um algoritmo $\mathrm{O}(n \lg n)$
- Melhor que qualquer algoritmo $\mathrm{O}(n^2)$

Conclusão

Vimos três algoritmos:

- `bubblesort`: na pratica é o pior dos três, raramente usado
- `selectionsort`: bom quando comparações são muito mais baratas que trocas
- `insertionsort`: o melhor dos três na prática
  - Vimos várias otimizações do código que melhoraram os resultados empíricos
  - Melhorar o código interno dos laços pode fazer muita diferença
  - Durante o curso, não focaremos em otimizações como essas...

Mas veremos algoritmos que são melhores assintoticamente

- Na próxima unidade, veremos um algoritmo $\mathrm{O}(n \lg n)$
- Melhor que qualquer algoritmo $\mathrm{O}(n^2)$
  - Mesmo na versão mais otimizada

Exercício

```
1  void bubblesort_v2(int *v, int l, int r) {
2    int i, j, trocou = 1;
3    for (i = l; i < r && trocou; i++){
4      trocou = 0;
5      for (j = r; j > i; j--)
6        if (v[j] < v[j-1]) {
7          troca(&v[j-1], &v[j]);
8          trocou = 1;
9        }
10   }
11 }
```

Quando ocorre o pior caso do `bubblesort_v2`?

Quando ocorre o melhor caso do `bubblesort_v2`?

- Quantas comparações são feitas no melhor caso?
- Quantas trocas são feitas no melhor caso?

Exercício

```
1 void insertionsort_v3(int *v, int l, int r) {
2   int i, j, t;
3   for (i = l+1; i <= r; i++) {
4     t = v[i];
5     for (j = i; j > l && t < v[j-1]; j--)
6       v[j] = v[j-1];
7     v[j] = t;
8   }
9 }
```

Quando ocorre o pior caso do `insertionsort_v3`?

Quando ocorre o melhor caso do `insertionsort_v3`?

- Quantas comparações são feitas no melhor caso?
- Quantas atribuições são feitas no melhor caso?