

Ordenação: algoritmos elementares

Estrutura de Dados — QXD0010



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS QUIXADÁ

Prof. Atílio Gomes Luiz
gomes.atilio@ufc.br

Universidade Federal do Ceará

2º semestre/2023



Introdução

- Colocar um vetor numérico em ordem crescente ou decrescente é o primeiro passo na solução de muitos problemas práticos.
- Um vetor pode ser ordenado de muitas maneiras diferentes: algumas elementares, outras mais sofisticadas e eficientes.

- Colocar um vetor numérico em ordem crescente ou decrescente é o primeiro passo na solução de muitos problemas práticos.
- Um vetor pode ser ordenado de muitas maneiras diferentes: algumas elementares, outras mais sofisticadas e eficientes.
- Pode-se usar basicamente duas estratégias para ordenar os dados:
 - (1) inserir os dados na estrutura respeitando sua ordem.
 - (2) a partir de um conjunto de dados já criado, aplicar um algoritmo para ordenar seus elementos.

Ordenação

O problema da ordenação de um vetor consiste em:

- rearranjar os elementos de um vetor $A[0 \dots n - 1]$ de tal modo que ele se torne **crescente**, ou seja, de modo que $A[0] \leq \dots \leq A[n - 1]$.

3	7	1	6	5	2	4	0	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ordenação

O problema da ordenação de um vetor consiste em:

- rearranjar os elementos de um vetor $A[0 \dots n - 1]$ de tal modo que ele se torne **crescente**, ou seja, de modo que $A[0] \leq \dots \leq A[n - 1]$.


3	7	1	6	5	2	4	0	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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



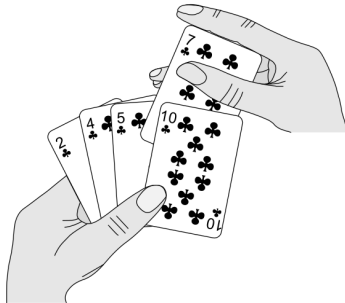
InsertionSort



Ordenação por Inserção

Ideia:

- Se já temos $v[0], v[1], \dots, v[i-1]$ ordenado, então, percorremos o subvetor $v[0..i-1]$ e inserimos $v[i]$ na posição correta



Retirado do livro do Cormen.

Ordenação por Inserção

Algoritmo

```
1 void insertionSort(int A[], int n) {  
2     for (int j = 1; j < n; j++) {  
3         int key = A[j];  
4         int i = j-1;  
5         while(i >= 0 && A[i] > key) {  
6             A[i+1] = A[i];  
7             i--;  
8         }  
9         A[i+1] = key;  
10    }  
11 }
```

Testar com o vetor: [4, 8, 2, 7, 6, 3, 5, 1, 9, 10]

InsertionSort - Complexidade do algoritmo

```
1 void insertionSort(int A[], int n) {
2     for (int j = 1; j < n; j++) {
3         int key = A[j];
4         int i = j-1;
5         while(i >= 0 && A[i] > key) {
6             A[i+1] = A[i];
7             i--;
8         }
9         A[i+1] = key;
10    }
11 }
```

InsertionSort - Complexidade do algoritmo

```
1 void insertionSort(int A[], int n) {  
2     for (int j = 1; j < n; j++) {  
3         int key = A[j];  
4         int i = j-1;  
5         while(i >= 0 && A[i] > key) {  
6             A[i+1] = A[i];  
7             i--;  
8         }  
9         A[i+1] = key;  
10    }  
11 }
```

- O consumo de tempo do insertionSort é proporcional ao número de execuções da comparação $A[i] > key$.

InsertionSort - Complexidade do algoritmo

```
1 void insertionSort(int A[], int n) {  
2     for (int j = 1; j < n; j++) {  
3         int key = A[j];  
4         int i = j-1;  
5         while(i >= 0 && A[i] > key) {  
6             A[i+1] = A[i];  
7             i--;  
8         }  
9         A[i+1] = key;  
10    }  
11 }
```

- O consumo de tempo do insertionSort é proporcional ao número de execuções da comparação $A[i] > key$.
- Para cada j , a variável i assume no máximo j valores: $j - 1, j - 2, \dots, 0$.

InsertionSort - Complexidade do algoritmo

```
1 void insertionSort(int A[], int n) {  
2     for (int j = 1; j < n; j++) {  
3         int key = A[j];  
4         int i = j-1;  
5         while(i >= 0 && A[i] > key) {  
6             A[i+1] = A[i];  
7             i--;  
8         }  
9         A[i+1] = key;  
10    }  
11 }
```

- O consumo de tempo do `insertionSort` é proporcional ao número de execuções da comparação $A[i] > key$.
- Para cada j , a variável i assume no máximo j valores: $j - 1, j - 2, \dots, 0$.
- Como $1 \leq j \leq n - 1$, o número de execuções da linha 5 é igual a $\sum_{j=1}^{n-1} j$ no pior caso.

InsertionSort - Complexidade do algoritmo

```
1 void insertionSort(int A[], int n) {  
2     for (int j = 1; j < n; j++) {  
3         int key = A[j];  
4         int i = j-1;  
5         while(i >= 0 && A[i] > key) {  
6             A[i+1] = A[i];  
7             i--;  
8         }  
9         A[i+1] = key;  
10    }  
11 }
```

- O consumo de tempo do `insertionSort` é proporcional ao número de execuções da comparação $A[i] > key$.
- Para cada j , a variável i assume no máximo j valores: $j - 1, j - 2, \dots, 0$.
- Como $1 \leq j \leq n - 1$, o número de execuções da linha 5 é igual a $\sum_{j=1}^{n-1} j$ no pior caso.
- Essa soma é igual a $n(n - 1)/2 = O(n^2)$.



SelectionSort



Ordenação por Seleção

Ideia:

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

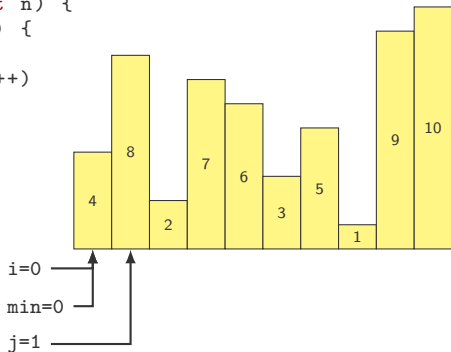
```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2   for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3     int indexMin = i;  
4     for (int j = i+1; j < n; j++)  
5       if(A[j] < A[indexMin])  
6         indexMin = j;  
7     int aux = A[i];  
8     A[i] = A[indexMin];  
9     A[indexMin] = aux;  
10  }  
11 }
```

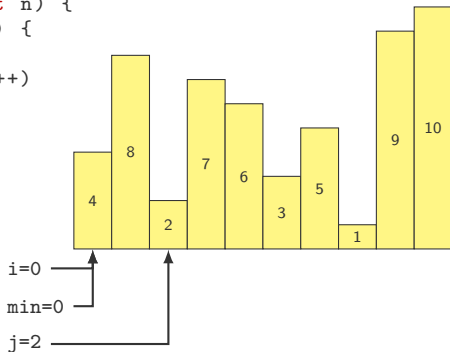


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

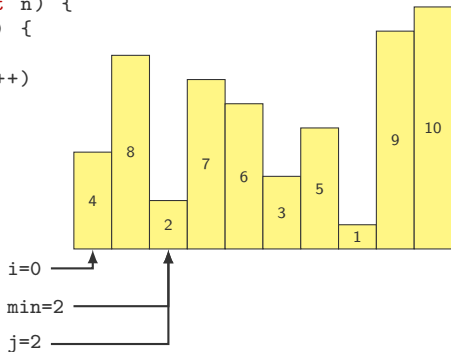


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

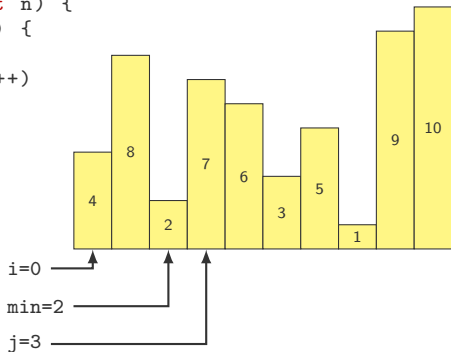


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

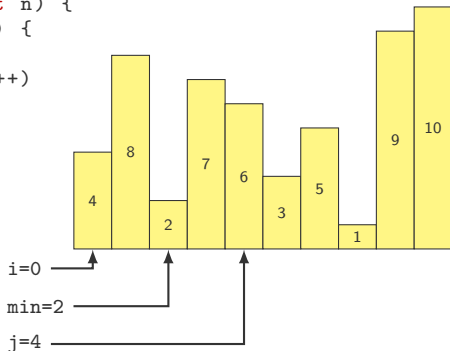


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```



Ordenação por Seleção

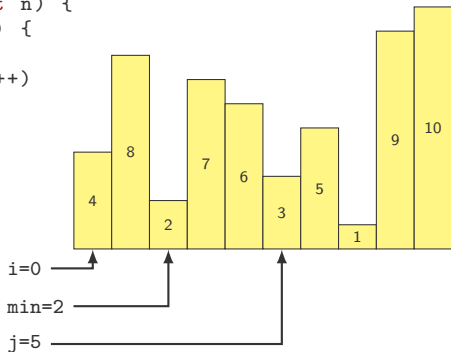
Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```

1 void selectionSort(int A[], int n) {
2   for (int i = 0; i < n-1; i++) {
3     int indexMin = i;
4     for (int j = i+1; j < n; j++)
5       if (A[j] < A[indexMin])
6         indexMin = j;
7     int aux = A[i];
8     A[i] = A[indexMin];
9     A[indexMin] = aux;
10  }
11 }

```

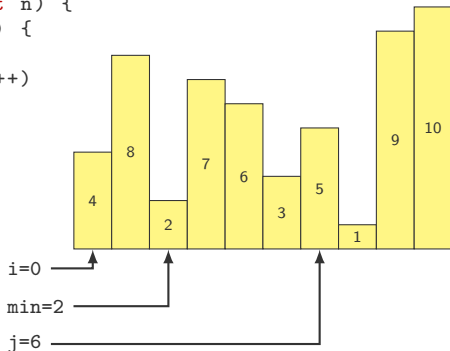


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

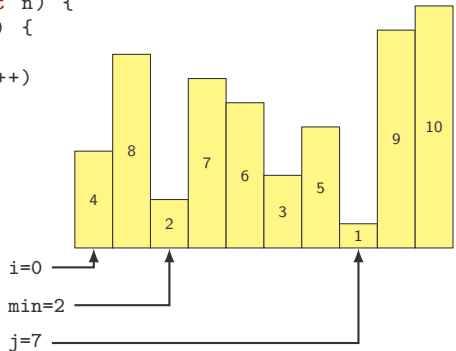


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

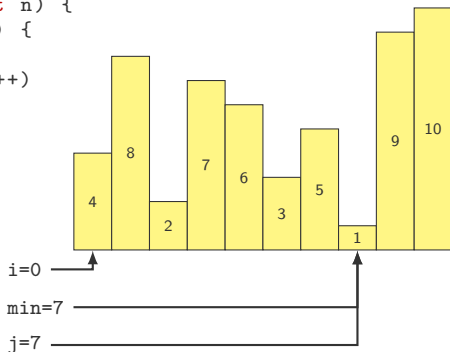


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

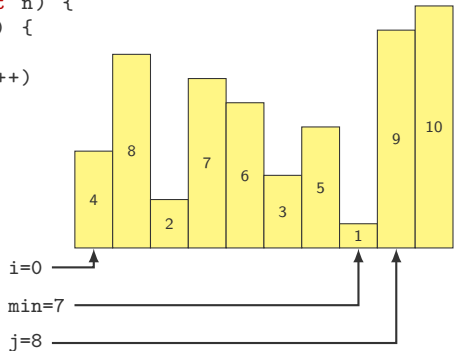


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

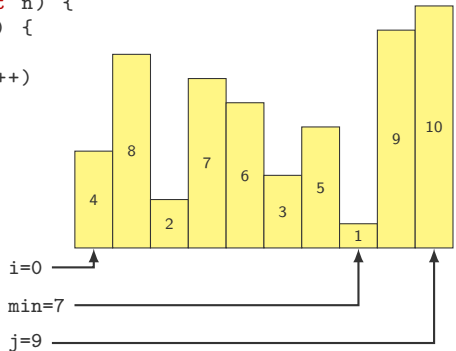


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

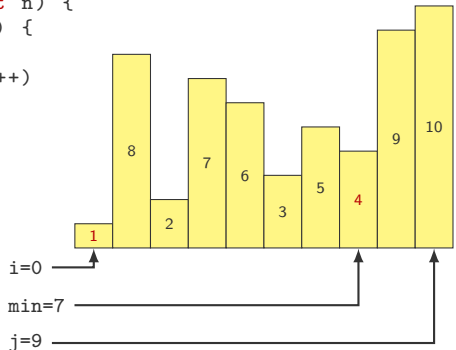


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

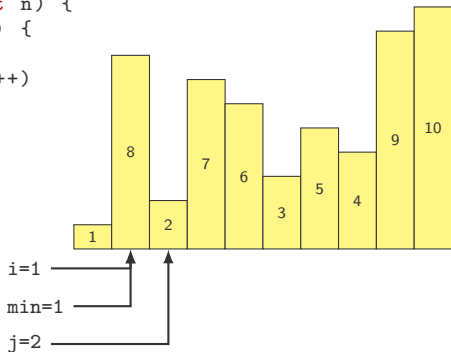


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

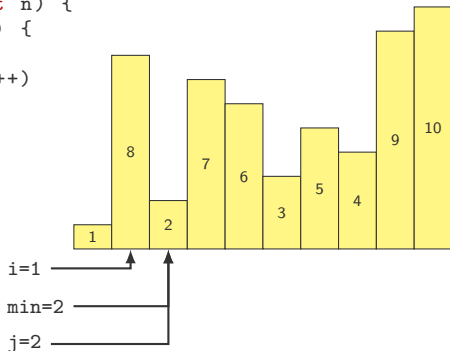


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

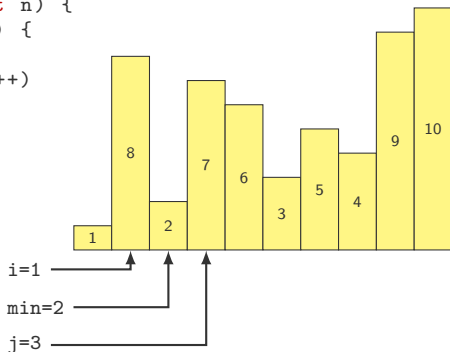


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```



Ordenação por Seleção

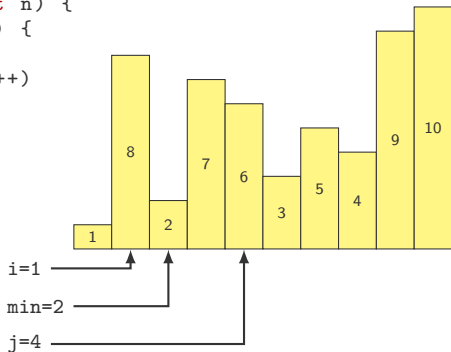
Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```

1 void selectionSort(int A[], int n) {
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {
3         int indexMin = i;
4         for (int j = i+1; j < n; j++)
5             if(A[j] < A[indexMin])
6                 indexMin = j;
7         int aux = A[i];
8         A[i] = A[indexMin];
9         A[indexMin] = aux;
10    }
11 }

```

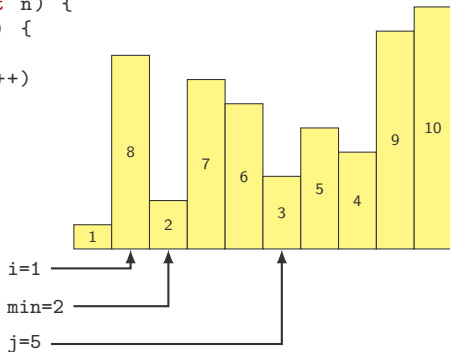


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

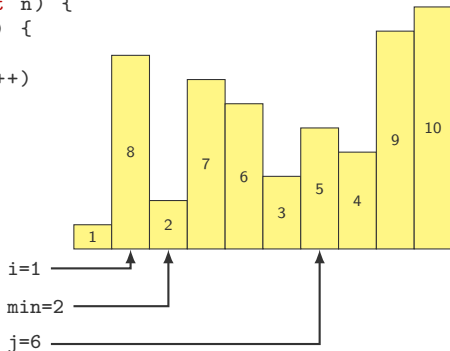


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```



Ordenação por Seleção

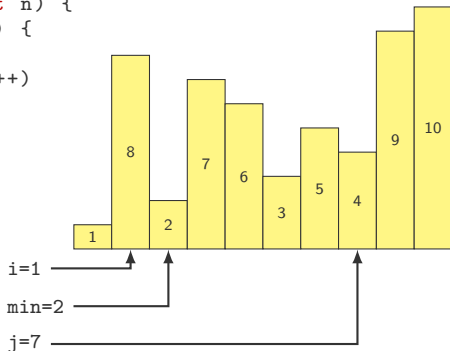
Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```

1 void selectionSort(int A[], int n) {
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {
3         int indexMin = i;
4         for (int j = i+1; j < n; j++)
5             if(A[j] < A[indexMin])
6                 indexMin = j;
7         int aux = A[i];
8         A[i] = A[indexMin];
9         A[indexMin] = aux;
10    }
11 }

```

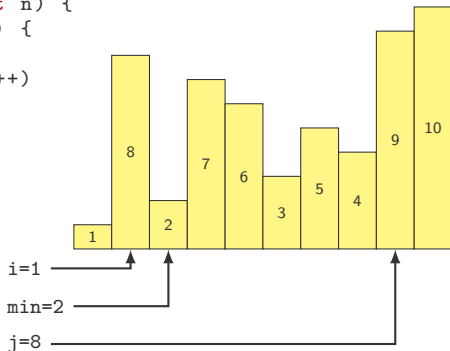


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

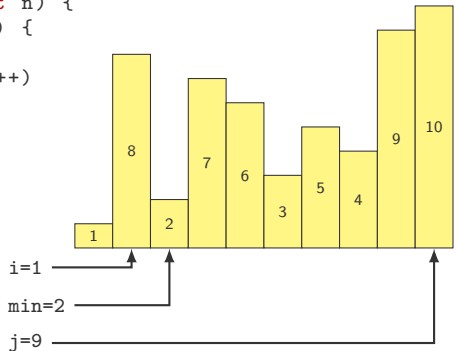


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

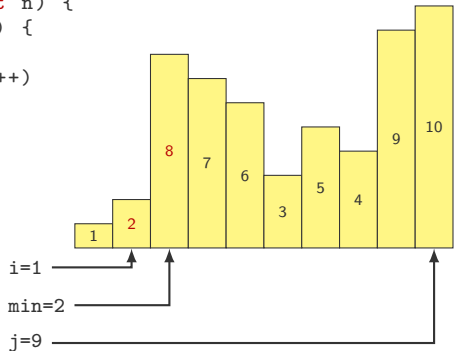


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

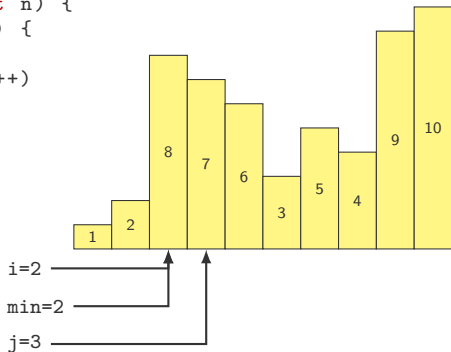


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

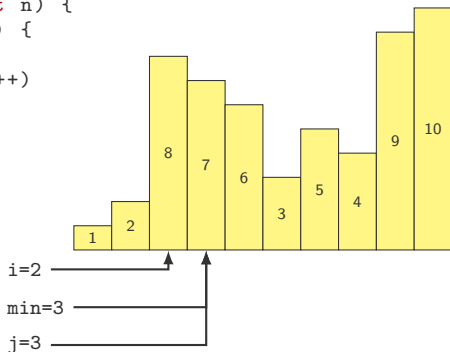


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

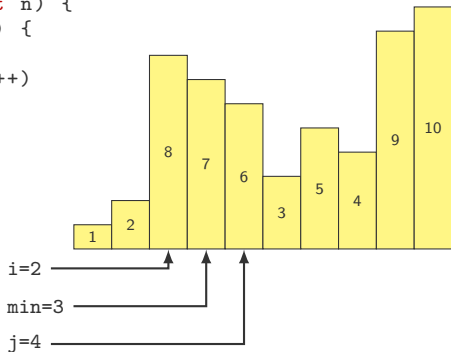


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

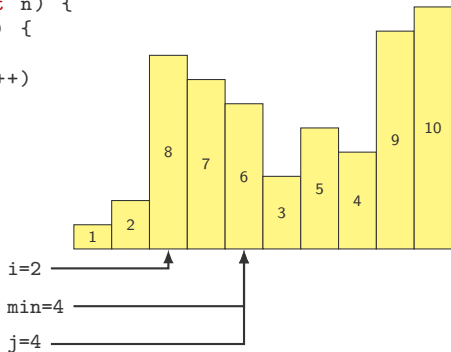


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

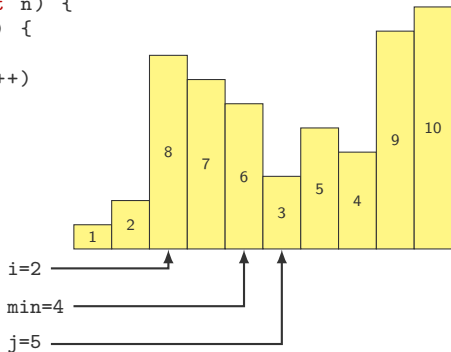


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

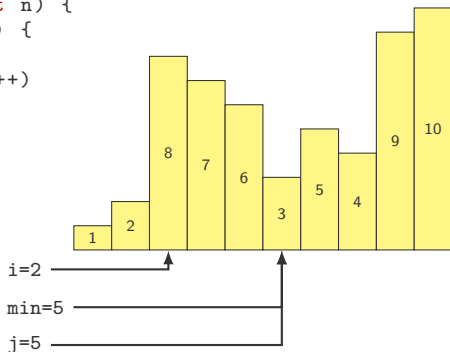


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

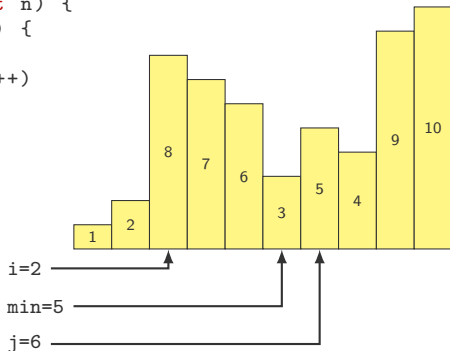


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

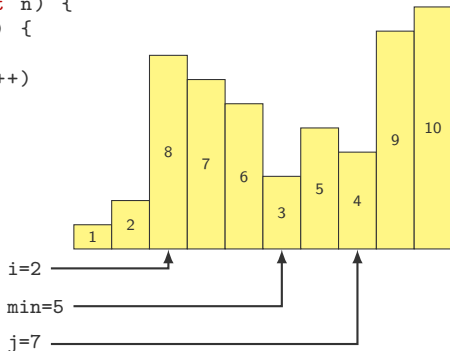


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

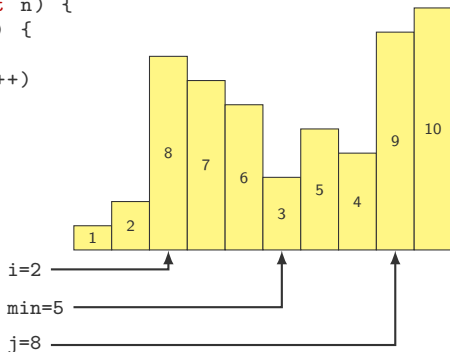


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

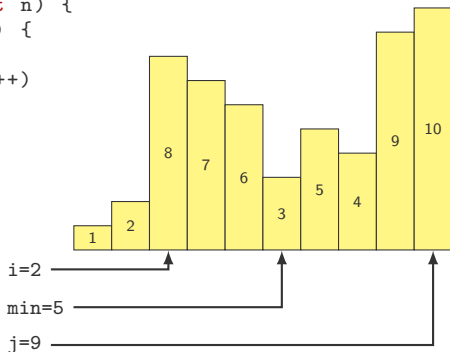


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

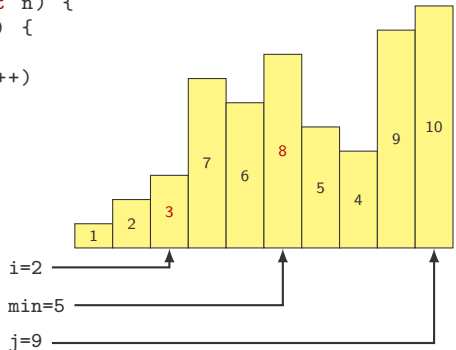


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

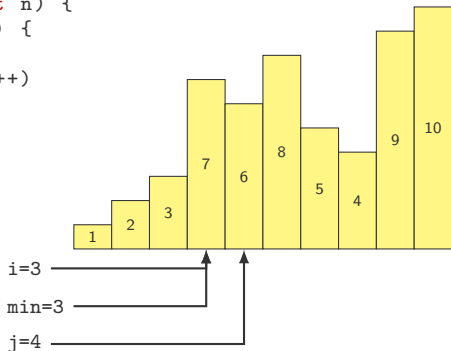


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

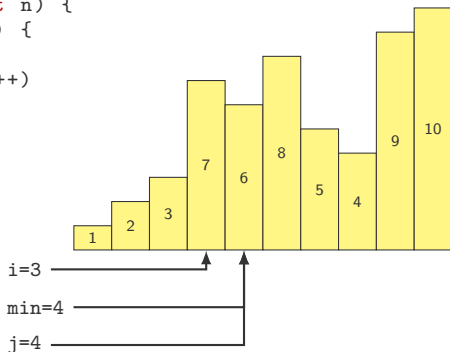


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

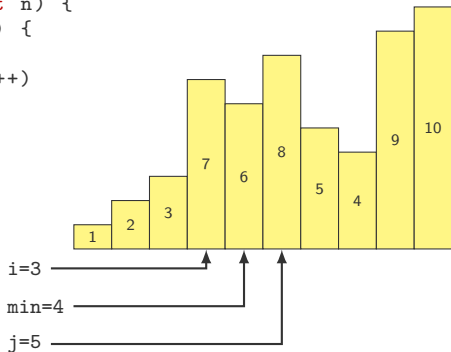


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

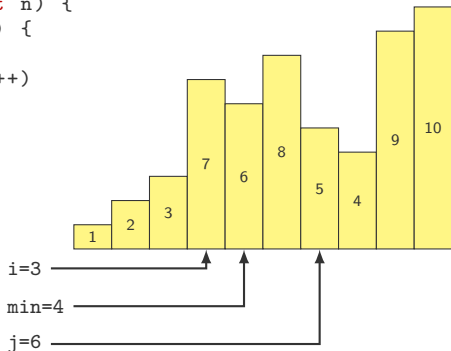


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

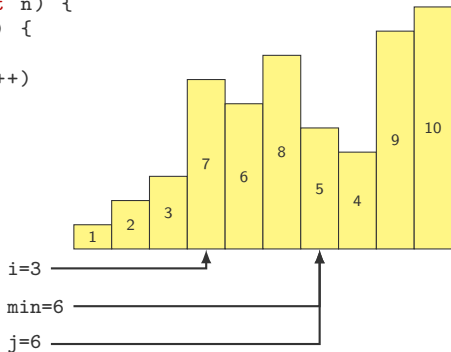


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

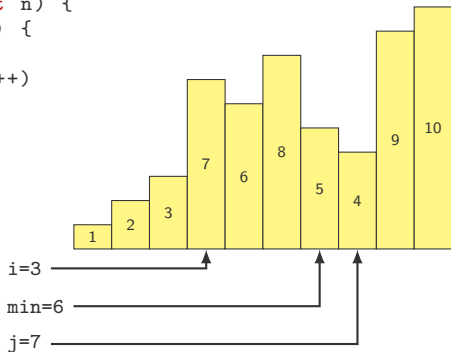


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

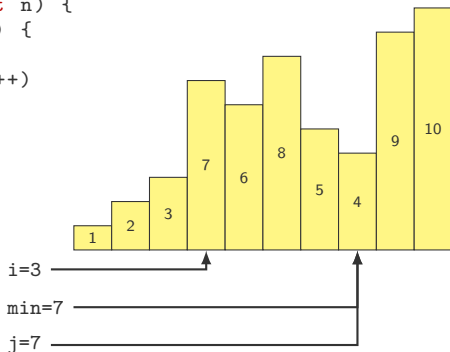


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

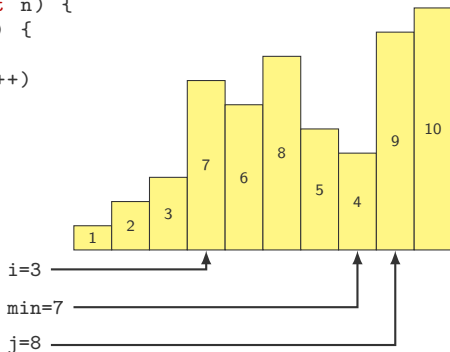


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

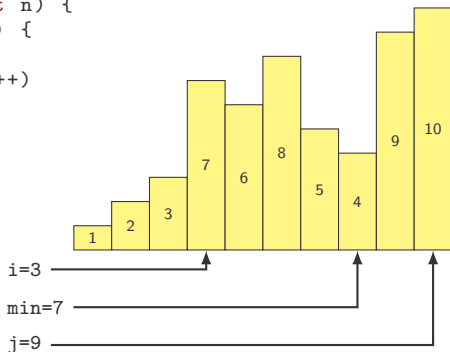


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

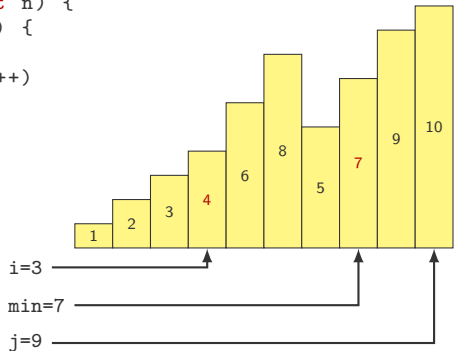


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

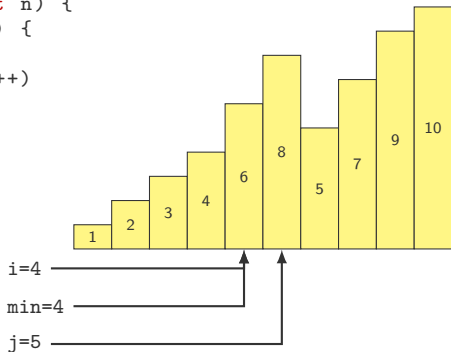


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

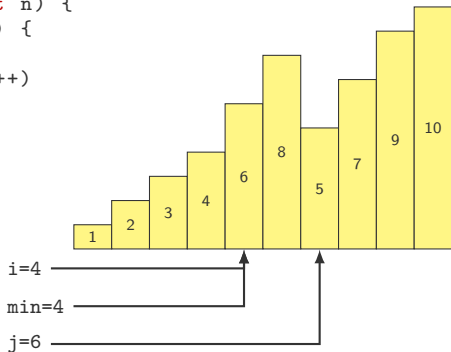


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

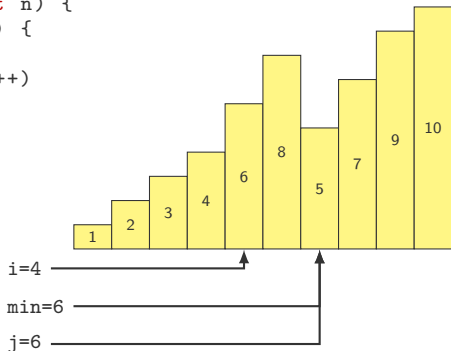


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

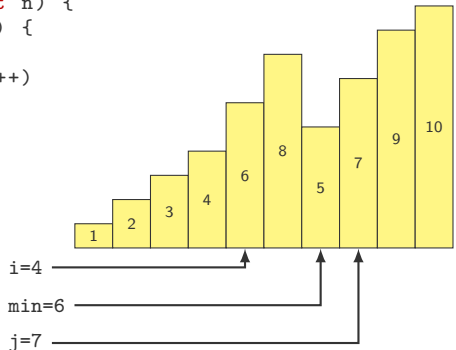


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

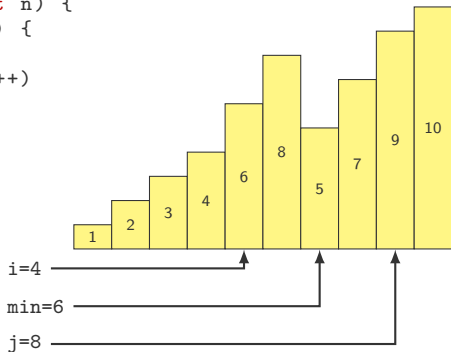


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

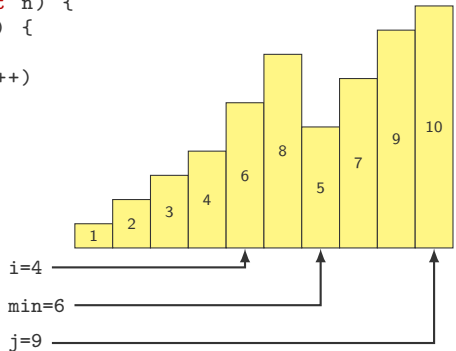


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

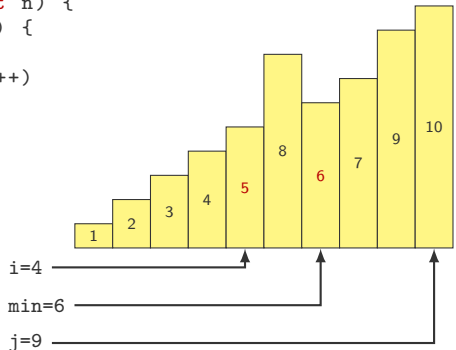


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```



Ordenação por Seleção

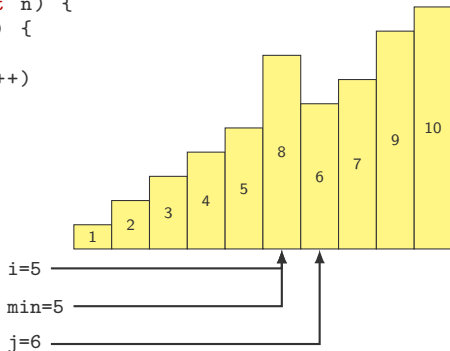
Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```

1 void selectionSort(int A[], int n) {
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {
3         int indexMin = i;
4         for (int j = i+1; j < n; j++)
5             if (A[j] < A[indexMin])
6                 indexMin = j;
7         int aux = A[i];
8         A[i] = A[indexMin];
9         A[indexMin] = aux;
10    }
11 }

```

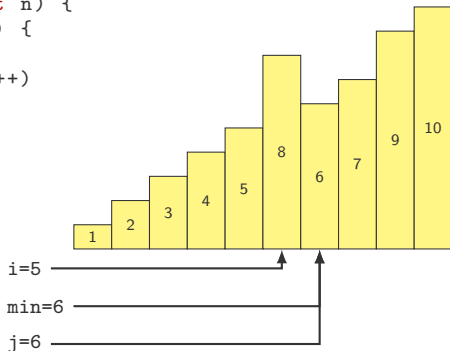


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

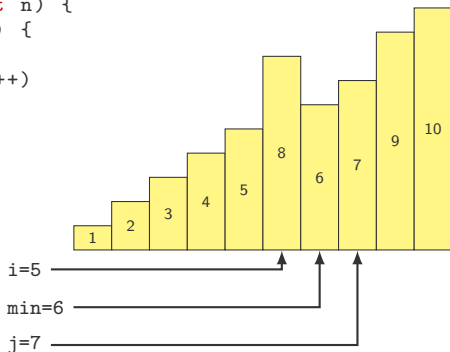


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

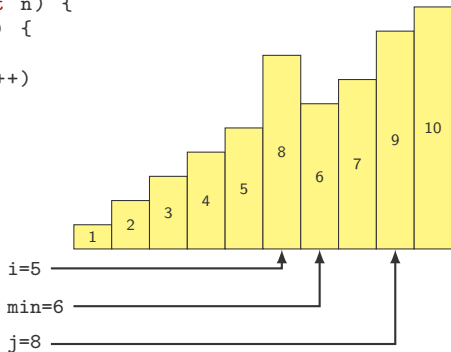


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

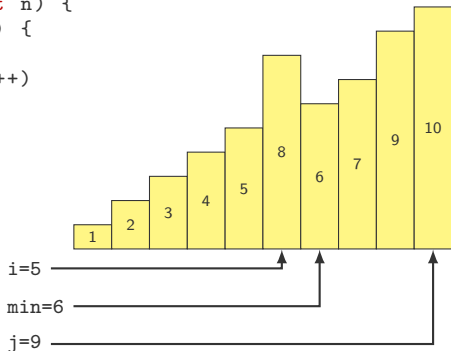


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

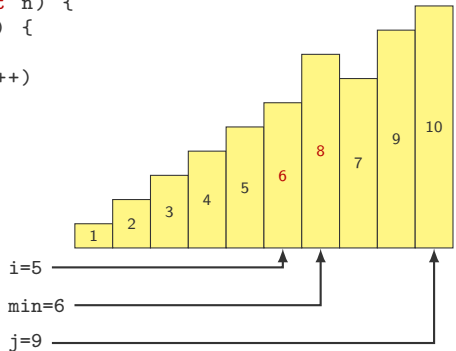


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

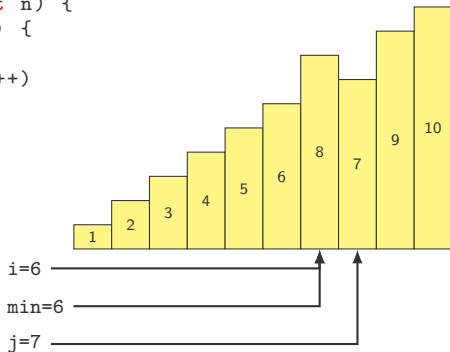


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

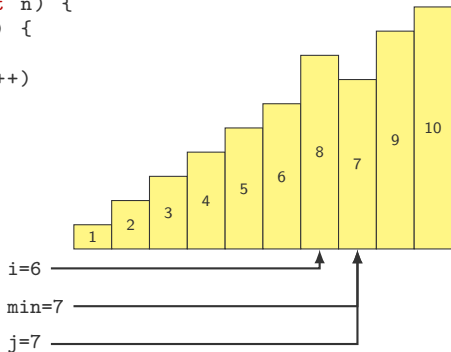


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

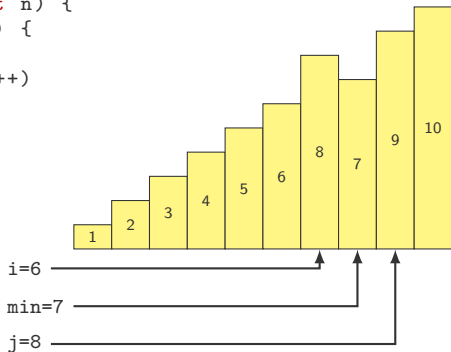


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

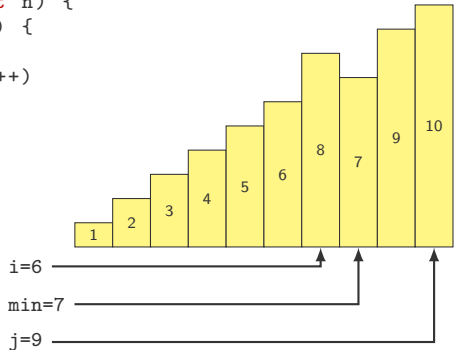


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

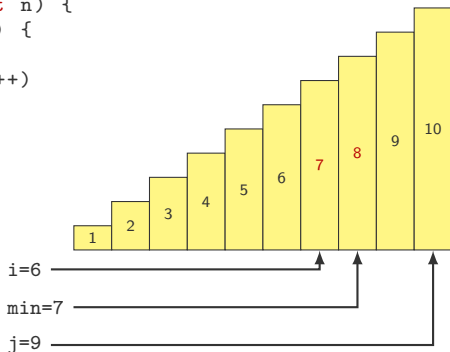


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

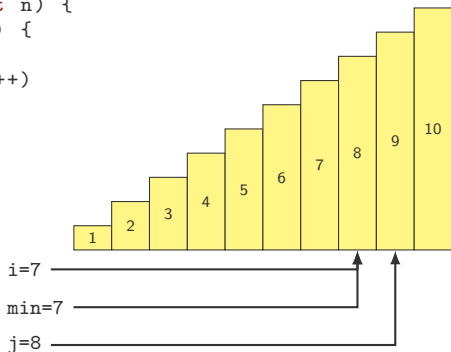


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

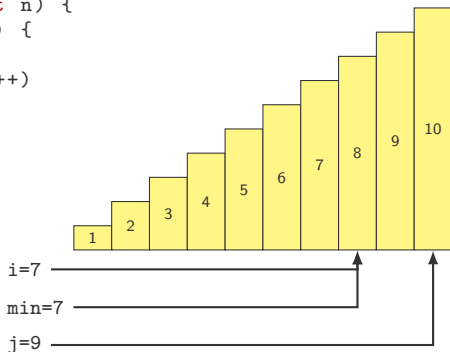


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```



Ordenação por Seleção

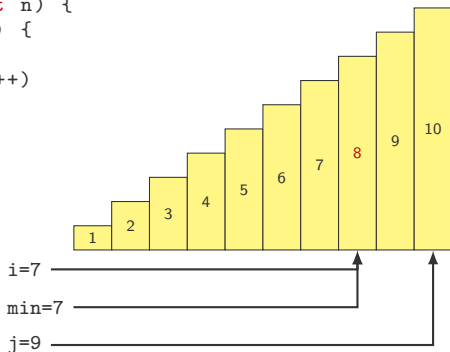
Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```

1 void selectionSort(int A[], int n) {
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {
3         int indexMin = i;
4         for (int j = i+1; j < n; j++)
5             if (A[j] < A[indexMin])
6                 indexMin = j;
7         int aux = A[i];
8         A[i] = A[indexMin];
9         A[indexMin] = aux;
10    }
11 }

```

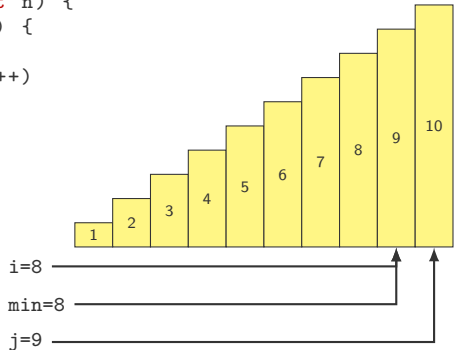


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

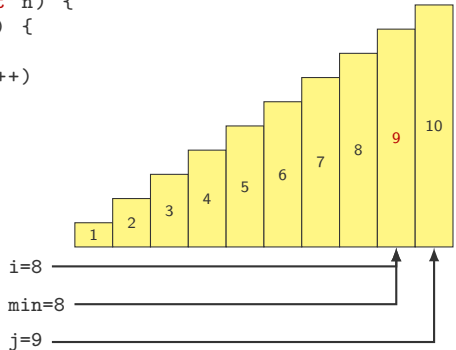


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

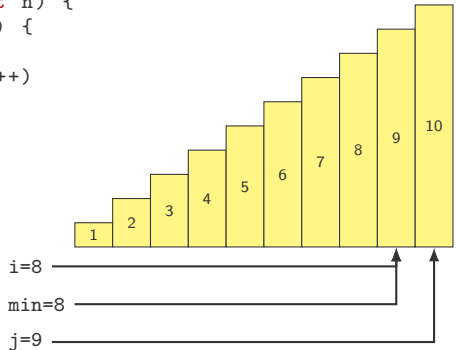


Ordenação por Seleção

Ideia:

- Trocar $v[0]$ com o mínimo de $v[0], v[1], \dots, v[n-1]$
- Trocar $v[1]$ com o mínimo de $v[1], v[2], \dots, v[n-1]$
- ... e assim por diante

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if (A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```



SelectionSort – Complexidade do algoritmo

```
1 void selectionsort(int A[], int l, int r) {  
2     for (int i = l; i < r; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j <= r; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```


SelectionSort – Complexidade do algoritmo

```
1 void selectionsort(int A[], int l, int r) {  
2     for (int i = l; i < r; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j <= r; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

- número de comparações:

$$(n-1) + (n-2) + \dots + 1 = n(n-1)/2 = O(n^2)$$

SelectionSort – Complexidade do algoritmo

```
1 void selectionsort(int A[], int l, int r) {  
2     for (int i = l; i < r; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j <= r; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

- número de comparações:

$$(n-1) + (n-2) + \dots + 1 = n(n-1)/2 = O(n^2)$$

- número de trocas: $n-1 = O(n)$

SelectionSort – Complexidade do algoritmo

```
1 void selectionsort(int A[], int l, int r) {
2     for (int i = l; i < r; i++) {
3         int indexMin = i;
4         for (int j = i+1; j <= r; j++)
5             if(A[j] < A[indexMin])
6                 indexMin = j;
7         int aux = A[i];
8         A[i] = A[indexMin];
9         A[indexMin] = aux;
10    }
11 }
```

- número de comparações:
 $(n - 1) + (n - 2) + \dots + 1 = n(n - 1)/2 = O(n^2)$
- número de trocas: $n - 1 = O(n)$
 - Muito bom quando trocas são muito caras

SelectionSort – Complexidade do algoritmo

```
1 void selectionsort(int A[], int l, int r) {  
2     for (int i = l; i < r; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j <= r; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

- número de comparações:
 $(n - 1) + (n - 2) + \dots + 1 = n(n - 1)/2 = O(n^2)$
- número de trocas: $n - 1 = O(n)$
 - Muito bom quando trocas são muito caras
 - Porém, talvez seja melhor usar ponteiros nesse caso

Comparação entre os dois algoritmos

	Número de comparações		Número de trocas	
	Melhor caso	Pior caso	Melhor caso	Pior caso
Selection sort	$O(n^2)$	$O(n^2)$	$O(n)$	$O(n)$
Insertion sort	$O(n)$	$O(n^2)$	$O(n)$	$O(n^2)$

- Para arrays de tamanho pequeno (≤ 100) esses algoritmos são boas escolhas
- Dos dois algoritmos, insertion sort possui a melhor performance para a maioria dos arrays:
 - tira proveito de qualquer ordenação parcial que esteja no array
 - usa shifts, que são menos custosos que trocas

Algoritmos in Loco



Algoritmos *in loco*

- Um **algoritmo *in loco*** é um algoritmo que transforma a entrada sem usar estruturas de dados auxiliares.

Algoritmos *in loco*

- Um **algoritmo *in loco*** é um algoritmo que transforma a entrada sem usar estruturas de dados auxiliares.
 - uma quantidade constante e pequena de espaço de armazenamento extra é permitida (geralmente para variáveis auxiliares).

Algoritmos *in loco*

- Um **algoritmo *in loco*** é um algoritmo que transforma a entrada sem usar estruturas de dados auxiliares.
 - uma quantidade constante e pequena de espaço de armazenamento extra é permitida (geralmente para variáveis auxiliares).
- A entrada é geralmente sobrescrita pela saída conforme o algoritmo é executado. O algoritmo *in loco* atualiza a entrada apenas por meio da substituição ou troca de elementos.

Algoritmos *in loco*

- Um **algoritmo *in loco*** é um algoritmo que transforma a entrada sem usar estruturas de dados auxiliares.
 - uma quantidade constante e pequena de espaço de armazenamento extra é permitida (geralmente para variáveis auxiliares).
- A entrada é geralmente sobrescrita pela saída conforme o algoritmo é executado. O algoritmo *in loco* atualiza a entrada apenas por meio da substituição ou troca de elementos.
- **Pergunta:** Insertion-Sort e Selection-Sort são algoritmos *in loco*?

Ordenação Estável



Ordenação estável

- Um algoritmo de ordenação é **estável** se não altera a posição relativa de elementos que têm um mesmo valor.

Ordenação estável

- Um algoritmo de ordenação é **estável** se não altera a posição relativa de elementos que têm um mesmo valor.
- Por exemplo, se o vetor tiver dois elementos de valor 13, um algoritmo de ordenação estável manterá o primeiro 13 antes do segundo.

Ordenação estável

- Um algoritmo de ordenação é **estável** se não altera a posição relativa de elementos que têm um mesmo valor.
- Por exemplo, se o vetor tiver dois elementos de valor 13, um algoritmo de ordenação estável manterá o primeiro 13 antes do segundo.
- **Exemplo:** Suponha que os elementos de um vetor são pares da forma (d, m) que representam datas de um certo ano: a primeira componente representa o dia e a segunda o mês.

Ordenação estável — Exemplo

- Suponha que o vetor está em ordem crescente das componentes d :
 $(1,12), (7,12), (16,3), (25,9), (30,3), (30,6), (31,3)$.

Ordenação estável — Exemplo

- Suponha que o vetor está em ordem crescente das componentes d :

$(1,12), (7,12), (16,3), (25,9), (30,3), (30,6), (31,3)$.

- Agora ordene o vetor pelas componentes m . Se usarmos um algoritmo de ordenação estável, o resultado estará em ordem cronológica:

$(16,3), (30,3), (31,3), (30,6), (25,9), (1,12), (7,12)$.

Ordenação estável — Exemplo

- Suponha que o vetor está em ordem crescente das componentes d :

$(1,12), (7,12), (16,3), (25,9), (30,3), (30,6), (31,3)$.

- Agora ordene o vetor pelas componentes m . Se usarmos um algoritmo de ordenação estável, o resultado estará em ordem cronológica:

$(16,3), (30,3), (31,3), (30,6), (25,9), (1,12), (7,12)$.

- Se o algoritmo de ordenação não for estável, o resultado pode não ficar em ordem cronológica:

$(30,3), (16,3), (31,3), (30,6), (25,9), (7,12), (1,12)$.

Exercício – Ordenação estável

- Insertion-Sort é um algoritmo estável?

```
1 void insertionSort(int A[], int n) {
2     for (int j = 1; j < n; j++) {
3         int key = A[j];
4         int i = j-1;
5         while(i >= 0 && A[i] > key) {
6             A[i+1] = A[i];
7             i--;
8         }
9         A[i+1] = key;
10    }
11 }
```

Exercício – Ordenação estável

- Insertion-Sort é um algoritmo estável?

```
1 void insertionSort(int A[], int n) {
2     for (int j = 1; j < n; j++) {
3         int key = A[j];
4         int i = j-1;
5         while(i >= 0 && A[i] > key) {
6             A[i+1] = A[i];
7             i--;
8         }
9         A[i+1] = key;
10    }
11 }
```

Exercício – Ordenação estável

- Insertion-Sort é um algoritmo estável?

```
1 void insertionSort(int A[], int n) {  
2     for (int j = 1; j < n; j++) {  
3         int key = A[j];  
4         int i = j-1;  
5         while(i >= 0 && A[i] > key) {  
6             A[i+1] = A[i];  
7             i--;  
8         }  
9         A[i+1] = key;  
10    }  
11 }
```

Sim!

Exercício – Ordenação estável

- Selection-Sort é um algoritmo estável?

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {
3         int indexMin = i;
4         for (int j = i+1; j < n; j++)
5             if(A[j] < A[indexMin])
6                 indexMin = j;
7         int aux = A[i];
8         A[i] = A[indexMin];
9         A[indexMin] = aux;
10    }
11 }
```

Exercício – Ordenação estável

- Selection-Sort é um algoritmo estável?

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {
3         int indexMin = i;
4         for (int j = i+1; j < n; j++)
5             if(A[j] < A[indexMin])
6                 indexMin = j;
7         int aux = A[i];
8         A[i] = A[indexMin];
9         A[indexMin] = aux;
10    }
11 }
```

Exercício – Ordenação estável

- Selection-Sort é um algoritmo estável?

```
1 void selectionSort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n-1; i++) {  
3         int indexMin = i;  
4         for (int j = i+1; j < n; j++)  
5             if(A[j] < A[indexMin])  
6                 indexMin = j;  
7         int aux = A[i];  
8         A[i] = A[indexMin];  
9         A[indexMin] = aux;  
10    }  
11 }
```

Não!

FIM



Anexos



BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

- do fim para o começo, vamos trocando pares invertidos

BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

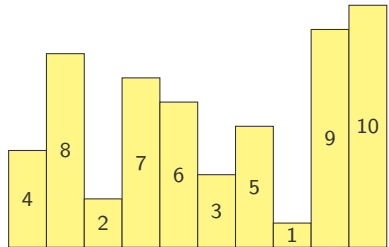
```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```



i

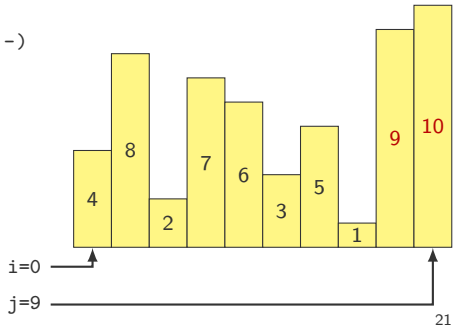
j

BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

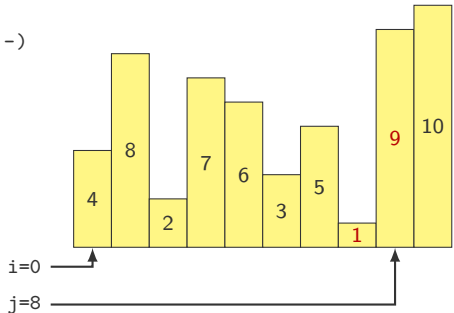


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

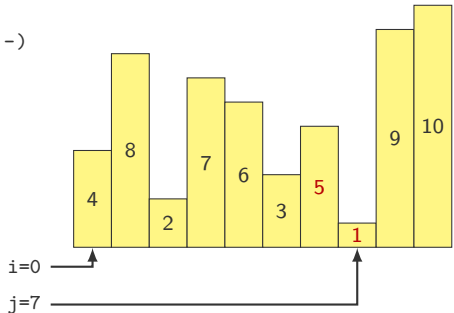


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

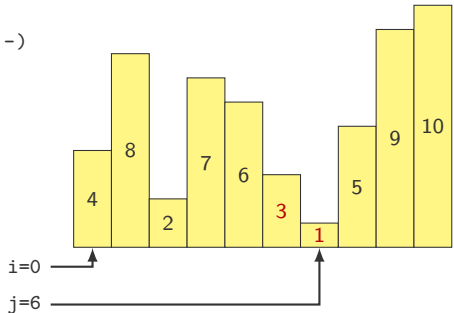


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

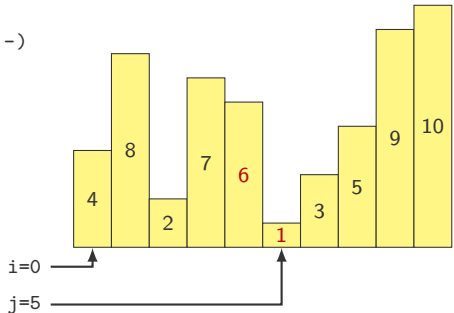


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

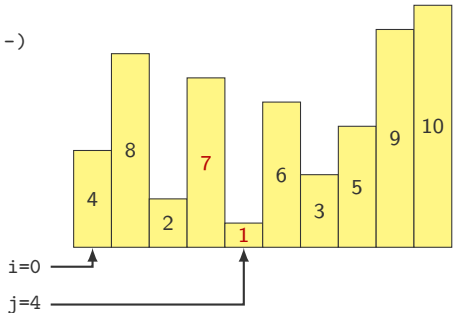


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

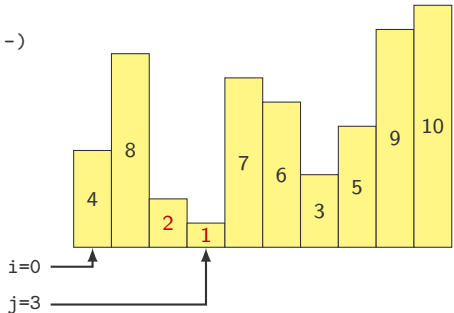


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

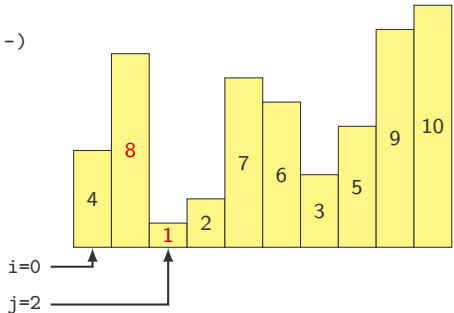


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

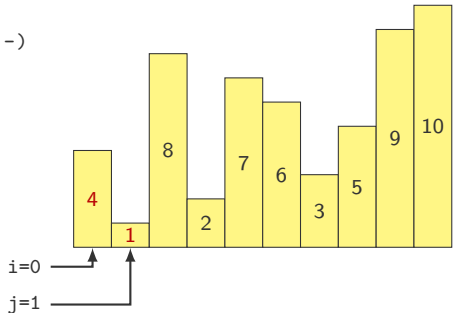


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

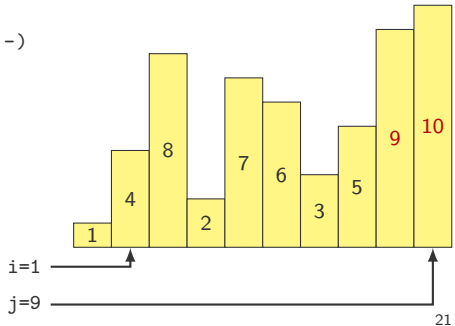


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

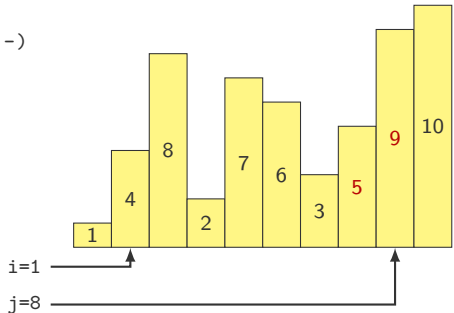


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

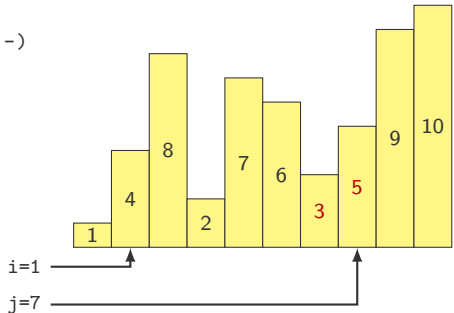


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

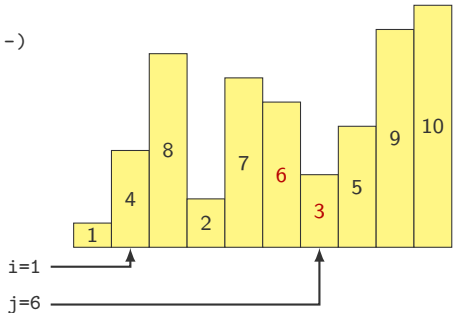


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

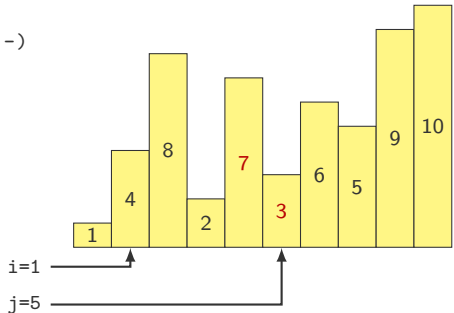


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

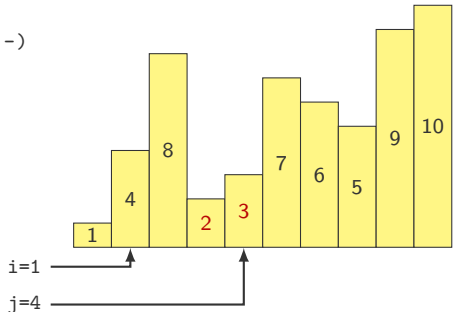


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

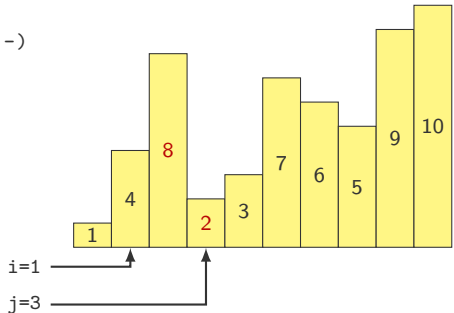


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

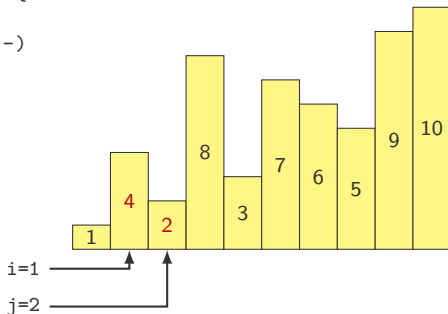


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

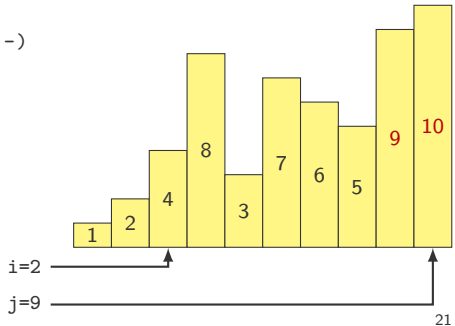


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

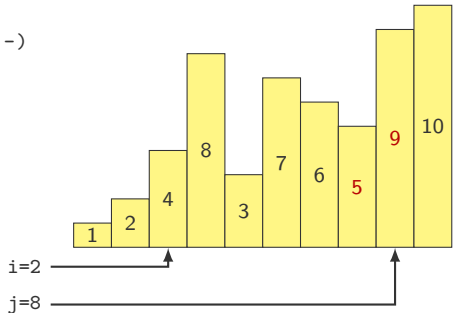


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

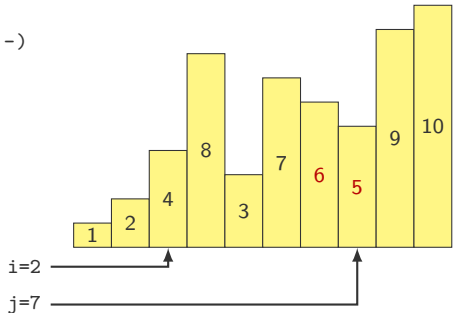


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

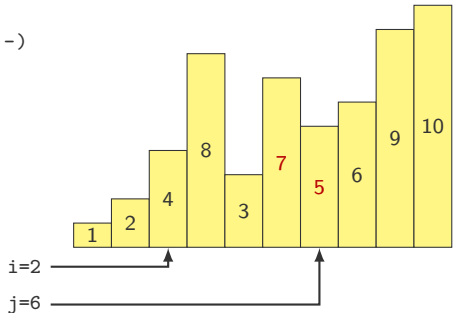


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

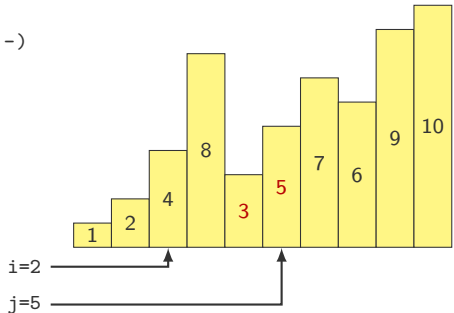


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

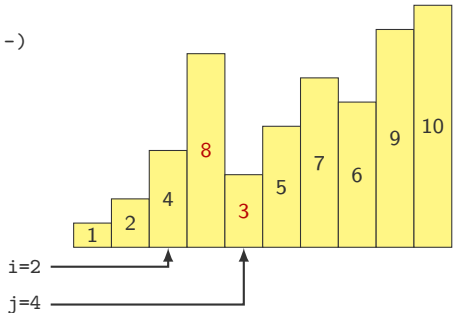


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

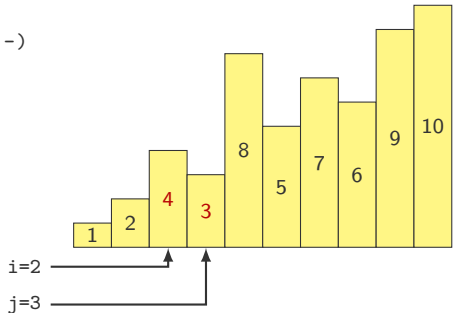


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

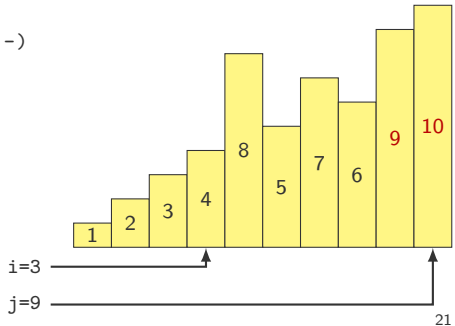


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

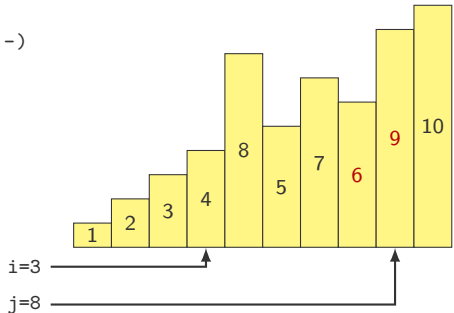


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

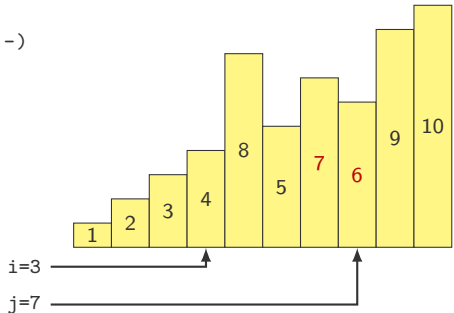


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

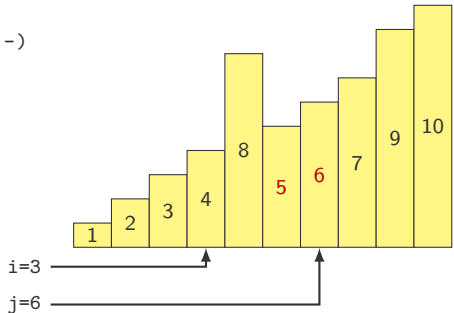


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

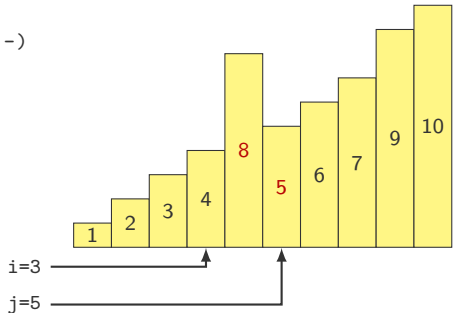


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

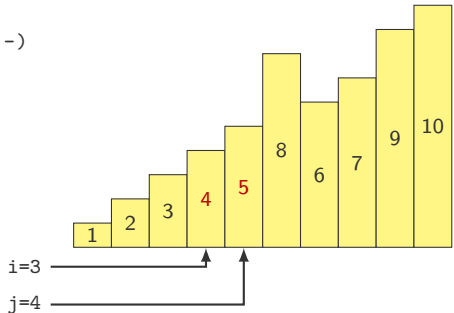


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

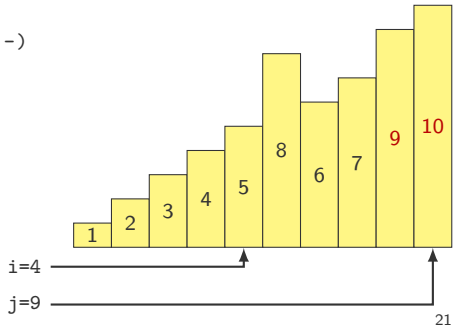


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

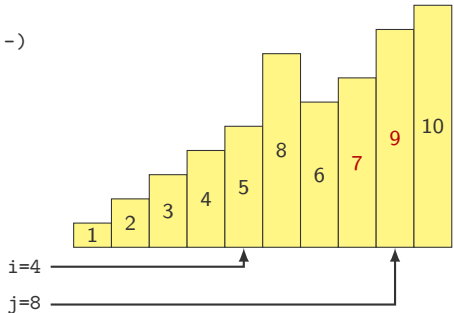


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

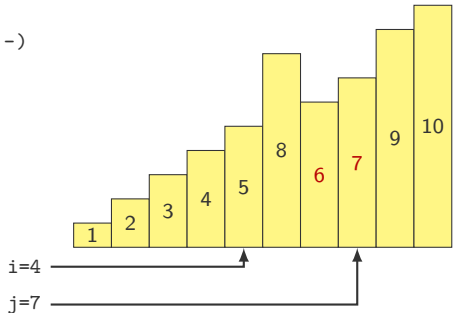


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

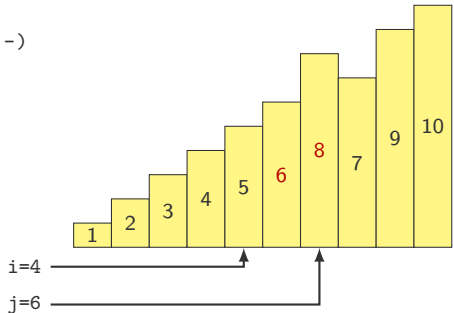


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

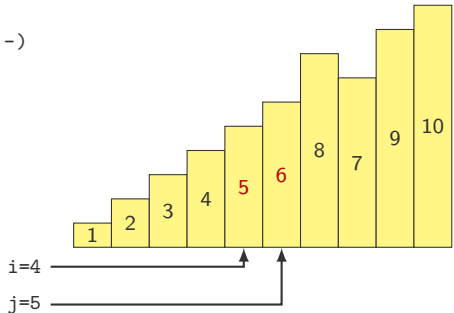


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

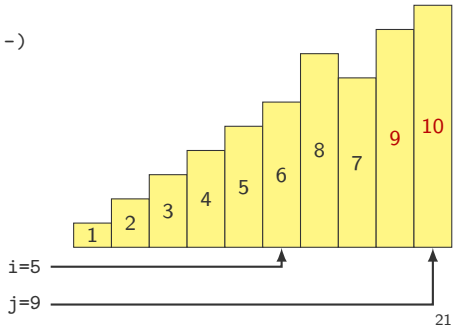


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

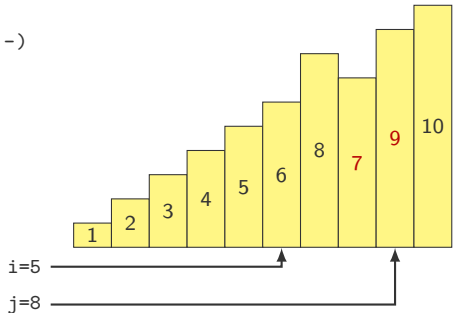


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

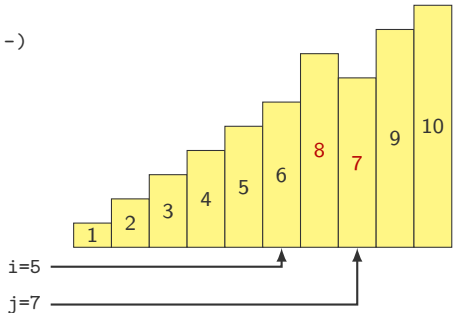


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

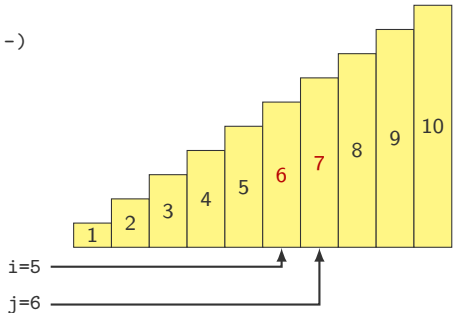


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

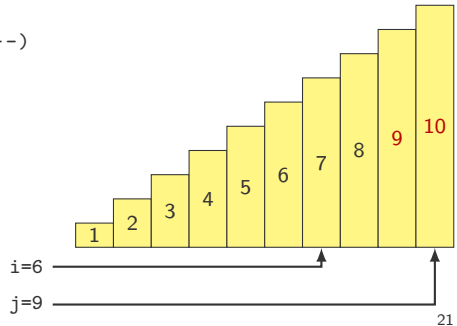


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

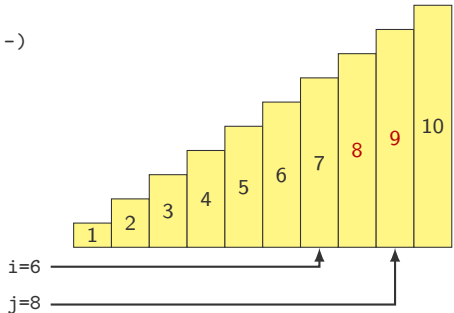


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

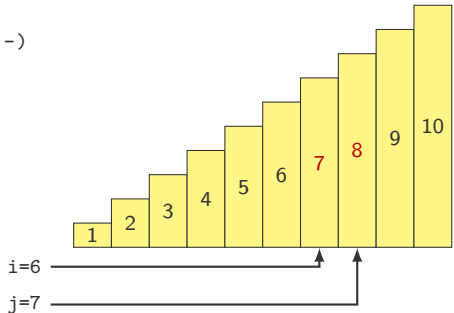


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

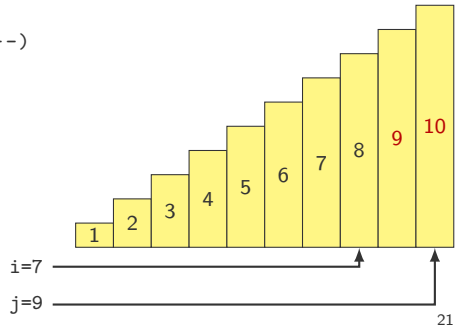


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

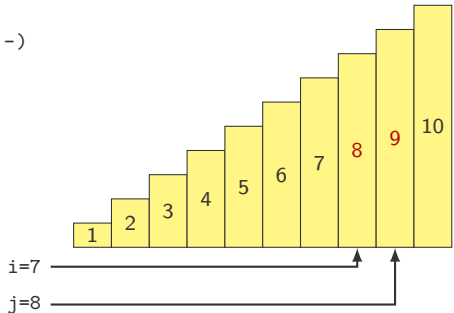


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

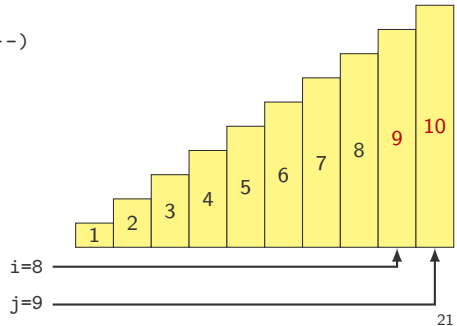


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

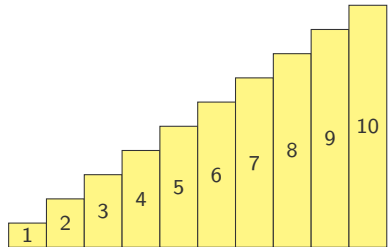


BubbleSort – Ordenação por flutuação

Ideia:

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

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```



i

j

BubbleSort — Complexidade do algoritmo

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

BubbleSort — Complexidade do algoritmo

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

BubbleSort — Complexidade do algoritmo

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

BubbleSort — Complexidade do algoritmo

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

BubbleSort — Complexidade do algoritmo

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

No caso médio:

BubbleSort — Complexidade do algoritmo

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

No caso médio:

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

BubbleSort — Complexidade do algoritmo

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

No caso médio:

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

BubbleSort — Complexidade do algoritmo

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

No caso médio:

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

No melhor caso:

BubbleSort — Complexidade do algoritmo

```
1 void bubblesort(int A[], int n) {  
2     for (int i = 0; i < n; i++)  
3         for (int j = n-1; j > i; j--)  
4             if (A[j] < A[j-1]) {  
5                 int aux = A[j];  
6                 A[j] = A[j-1];  
7                 A[j-1] = aux;  
8             }  
9 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

No caso médio:

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

No melhor caso:

- comparações: $\approx n^2 = O(n^2)$

Parando quando não há mais trocas

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

Parando quando não há mais trocas

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1 void bubblesort_v2(int A[], int n) {
2     bool trocou = true;
3     for (int i = 0; i < n && trocou; i++){
4         trocou = false;
5         for (int j = n-1; j > i; j--){
6             if (A[j] < A[j-1]) {
7                 std::swap(A[j], A[j-1]);
8                 trocou = true;
9             }
10    }
11 }
```


Parando quando não há mais trocas

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1 void bubblesort_v2(int A[], int n) {  
2     bool trocou = true;  
3     for (int i = 0; i < n && trocou; i++){  
4         trocou = false;  
5         for (int j = n-1; j > i; j--)  
6             if (A[j] < A[j-1]) {  
7                 std::swap(A[j], A[j-1]);  
8                 trocou = true;  
9             }  
10    }  
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

Parando quando não há mais trocas

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1 void bubblesort_v2(int A[], int n) {  
2     bool trocou = true;  
3     for (int i = 0; i < n && trocou; i++){  
4         trocou = false;  
5         for (int j = n-1; j > i; j--)  
6             if (A[j] < A[j-1]) {  
7                 std::swap(A[j], A[j-1]);  
8                 trocou = true;  
9             }  
10    }  
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

Parando quando não há mais trocas

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1 void bubblesort_v2(int A[], int n) {  
2     bool trocou = true;  
3     for (int i = 0; i < n && trocou; i++){  
4         trocou = false;  
5         for (int j = n-1; j > i; j--)  
6             if (A[j] < A[j-1]) {  
7                 std::swap(A[j], A[j-1]);  
8                 trocou = true;  
9             }  
10    }  
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

Parando quando não há mais trocas

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1 void bubblesort_v2(int A[], int n) {
2     bool trocou = true;
3     for (int i = 0; i < n && trocou; i++){
4         trocou = false;
5         for (int j = n-1; j > i; j--){
6             if (A[j] < A[j-1]) {
7                 std::swap(A[j], A[j-1]);
8                 trocou = true;
9             }
10    }
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

No melhor caso:

Parando quando não há mais trocas

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1 void bubblesort_v2(int A[], int n) {  
2     bool trocou = true;  
3     for (int i = 0; i < n && trocou; i++){  
4         trocou = false;  
5         for (int j = n-1; j > i; j--)  
6             if (A[j] < A[j-1]) {  
7                 std::swap(A[j], A[j-1]);  
8                 trocou = true;  
9             }  
10    }  
11 }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

No melhor caso:

- comparações: $O(n)$

Parando quando não há mais trocas

Se não aconteceu nenhuma troca, podemos parar o algoritmo

```
1 void bubblesort_v2(int A[], int n) {
2     bool trocou = true;
3     for (int i = 0; i < n && trocou; i++){
4         trocou = false;
5         for (int j = n-1; j > i; j--){
6             if (A[j] < A[j-1]) {
7                 std::swap(A[j], A[j-1]);
8                 trocou = true;
9             }
10        }
11    }
```

No pior caso toda comparação gera uma troca:

- comparações: $n(n-1)/2 = O(n^2)$
- trocas: $n(n-1)/2 = O(n^2)$

No melhor caso:

- comparações: $O(n)$
- trocas: $O(1)$