

Algoritmos e Estruturas de Dados II

Counting sort

Prof. Flávio José M. Coelho

fcoelho@uea.edu.br

Objetivos

Entender o funcionamento do algoritmo de ordenação **Counting sort**

Counting sort

Counting sort, bucket sort e radix sort são exemplos de algoritmos de ordenação que **não** utilizam comparações de chaves.

Counting sort

O **Counting sort** foi inventado por Harold H. Seward (1930-2012) em 1954 no MIT.



Harold. H. Seward

Counting sort

Counting sort assume que cada um dos n elementos da lista de entrada é um inteiro na faixa de $0..k$.

Counting sort

Counting sort assume que cada um dos n elementos da lista de entrada é um inteiro na faixa de $0..k$.

O algoritmo determina as ocorrências de cada elemento x da lista de entrada, e verifica quantos elementos são menores que x para, assim, encontrar sua posição ordenada.

Counting sort

Entrada: um inteiro k e um vetor $A[1..n]$ de inteiros x tais que $0 \leq x \leq k \leq n$.

Counting sort

Entrada: um inteiro k e um vetor $A[1..n]$ de inteiros x tais que $0 \leq x \leq k \leq n$.

Saída: vetor $B[1..n]$, cópia ordenada de A .

Counting sort

Entrada: um inteiro k e um vetor $A[1..n]$ de inteiros x tais que $0 \leq x \leq k \leq n$.

Saída: vetor $B[1..n]$, cópia ordenada de A .

O algoritmo utiliza um vetor auxiliar $C[0..k]$ para armazenar as ocorrências dos elementos de A .

COUNTING-SORT(A, B, k)

```
1  Cria vetor  $C[0..k]$ 
2  para  $i = 0$  até  $k$      $C[i] = 0$ 
3  para  $j = 1$  até  $A.tam$ 
4       $C[A[j]] = C[A[j]] + 1$ 
5  para  $i = 1$  até  $k$ 
6       $C[i] = C[i] + C[i - 1]$ 
7  para  $j = 1$  até  $A.tam$ 
8       $B[C[A[j]]] = A[j]$ 
9       $C[A[j]] = C[A[j]] - 1$ 
```

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | <i>j</i> | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | <i>j</i> | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | <i>j</i> | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | <i>j</i> | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | j | | | | | | | |
|----------|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | | | | | | | | |

| | j | | | | | | | |
|----------|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | <i>j</i> | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | <i>j</i> | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | | | | | | | | |

| | <i>j</i> | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | | | | | | | | |

| | <i>j</i> | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|-----|---|---|---|
| | | | | | j | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|-----|---|---|---|
| | | | | | j | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|-----|---|---|
| | | | | | | j | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|-----|---|---|
| | | | | | | j | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| | | | | | | | | j |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| | | | | | | | | j |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |
| | | <i>i</i> | | | | | | |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |
| | | <i>i</i> | | | | | | |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|----------|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |
| | | | <i>i</i> | | | | | |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 3 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|----------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |
| | | | | <i>i</i> | | | | |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 7 | 0 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|----------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |
| | | | | <i>i</i> | | | | |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 7 | 7 | 1 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|----------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |
| | | | | | | <i>i</i> | | |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| | | | | | | | | j |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| | | | | | | | | j |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| | | | | | | | | j |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| | | | | | | | | j |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | 3 | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| | | | | | | | | j |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 6 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | | | | | | 3 | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|-----|---|---|
| | | | | | | j | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 2 | 2 | 4 | 6 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | 0 | | | | | 3 | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|-----|---|---|
| | | | | | | j | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 1 | 2 | 4 | 6 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | 0 | | | | | 3 | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|-----|---|---|---|
| | | | | | j | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 1 | 2 | 4 | 6 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | 0 | | | | 3 | 3 | |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|-----|---|---|---|
| | | | | | j | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 1 | 2 | 4 | 5 | 7 | 8 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | | 0 | | | | 3 | 3 | |

| | <i>j</i> | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 1 | 2 | 4 | 5 | 7 | 8 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | | 0 | | 2 | | 3 | 3 | |

| | <i>j</i> | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | | 0 | | 2 | | 3 | 3 | |

| | j | | | | | | | |
|----------|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 0 | 0 | | 2 | | 3 | 3 | |

| | j | | | | | | | |
|----------|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 0 | 0 | | 2 | | 3 | 3 | |

| | j | | | | | | | |
|----------|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 0 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 0 | 0 | | 2 | 3 | 3 | 3 | |

| | j | | | | | | | |
|----------|-----|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 0 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 0 | 0 | | 2 | 3 | 3 | 3 | |

| | <i>j</i> | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 0 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 0 | 0 | | 2 | 3 | 3 | 3 | 5 |

| | <i>j</i> | | | | | | | |
|----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| C | 0 | 2 | 3 | 4 | 7 | 7 |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 0 | 0 | | 2 | 3 | 3 | 3 | 5 |

| | j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 3 | 4 | 7 | 7 |





| B | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 5 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A | 2 | 5 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| C | 0 | 2 | 3 | 4 | 7 | 7 |

| | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| B | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 5 |

Referências

-  T. H. Cormen, C.E. Leiserson, R.L. Rivest, C. Stein, Introduction to Algorithms, 3rd edition, MIT Press, 2010
-  A. Levitin. Introduction to the Design and Analysis of Algorithms. 3rd edition. Addison-Wesley, 2007
-  R. Sedgewick, K. Wayne. Algorithms. 4th edition, Addison-Wesley Professional, 2011
-  N. Ziviani. Projeto de Algoritmos com Implementação em Pascal C. Cengage Learning, 2012

Onde obter este material:

`est.uea.edu.br/fcoelho`