

Universidade Federal de Goiás  
INF - Instituto de Informática  
Ciências da Computação  
Algoritmos e Estrutura de Dados

# **RELATÓRIO: Métodos de Ordenação**

Alunos: Hemerson Barcelos e Paulo Henrique Santos Lima  
Professora: Nádia Felix Felipe da Silva

Goiânia  
Maio de 2018

## **INTRODUÇÃO**

Implementação, análise assintótica e empírica de 8 métodos de ordenação. Com o propósito de plotar um gráfico para cada método e de dividir em 4 categorias e compará-los em:

- O tempo de todos os métodos;
- Apenas os métodos com tempo  $n^2$ ;
- Apenas os métodos com tempo  $n \cdot \log_2(n)$ ;
- Métodos lineares ( $n$ ).

## **DESENVOLVIMENTO**

Os métodos que foram usados, foram executados em:

\* Notebook Dell Inspiron 5458, Intel i5, 2.2GHz, 7.7GB, GeForce 920M (2GB) e Ubuntu 18.04 LTS

\* HP ProBook 6470b, Intel i5, 2.8GHz, 8GB e Windows 7 Pro Service Pack 1 64-bits

Usou-se alocação dinâmica. A seguir tem se para cada método usado uma tabela com os dados obtidos e em seguida a comparação de acordo com a categoria o gráfico plotado.

- Selection Sort (Pior e Melhor caso:  $O(n^2)$ )

Exemplo de ordenação

```
| 5, 4, 1, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7 | 5 <-> 0
| 0, 4, 1, 9, 5, 8, 2, 6, 3, 7 | 4 <-> 1
| 0, 1, 4, 9, 5, 8, 2, 6, 3, 7 | 4 <-> 2
| 0, 1, 2, 9, 5, 8, 4, 6, 3, 7 | 9 <-> 3
| 0, 1, 2, 3, 5, 8, 4, 6, 9, 7 | 5 <-> 4
| 0, 1, 2, 3, 4, 8, 5, 6, 9, 7 | 8 <-> 5
| 0, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 6, 9, 7 | 8 <-> 6
| 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 7 | 8 <-> 7
| 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 8 | 9 <-> 8
| 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 |
```

Número de vetores	Tamanho dos vetores	Tempo (s)
20	100	2
30	1.000	4
20	10.000	9
40	100.000	609
20	1.000.000	31258
30	10.000.000	> 31258
25	100.000.000	> 31258
20	1.000.000.000	Memória Insuficiente
HP ProBook 6470b, Intel i5, 2.8GHz, 8GB e Windows 7 Pro Service Pack 1 64-bits		

- Insertion Sort (Pior caso:  $O(n^2)$ , Melhor caso  $O(n)$ )

Exemplo de ordenação

```
| 5, 4, 1, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7 | ordenar = 5
| 5, 4, 1, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7 | ordenar = 4
| 4, 5, 1, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7 | ordenar = 1
| 1, 4, 5, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7 | ordenar = 9
| 1, 4, 5, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7 | ordenar = 0
| 0, 1, 4, 5, 9, 8, 2, 6, 3, 7 | ordenar = 8
| 0, 1, 4, 5, 8, 9, 2, 6, 3, 7 | ordenar = 2
| 0, 1, 2, 4, 5, 8, 9, 6, 3, 7 | ordenar = 6
| 0, 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 3, 7 | ordenar = 3
| 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 7 | ordenar = 7
| 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 |
```

Número de vetores	Tamanho dos vetores	Tempo (s)
20	100	3
30	1.000	8
20	10.000	9
40	100.000	371
20	1.000.000	17294
30	10.000.000	> 17294
25	100.000.000	> 17294
20	1.000.000.000	Memória Insuficiente
Dell Inspiron 5458, Intel i5, 2.2GHz, 7.7GB, GeForce 920M (2GB) e Ubuntu 18.04 LTS		

- Bubble Sort (Pior caso:  $O(n^2)$ , Melhor caso  $O(n)$ )

Exemplo de ordenação

5, 4, 1, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7	compara 5 e 4
4, 5, 1, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7	compara 5 e 1
4, 1, 5, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7	compara 5 e 9
4, 1, 5, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7	compara 9 e 0
4, 1, 5, 0, 9, 8, 2, 6, 3, 7	compara 9 e 8
4, 1, 5, 0, 8, 9, 2, 6, 3, 7	compara 9 e 2
4, 1, 5, 0, 8, 2, 9, 6, 3, 7	compara 9 e 6
4, 1, 5, 0, 8, 2, 6, 9, 3, 7	compara 9 e 3
4, 1, 5, 0, 8, 2, 6, 3, 9, 7	compara 9 e 7. n-ésimo ordenado
4, 1, 5, 0, 8, 2, 6, 3, 7, 9	compara 4 e 1
1, 4, 5, 0, 8, 2, 6, 3, 7, 9	compara 4 e 5
1, 4, 5, 0, 8, 2, 6, 3, 7, 9	compara 5 e 0
1, 4, 0, 5, 8, 2, 6, 3, 7, 9	compara 5 e 8
1, 4, 0, 5, 8, 2, 6, 3, 7, 9	compara 8 e 2
1, 4, 0, 5, 2, 8, 6, 3, 7, 9	compara 8 e 6
1, 4, 0, 5, 2, 6, 8, 3, 7, 9	compara 8 e 3
1, 4, 0, 5, 2, 6, 3, 8, 7, 9	compara 8 e 7. n-esimo-1 ordenado
1, 4, 0, 5, 2, 6, 3, 7, 8, 9	compara 1 e 4
1, 4, 0, 5, 2, 6, 3, 7, 8, 9	compara 4 e 0
1, 0, 4, 5, 2, 6, 3, 7, 8, 9	compara 4 e 5
1, 0, 4, 5, 2, 6, 3, 7, 8, 9	compara 5 e 2
1, 0, 4, 2, 5, 6, 3, 7, 8, 9	compara 5 e 6
1, 0, 4, 2, 5, 6, 3, 7, 8, 9	compara 6 e 3
1, 0, 4, 2, 5, 3, 6, 7, 8, 9	compara 6 e 7 n-ésimo-2 ordenado
1, 0, 4, 2, 5, 3, 6, 7, 8, 9	compara 1 e 0
0, 1, 4, 2, 5, 3, 6, 7, 8, 9	compara 1 e 4
0, 1, 4, 2, 5, 3, 6, 7, 8, 9	compara 4 e 2
0, 1, 2, 4, 5, 3, 6, 7, 8, 9	compara 4 e 5
0, 1, 2, 4, 5, 3, 6, 7, 8, 9	compara 4 e 5
0, 1, 2, 4, 5, 3, 6, 7, 8, 9	compara 5 e 3
0, 1, 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9	compara 5 e 6 n-ésimo-2 ordenado
0, 1, 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9	compara 0 e 1
0, 1, 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9	compara 1 e 2
0, 1, 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9	compara 2 e 4
0, 1, 2, 4, 3, 5, 6, 7, 8, 9	compara 4 e 3
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	compara 4 e 5 n-ésimo-3 ordenado
0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	compara (0 e 1), (1 e 2), (2 e 3) e (3 e 4). Nenhuma troca é realizada

Número de vetores	Tamanho dos vetores	Tempo (s)
20	100	4
30	1.000	42
20	10.000	2552
40	100.000	
20	1.000.000	
30	10.000.000	
25	100.000.000	
20	1.000.000.000	Memória Insuficiente
Dell Inspiron 5458, Intel i5, 2.2GHz, 7.7GB, GeForce 920M (2GB) e Ubuntu 18.04 LTS		

- Merge Sort (Pior caso:  $O(n^2 \log n)$ , Melhor caso  $O(n \log n)$ )

Exemplo de ordenação

```
| 5, 4, 1, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7 |
| 5, 4, 1, 9, 0 | e | 8, 2, 6, 3, 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5, 4, 1 | e | 9, 0 | e | 8, 2, 6 | e | 3, 7 |
| 5, 4 | e | 1 | e | 9 | e | 0 | e | 8, 2 | e | 6 | e | 3 | e | 7 |
| 5 | e | 4 | e | 1 | e | 9 | e | 0 | e | 8 | e | 2 | e | 6 | e | 3 | e | 7 |
| 4, 5 | e | 1 | e | 0, 9 | e | 2, 8 | e | 6 | e | 3, 7 |
| 1, 4, 5 | e | 0, 9 | e | 2, 6, 8 | e | 3, 7 |
| 0, 1, 4, 5, 9 | e | 2, 3, 6, 7, 8 |
| 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 |
```

Número de vetores	Tamanho dos vetores	Tempo (s)
20	100	4
30	1.000	5
20	10.000	5
40	100.000	16
20	1.000.000	74
30	10.000.000	449
25	100.000.000	1499
20	1.000.000.000	Memória Insuficiente
Dell Inspiron 5458, Intel i5, 2.2GHz, 7.7GB, GeForce 920M (2GB) e Ubuntu 18.04 LTS		

- QuickSort (Pior caso:  $O(n^2)$ , Melhor caso  $O(n \cdot \log n)$ )

Exemplo de ordenação

Número de vetores	Tamanho dos vetores	Tempo (s)
20	100	11
30	1.000	14
20	10.000	19
40	100.000	21
20	1.000.000	43
30	10.000.000	404
25	100.000.000	1321
20	1.000.000.000	Memória Insuficiente
Dell Inspiron 5458, Intel i5, 2.2GHz, 7.7GB, GeForce 920M (2GB) e Ubuntu 18.04 LTS		



- Radix Sort

Número de vetores	Tamanho dos vetores	Tempo (s)
20	100	
30	1.000	
20	10.000	
40	100.000	
20	1.000.000	
30	10.000.000	
25	100.000.000	
20	1.000.000.000	Memória Insuficiente

- Counting Sort (Pior caso:  $O(n+k)$ , Melhor caso  $O(n+k)$ ,  
 $k$  = tamanho do vetor auxiliar)

Exemplo de ordenação

| 5, 4, 1, 9, 0, 8, 2, 6, 3, 7 | vetor

i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0   vAux
i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
0,	0,	0,	0,	0,	1,	0,	0,	0,	0,	5 == i5
i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
0,	0,	0,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	0,	4 == i4
i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
0,	1,	0,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	0,	1 == i1
i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
0,	1,	0,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	1,	9 == i9
i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
1,	1,	0,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	1,	0 == i0
i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
1,	1,	0,	0,	1,	1,	0,	0,	1,	1,	8 == i8
i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
1,	1,	1,	0,	1,	1,	0,	0,	1,	1,	2 == i2
i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
1,	1,	1,	0,	1,	1,	1,	0,	1,	1,	6 == i6
i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	0,	1,	1,	3 == i3
i0	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	índices
1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	1,	7 == i7

Agora vetor principal recebe os índices com elemento diferente de 0 (zero).

0,	4,	1,	9,	0,	8,	2,	6,	3,	7	vetor
0,	1,	1,	9,	0,	8,	2,	6,	3,	7	vetor
0,	1,	2,	9,	0,	8,	2,	6,	3,	7	vetor
0,	1,	2,	3,	0,	8,	2,	6,	3,	7	vetor
0,	1,	2,	3,	4,	8,	2,	6,	3,	7	vetor
0,	1,	2,	3,	4,	5,	2,	6,	3,	7	vetor
0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	6,	3,	7	vetor
0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	3,	7	vetor
0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	7	vetor
0,	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9	vetor ordenado

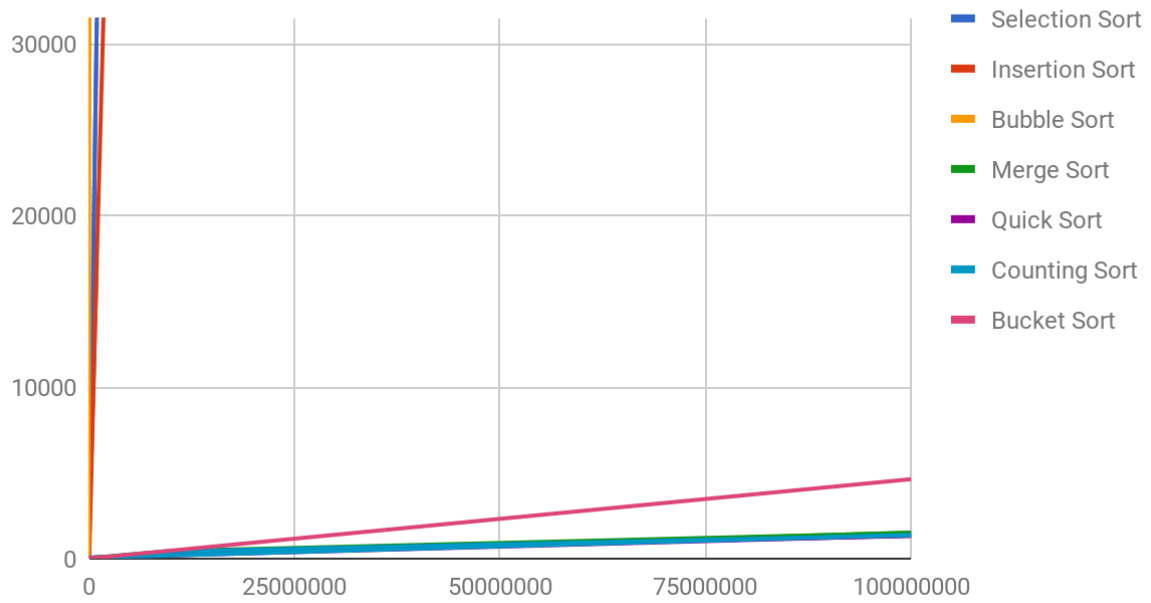
Número de vetores	Tamanho dos vetores	Tempo (s)
20	100	3
30	1.000	3
20	10.000	11
40	100.000	12
20	1.000.000	34
30	10.000.000	416
25	100.000.000	1360
20	1.000.000.000	Memória Insuficiente
Dell Inspiron 5458, Intel i5, 2.2GHz, 7.7GB, GeForce 920M (2GB) e Ubuntu 18.04 LTS		

- Bucket Sort + Merge Sort (Pior caso:  $O(n^2)$ , Melhor caso  $O(n+k)$ )

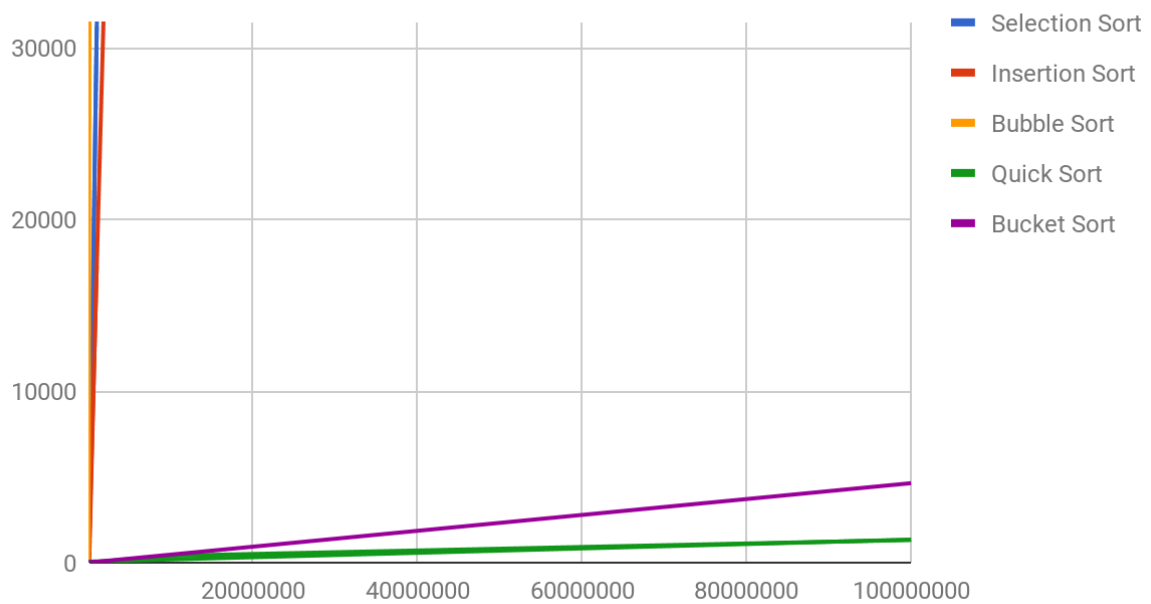
Número de vetores	Tamanho dos vetores	Tempo (s)
20	100	2
30	1.000	4
20	10.000	5
40	100.000	16
20	1.000.000	51
30	10.000.000	Falha
25	100.000.000	Falha
20	1.000.000.000	Memória Insuficiente
Dell Inspiron 5458, Intel i5, 2.2GHz, 7.7GB, GeForce 920M (2GB) e Ubuntu 18.04 LTS		

## COMPARAÇÕES

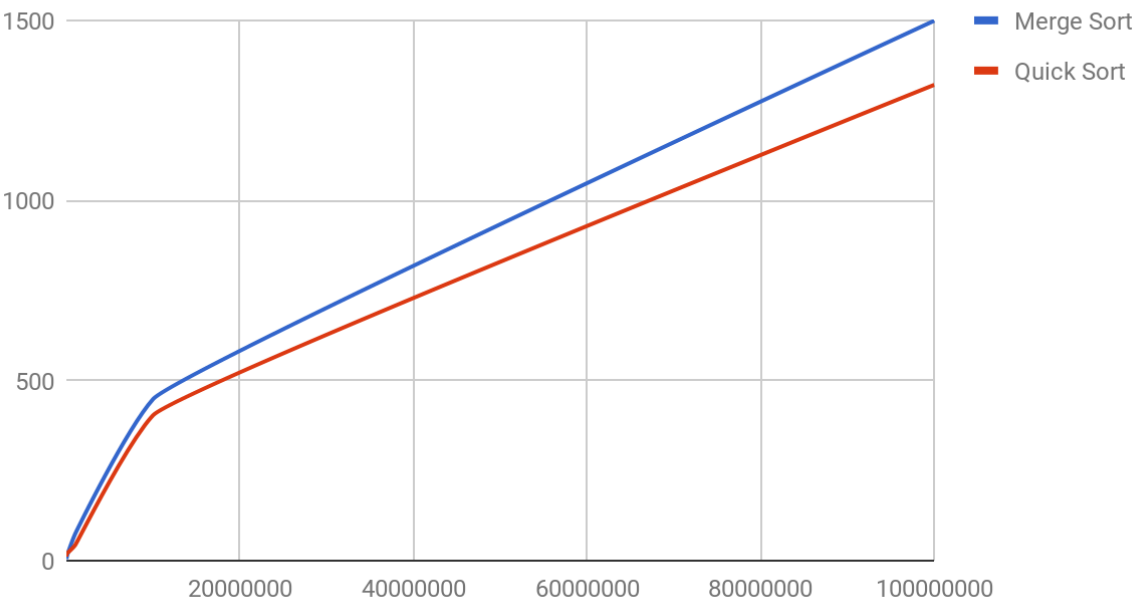
### Todos os métodos de ordenação



### Métodos com tempo $n^2$



Métodos com tempo  $n \cdot \log n$



Métodos com tempo  $n$

