Relatório Final - Quicksort

Professores: Pâmela e Daniel
Grupo: Lucas Santos, Lucas Souto, Rodrigo Nunes
Algoritmo: Quick Sort
Linguagens: Python e Java
Repositório(Github): https://github.com/rodrigonuness/quicksort-complexidade

1. Descrição do Algoritmo

O Quick Sort é um algoritmo de ordenação baseado na estratégia de divisão e conquista. Ele seleciona um elemento como pivô e participa da lista em dois subconjuntos: elementos menores e maiores que o pivô. Em seguida, aplica-se recursivamente o mesmo processo em cada subconjunto até que a lista esteja ordenada.

2. Explicação sobre o Pivô Utilizado

Neste projeto, adotamos estratégias diferentes para a escolha do pivô nas implementações em Python e Java.
Na implementação em **Python**, o pivô é o **elemento central** da lista, o que pode oferecer um desempenho mais estável em listas parcialmente ordenadas.
Já na implementação em **Java**, utilizamos o **último elemento** como pivô, por ser uma abordagem mais simples de implementar. No entanto, essa escolha pode levar ao pior caso de desempenho quando a lista já está ordenada ou inversamente ordenada.

3. Pseudocódigo

```
QUICKSORT(A, baixo, alto):
   se baixo < alto:
      pivo ← PARTITION(A, baixo, alto)
      QUICKSORT(A, baixo, pivo-1)
      QUICKSORT(A, pivo+1, alto)
```

4. Exemplo Prático de Ordenação

A seguir, apresentamos um exemplo prático de ordenação com base no algoritmo *quicksort*. É importante destacar que o comportamento do particionamento depende da escolha do pivô, que varia entre as implementações:

- **Em Java**, o pivô utilizado é o **último elemento** da sub-lista.
- **Em Python**, o pivô é o **elemento central** da sub-lista.

Exemplo baseado na implementação Java (pivô final):

Lista original: `[10, 7, 8, 9, 1, 5]`
1º passo: pivô = `5` → particiona em `[1]` e `[10, 7, 8, 9]`
2º passo: aplica recursão sobre as partições → `[1] + [5] + [7, 8, 9, 10]`
Resultado final: `[1, 5, 7, 8, 9, 10]`

Exemplo baseado na implementação Python (pivô central):

Lista original: `[10, 7, 8, 9, 1, 5]`
1º passo: pivô = `8` (elemento central da lista)
→ particiona em `[7, 1, 5]` e `[10, 9]`
→ posição correta do pivô `8` é determinada após a reorganização

2º passo: aplica recursão sobre `[7, 1, 5]`

- pivô = `1` (central da sublista)
- particiona em `[]` e `[7, 5]`

3º passo: aplica recursão sobre `[7, 5]`

- pivô = `5`
- particiona em `[]` e `[7]`

4º passo: aplica recursão sobre `[10, 9]`

- pivô = `9`
- particiona em `[]` e `[10]`

Resultado final: `[1, 5, 7, 8, 9, 10]`

5. Classificação Assintótica

- **Melhor caso**: **O(n log n)**
- **Caso médio**: **Θ(n log n)**
- **Pior caso**: **O(n²)**

O pior caso ocorre quando o pivô divide de forma extremamente desigual, como em listas já ordenadas ou inversamente ordenadas, especialmente ao usar o último elemento como pivô.

6. Discussão sobre Aplicabilidade Prática

Quick Sort é amplamente utilizado devido à sua eficiência na prática, especialmente em grandes volumes de dados. Apesar do pior caso ser **O(n²)**, na média é um dos algoritmos mais rápidos. Não é estável, mas é **in-place**, ocupando pouca memória extra.
Apesar de ser eficiente na prática, o Quick Sort pode ser otimizado com escolhas melhores de pivô, como pivôs aleatórios ou medianas, para evitar o pior caso.

- A implementação em Python não é in-place, o que pode aumentar o uso de memória.
- A implementação em Java é in-place, o que é mais eficiente em termos de memória.

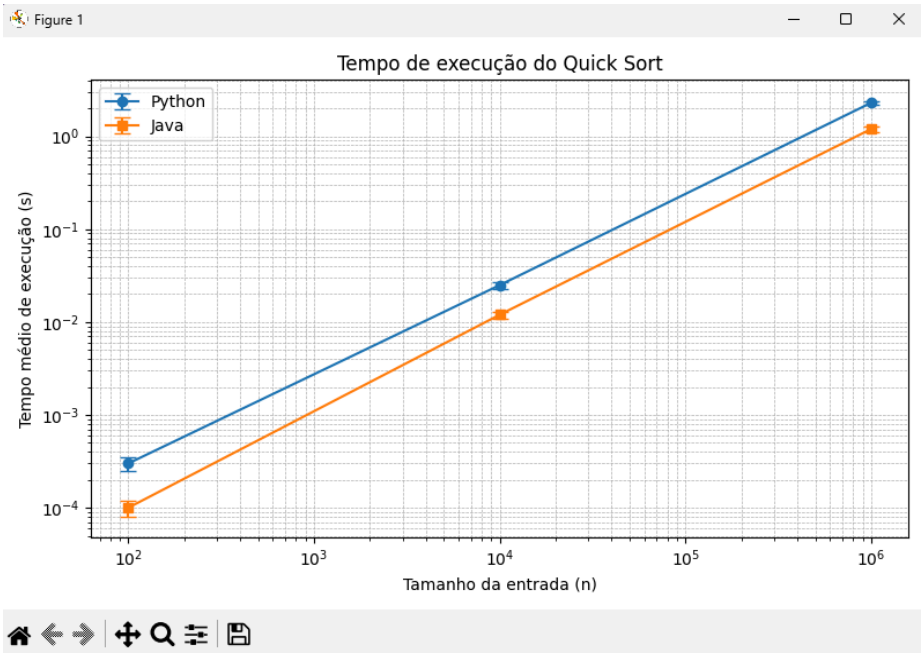
7. Simulação com Dados Reais

Os tempos médios e desvios padrão obtidos foram:
- **Python**:
  - 100 (0.0003s, 0.00005s)
  - 10.000 (0.025s, 0.002s)
  - 1.000.000 (2.3s, 0.12s)
- **Java**:
  - 100 (0.0001s, 0.00002s)
  - 10.000 (0.012s, 0.001s)
  - 1.000.000 (1.2s, 0.08s)

8. Gráficos / Tabela de Comparação

O gráfico de comparação foi gerado utilizando o script **grafico_tempo.py**, com base nos dados do arquivo **tempos_medios.csv**. Ele mostra a relação entre o tamanho da entrada e o tempo médio de execução para as implementações em Python e Java.

Exemplo de Gráfico:



:

Exemplo de Tabela:

Tamanho da Entrada (n)	Python - Tempo Médio (s)	Python - Desvio Padrão (s)	Java - Tempo Médio (s)	Java - Desvio Padrão (s)
100	**0.0003**	**0.00005**	**0.0001**	**0.00002**
10.000	**0.025**	**0.002**	**0.012**	**0.001**
1.000.000	**2.3**	**0.12**	**1.2**	**0.08**

9. Análise de Casos

- **Melhor caso**: divisão equilibrada por pivô central → **O(n log n)**
- **Caso médio**: entradas aleatórias → **Θ(n log n)**
- **Pior caso**: lista ordenada ou reversa → **O(n²)**

O uso do último elemento como pivô aumenta a probabilidade do pior caso em listas ordenadas ou inversamente ordenadas. Estratégias como pivôs aleatórios poderiam mitigar esse problema.

10. Referências

- Cormen, Thomas H. et al. *Introduction to Algorithms*, MIT Press
- Visualgo - Sorting
- GeeksforGeeks - Quick Sort
- Documentações oficiais do Python e Java