ECM306 – Tópicos Avançados em Estrutura de Dados

Aula 01

Engenharia da Computação – 3ª série

Introdução à Análise de Algoritmos (E1, E2)

2024

Pergunta

- O que é Algoritmo?

Resposta

- Algoritmo é:

  - ✓ Um procedimento, passo-a-passo, para a execução de alguma tarefa, em uma quantidade finita de tempo.

Definição

Algoritmo:

- Corresponde a uma descrição de um padrão de comportamento, expresso em termos de um conjunto finito de ações (*Dijkstra*, 1971 citado por *Ziviani*, 2004);
- Ao se executar a operação *a + b* percebe-se um padrão de comportamento, mesmo para valores diferentes de *a* e *b*;
- Segundo *Cormen* et al. (2002), informalmente, é um procedimento computacional bem definido que toma um conjunto de valores como entrada e produz algum conjunto de valores como saída.

Pergunta

- O que é Estrutura de Dados?

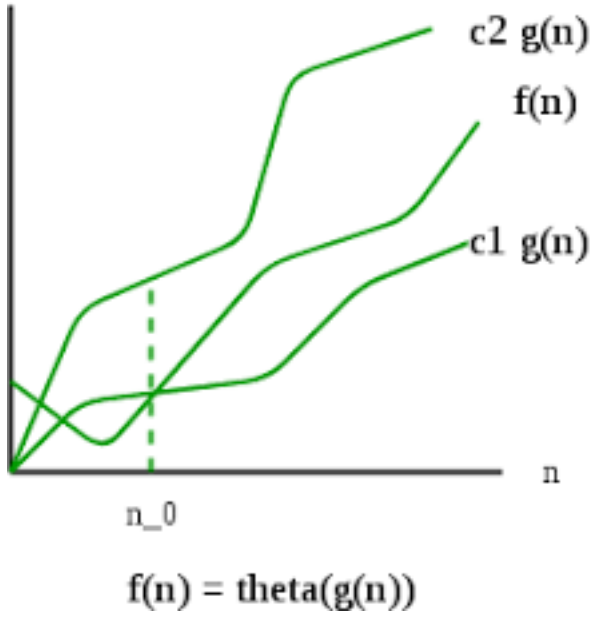
Resposta

- Estrutura de Dados é:

  - ✓ Uma coleção de dados organizados, de tal forma, para que possam ser convenientemente manuseados pelos algoritmos, em suas operações.

Pergunta

- O que é Análise de Algoritmos?



Resposta

- Análise de Algoritmos é:

  - ✓ O estudo da estimativa de recursos de tempo, espaço etc., consumidos pelos algoritmos;
  - ✓ Prever os recursos que o algoritmo necessitará;
  - ✓ Estimar o grau de dificuldade dos problemas computacionais.

Situação 1

- Dado um algoritmo, pode-se executá-lo em uma dada máquina, para um determinado conjunto de dado.

Reflexão

- Tal conhecimento é restrito e válido apenas para aquela situação?

Conclusão

- Para se avaliar o comportamento de um algoritmo é necessário analisá-lo nos casos gerais, para várias instâncias.

Situação 2

- Um desenvolvedor fica feliz, ao terminar a programação de um algoritmo, pelo fato dele estar sendo executado corretamente e com um bom desempenho nos testes.

Reflexão

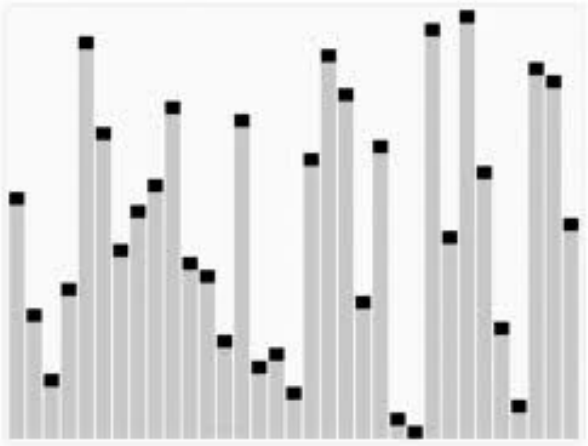
- O comportamento desse programa será também satisfatório em outras aplicações, ambientes e/ou computadores, para outras instâncias do problema?

Conclusão

- Apesar de haver várias questões importantes a serem analisadas em um algoritmo, seu desempenho, em geral, é a primeira delas, principalmente em problemas de alta complexidade computacional.

Pergunta

- O que pode ser analisado em um algoritmo?



Resposta

- Pode ser analisado por:
  - ✓ Desempenho;
  - ✓ Espaço de memória ocupado;
  - ✓ Comprimento total do código;
  - ✓ Corretismo ou Corretude;
  - ✓ Legibilidade;
  - ✓ Robustez;
  - ✓ Etc.

Definição

Características importantes de um algoritmo:

1. **Desempenho**: ponto chave de qualquer *software*;
2. **Simplicidade**: um algoritmo simples é mais fácil de ser implementado corretamente e, por consequência, há menor probabilidade de obter erros;
3. **Clareza**: deve ser escrito de forma clara e documentada para facilitar a manutenção;

Definição

Características importantes de um algoritmo:

4. **Segurança**: deve ser seguro (*safety* & *security*);
5. **Funcionalidade**: deve possuir diversas funcionalidades;
6. **Modularidade**: permite melhor manutenção, reuso, etc.;
7. **Interface amigável**: ou, em Inglês, *user friendly*, fundamental para a maior parte dos usuários;

Definição

Características importantes de um algoritmo:

8. **Corretismo ou Corretude**: segundo *Cormen* et al. (2002), um algoritmo é dito correto se, para cada instância de entrada, ele para com a saída correta ou informa que não há solução para aquela entrada, ou seja, deseja-se que um algoritmo termine e seja correto.

   Um algoritmo correto sempre termina, mesmo que seu processamento possa levar horas, dias ou anos;

Definição

Características importantes de um algoritmo:

9. **Problema Intratável**: não existe um algoritmo que solucione com demanda de recursos e tempo razoável.

   Problemas para os quais não se conhece solução eficiente:

   i. N P-difícil; e

   ii. N P-completo.

Pergunta

- Como avaliar um algoritmo?

Resposta

- Pode ser avaliado por:
  - ✓ Métodos Experimentais;
  - ✓ Métodos Analíticos.

Pergunta

- A Medição Direta de um algoritmo é viável em Métodos Experimentais?

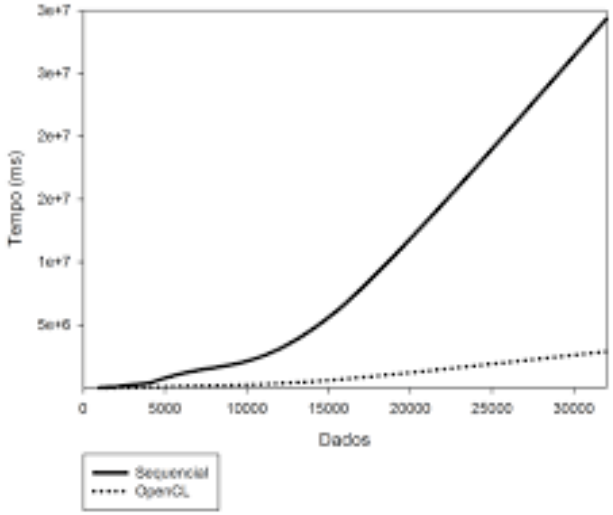
Resposta

- A Medição Direta de um algoritmo em Métodos Experimentais tem:

  - ✓ Dependência do Compilador/Interpretador;
  - ✓ Dependência de *Hardware*;
  - ✓ Dependência do Sistema Operacional;
  - ✓ Quantidade de Memória disponível;
  - ✓ Espaço disponível em Disco;
  - ✓ Etc.

Pergunta

- O que é Tamanho da Entrada de um algoritmo?

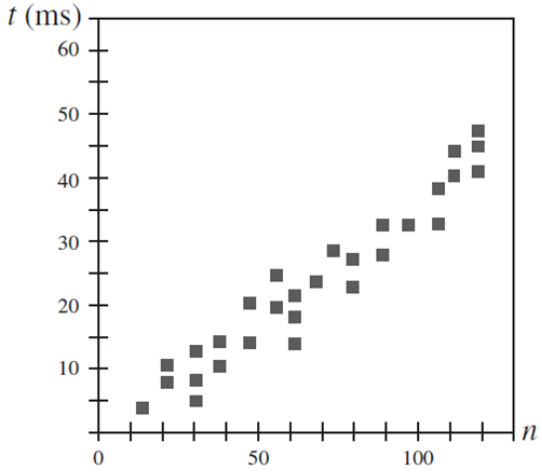


Resposta

- Tamanho da Entrada de um algoritmo, depende do problema, mas geralmente é relativo ao número de elementos da entrada que são processados pelo algoritmo:
  - ✓ O número de elementos em um arranjo, lista, árvore etc.; e
  - ✓ O tamanho de um inteiro que é passado por parâmetro.

Pergunta

- O Tempo de Execução de um algoritmo depende do Tamanho da Entrada?



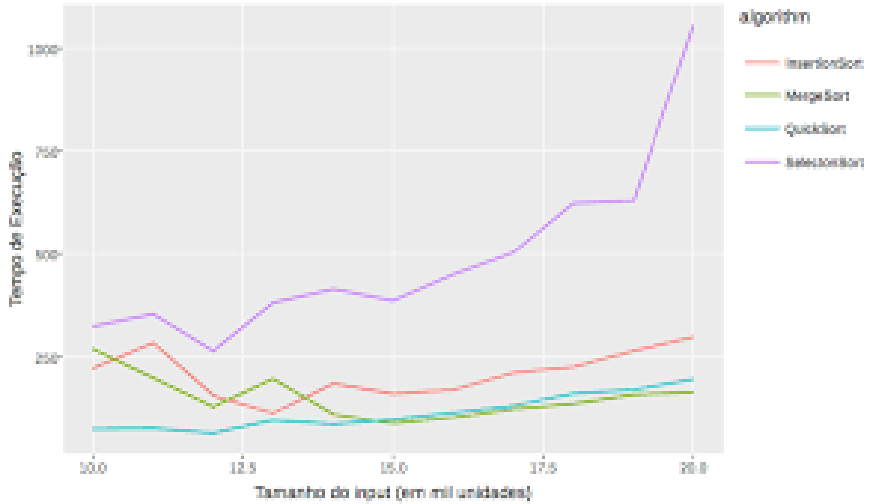
Resposta

- O Tempo de Execução de um algoritmo:

  - ✓ Depende do tamanho da entrada, ou instância;
  - ✓ Aumenta, em geral, com o aumento da quantidade de suas entradas, mantidas "constantes" as outras dependências.

Pergunta

- É útil Experimentar algoritmos, executando-os para diversos tamanhos de entrada e medindo os seus tempos?

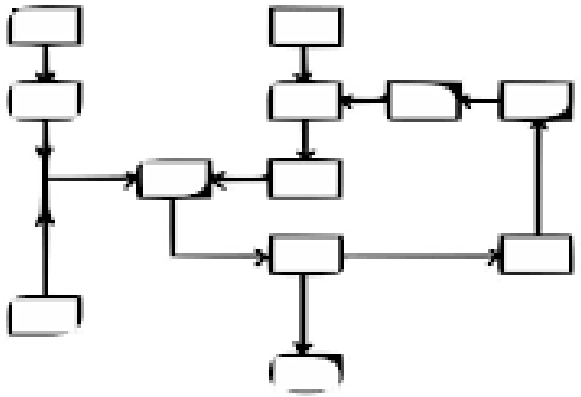


Resposta

- Experimentar algoritmos, em função do Tempo de Execução, é útil:
  - ✓ Mas pode encontrar limitações;
  - ✓ Mas pode ser feito com um conjunto limitado e não representativo das entradas;
  - ✓ Porém, de difícil comparação e conclusão em ambientes de *software* e *hardware* não idênticos;
  - ✓ Mas sempre necessita da execução e da medição precisa, de forma experimental.

Pergunta

- O que são Passos Básicos de um algoritmo?



Resposta

- Passos Básicos de um algoritmo referem-se às operações primitivas, utilizadas pela máquina:

  - ✓ Operações aritméticas;
  - ✓ Comparações;
  - ✓ Chamadas à funções;
  - ✓ Retornos de funções;
  - ✓ Etc.

Situação 3

- Numa situação hipotética, “desenvolveu-se um novo algoritmo chamado *TripleX*, que leva 14,2 segundos para processar 1.000 números, enquanto o método anterior, o *SimpleX* leva 42,1 segundos”.

Reflexão

- Com essas informações, seria correto trocar o *SimpleX*, que já é utilizado na sua empresa, pelo *TripleX*?
- Seria o *TripleX* também mais rápido para processar quantidades maiores que 1.000 números?

Conclusão

- Há vários outros fatores envolvidos que merecem análise;
- O número de passos básicos necessários, em função do tamanho da entrada que o algoritmo recebe:
  - Descorrelaciona a performance da máquina da performance do algoritmo; e
  - Reduz a análise ao desempenho, em função do tamanho da entrada.

Conclusão

- Assumindo-se que o Tamanho da Entrada como sendo ***n*** e que cada operação leva aproximadamente o mesmo tempo, constante;
- *TripleX*: para uma entrada de tamanho ***n***, o algoritmo, então, realiza $n^2 + n$ operações:
  - Em termos de função, $t(n) = n^2 + n$
- *SimpleX*: para uma entrada de tamanho ***n***, o algoritmo, então, realiza $2000 \cdot n$ operações:
  - Em termos de função, $s(n) = 2000 \cdot n$

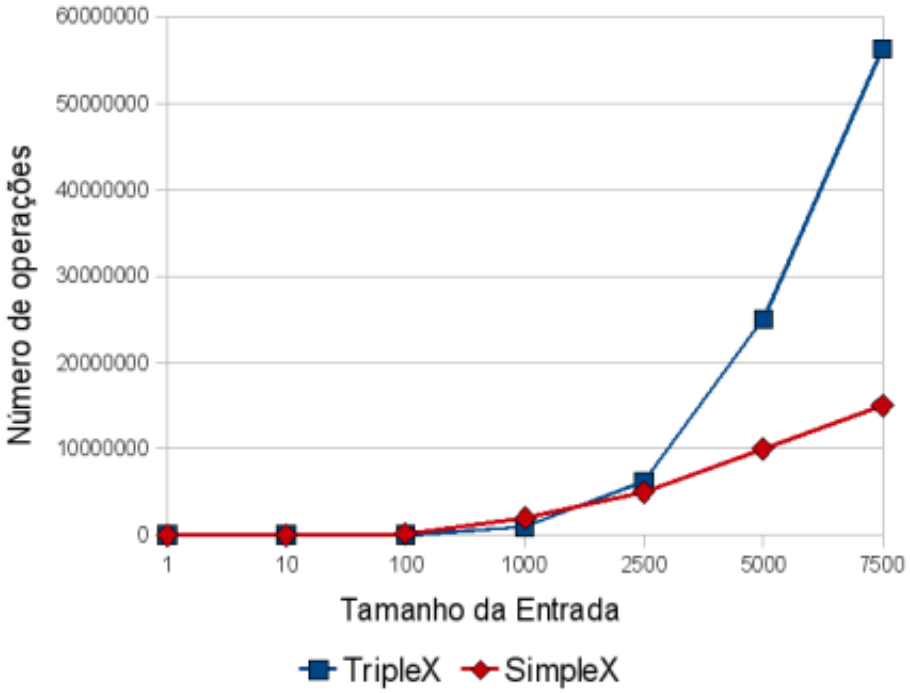
Conclusão

- Calculando o Número de Operações, em função da entrada:

n	1	10	100	1.000	10.000
$t(n) = n^2 + n$					
$s(n) = 2000 \cdot n$					

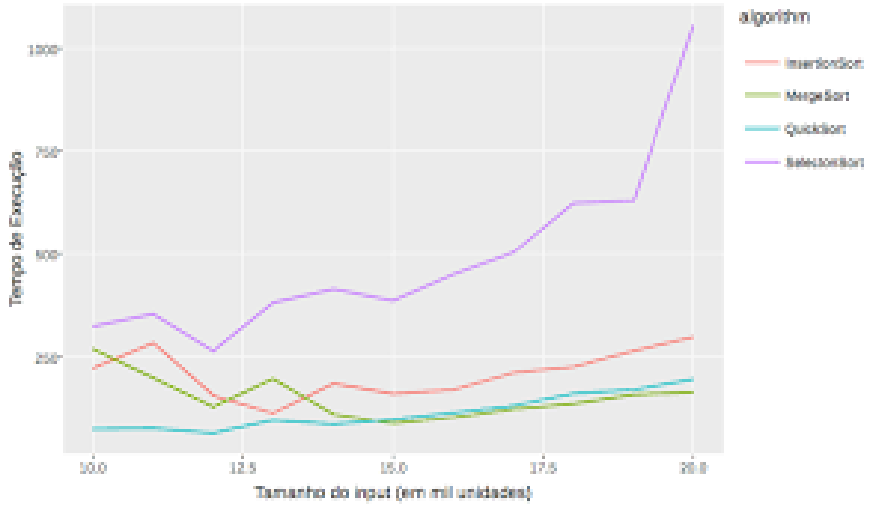
Conclusão

n	1	10	100	1.000	10.000
$t(n) = n^2 + n$	2	110	10.100	1.001.000	**100.010.000**
$s(n) = 2000 \cdot n$	2.000	20.000	20.000	2.000.000	20.000.000



Pergunta

- Seria útil Analisar algoritmos, considerando todas as entradas possíveis de serem aplicadas a eles?

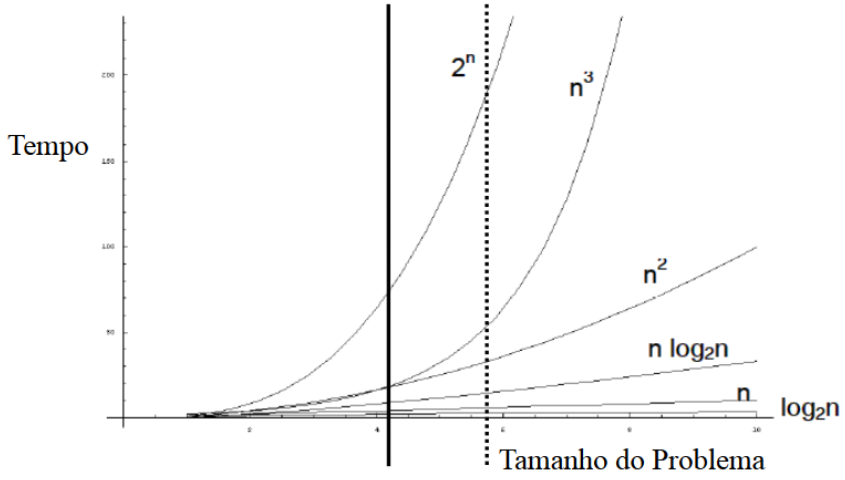


Resposta

- Analisar algoritmos, considerando todas as entradas possíveis, seria útil:
  - ✓ Desde que seja independente de ambientes de *hardware* e *software*;
  - ✓ Desde que seja obtido sem a execução do algoritmo.

Conclusão

- A Análise de Algoritmos deve, sempre que possível, ser realizada utilizando-se ambos, o Método Experimental e o Método Analítico, para melhor avaliação, conclusão e tomada de decisões, sobre o Desempenho de um Algoritmo.



Exemplo 1

- Experimentar algoritmos em Java, em função do Tempo de Execução:

Introdução à Análise de Algoritmos

Exemplo 1

```java
import java.util.concurrent.TimeUnit;
/* Programa para medir o tempo decorrido de um algoritmo em Java */
class MedeNanoseg
{
    public static void main(String args[]) throws InterruptedException
    {
        long startTime = System.nanoTime();  // Captura inicial do "relogio"
        /* Início do codigo a ser medido */
        |   // dorme por 5 segundos
            TimeUnit.SECONDS.sleep(5);
        /* Termino do código a ser medido */
        long endTime = System.nanoTime();    // Captura final do "relogio"
        long timeElapsed = endTime - startTime; // Diferença em nanosegundos
        /* Apresenta valores */
        System.out.println("Tempo de Execucao em Nanosegundos.: " + timeElapsed);
        System.out.println("Tempo de Execucao em Microsegundos: " + timeElapsed / 1000);
        System.out.println("Tempo de Execucao em Milisegundos.: " + timeElapsed / 1000 / 1000);
        System.out.println("Tempo de Execucao em Segundos.....: " + timeElapsed / 1000 / 1000 / 1000);
    }
}
```

Exemplo 2

- Experimentar algoritmos em Java, em função do Número de Comparações e do Número de Operações Aritméticas executadas:

Introdução à Análise de Algoritmos

Exemplo 2

```java
/* Programa para medir a quantidade de comparações e operações aritméticas em Java */
class MedeAcoes
{
    public static void main(String args[])
    {
        long compar = 0;  // Inicia contador de comparacoes com 0
        long aritOp = 0;  // Inicia contador de operacoes aritmeticas com 0
        /* Início do codigo a ser medido */
        int i = 0, multip10 = 0;
        do
        {
            compar = compar + 1; // incrementa contador da proxima comparacao do if()
            if(i % 10 == 0)
            {
               aritOp = aritOp + 1; // incrementa contador da proxima soma
               multip10 = multip10 + 1;   // contador e multiplos de 10
            }
            aritOp = aritOp + 1; // incrementa contador da proxima soma
            i = i + 1;
            compar = compar + 1; // incrementa contador da proxima comparacao do while()
        }while(i < 1000);
        /* Termino do código a ser medido */
        /* Apresenta valores */
        System.out.println("Quantidade de Ciclos Executados....: " + i);
        System.out.println("Quantidade de Multiplos de 10......: " + multip10);
        System.out.println("Quantidade de Comparacoes..........: " + compar);
        System.out.println("Quantidade de Operacoes Aritmeticas: " + aritOp);
    }
}
```

Referências bibliográficas

- CORMEN, T.H. et al. Algoritmos: Teoria e Prática (Caps. 13). Campus. 2002.
- ZIVIANI, N. Projeto de algoritmos: com implementações em Pascal e C (Cap. 1). 2.ed. Thomson, 2004.
- FEOFILOFF, P. Minicurso de Análise de Algoritmos, 2010. Disponível em: http://www.ime.usp.br/~pf/livrinho-AA/
- DOWNEY, A.B. *Analysis of algorithms* (Cap. 2), Em: *Computational Modeling and Complexity Science.* Disponível em: http://www.greenteapress.com/compmod/html/book003.html
- ROSA, J.L. Notas de Aula de Introdução a Ciência de Computação II. Universidade de São Paulo. Disponível em: http://coteia.icmc.usp.br/mostra.php?ident=639

Referências bibliográficas

- GOODRICH, Michael T. et al: *Algorithm Design and* Applications. Wiley, 2015.
- LEVITIN, Anany. *Introduction to the Design and Analysis of Algorithms*. Pearson, 2012.
- SKIENA, Steven S. *The Algorithm Design Manual.* Springer, 2008.
- Série de Livros Didáticos. *Complexidade de Algoritmos.* UFRGS.
- BHASIN, Harsh. *Algorithms – Design and Analysis.* Oxford University Press, 2015.
- FREITAS, Aparecido V. de – 2022 – Estruturas de Dados: Notas de Aula.
- CALVETTI, Robson - 2015 – Estruturas de Dados: Notas de Aula.

FIM