

Universidade Federal do Piauí
Campus Senador Helvídio Nunes de Barros – CSHNB
Curso de Sistemas de Informação
Disciplina: Estrutura de Dados 2 - Online
Professora: Juliana Oliveira de Carvalho

Trabalho para a primeira Avaliação de Estrutura de Dados 2
Vitor José Ferreira dos Santos de Santana

1. Resumo do Projeto

Projeto que envolve a resolução de quarto exercícios que devem ser resolvidos com os conhecimentos recém adquiridos em aula até o presente momento. Exercícios tais que envolvem conceitos e implementações de árvores binárias de buscas e árvores AVL, listas encadeadas simples e tratamento e leitura em arquivos de texto.

2. Introdução

Com o intuito de avaliar o desempenho de cada aluno para a primeira avaliação, este projeto conta com quatro exercícios de níveis de dificuldade e finalidade diferentes, onde temos que fazer implementações de árvores binárias de buscas e árvores AVL, listas encadeadas simples e tratamento e leitura em arquivos de texto.

No primeiro e segundo exercício usamos árvores de binária de busca e AVL para trabalhar com números aleatórios e na terceira e quarta foi feito a implementação com as mesmas estruturas com o diferencial de um uso de listas simples e tratamento e leitura em arquivo de texto.

3. Seções Específicas

a. Informações técnicas

Para o desenvolvimento e testes deste projeto foi utilizado um notebook Lenovo G40-70 com um processador Intel Core i3 de quarta geração, quatro gigas de memória ram DDR3L, sistema operacional com a arquitetura de 64 bits, GNU/Linux Debian 11 (Estável). Os códigos foram feitos nos editores de

texto Atom e Vim e compilados pelo compilador GCC(GNU Compiler Collections), versão 10.2.1, padrão nos repositórios Debian Stable.

b. Exercício 1

O exercício 1 consiste em um programa que cria uma lista com 1000 números aleatórios, criados pela função `rand()` da biblioteca `time.h` e que são inseridos em uma árvore binária de busca.

A função `'numberRandom'` faz o trabalho de criar o número aleatório e passar para a função de inserção da árvore. A função `'numberRandom'` recebe o endereço da árvore, o endereço da variável que recebe o tempo e uma variável que conta o número da árvore.

Depois de inseridos a árvore é exposta a alguns cálculos a fim de descobrir a diferença entre a maior e menor profundidade da árvore. Assim, a função `'getSmallerDepth'`, calcula a menor profundidade da árvore e `'getBigDepth'` calcula a maior profundidade da árvore.

Cada uma das funções retorna um inteiro e, assim, a diferença é calculada. O tempo de busca do número 500 é calculado com a função `'timeSearch'`. Os dados da árvore são impressos com a função `'showInfoTree'` e, para evitar desperdício de memória, a função `'toCleanTree'` é chamada para limpar todos os elementos da árvore.

O processo é realizado 30 vezes e no final é impresso, com a função `'getRepeatedTime'` a quantidade de vezes que cada diferença de profundidade apareceu nas 30 repetições.

c. Exercício 2

A segunda questão faz o mesmo procedimento da primeira. Porém é feita uma árvore AVL, assim em cada inserção é verificado a altura e, se necessário, é feita uma mudança de raiz, rotação.

d. Exercício 3

A terceira questão é um programa de glossário Inglês-Português. Um arquivo `'ingles.txt'` contém as palavras do glossário. Ao executar o programa a função `'initTreeList'` inicializa, como NULL, um array de árvores, onde ficam as palavras em português.

A função `'openFile2'` recebe o array de árvores e um contador para o tempo de inserção. A função é encarregada de extrair os dados do arquivo e tratá-los de forma a alocar corretamente em uma árvore, caso a palavra seja em português, ou em uma lista ligada à árvore, caso seja uma palavra em inglês. Cada árvore é um elemento do

array, e cada árvore tem uma lista de palavras em inglês.

O usuário, ao executar o programa, ele tem 2 opções. Verificar as palavras que estão em uma unidade ou verificar uma palavra em específico. O programa encerra quando o usuário digita 0. Ao inserir ou realizar uma pesquisa o tempo é contabilizado e informado para o usuário.

e. Exercício 4

A quarta questão faz o mesmo procedimento da terceira. Porém é feito uma árvore AVL, assim em cada inserção é verificado a altura e, se necessário, é feito uma mudança de raiz, rotação. Ao inserir ou realizar uma pesquisa o tempo é contabilizado e informado para o usuário.

4. Resultados da Execução do Programa

Após a finalização de cada código, foi realizada uma série de testes, de maneira cautelosa, para fins de avaliação dos resultados, tratamento de erros e otimizações. Os resultados serão mostrados por meio de tabelas onde há dois campos, um de entrada, onde há os dados digitados pelo usuário, e outro de saída contendo o retorno do programa.

O exercício número um e dois é um programa que simula utilizar uma árvore de 1000 elementos aleatórios e calcula a diferença entre as profundidades.

Saída - Questão 1
INFO DA ÁRVORE ### + Tempo gasto na inserção: 0.000370 s ~ 0.370 ms ~ 3.70 µs + Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 ~ 0.01 µs ~ 0.10ns ? Encontrou 500: Sim < Menor profundidade: 21 > Maior profundidade: 21 ! Diferença entre menor e maior: 0 ### INFO DA ÁRVORE ### + Tempo gasto na inserção: 0.000253 s ~ 0.253 ms ~ 2.53

```

                                µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 18
    > Maior profundidade: 22
    ! Diferença entre menor e maior: 4
    ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000267 s | ~ 0.267 ms | ~ 2.67
                                µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 11
    > Maior profundidade: 22
    ! Diferença entre menor e maior: 11
    ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000254 s | ~ 0.254 ms | ~ 2.54
                                µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 17
    > Maior profundidade: 20
    ! Diferença entre menor e maior: 3
    ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000271 s | ~ 0.271 ms | ~ 2.71
                                µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 18
    > Maior profundidade: 20
    ! Diferença entre menor e maior: 2
    ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000301 s | ~ 0.301 ms | ~ 3.01
                                µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 16
    > Maior profundidade: 22
    ! Diferença entre menor e maior: 6
    ### INFO DA ÁRVORE ###

```

```
+ Tempo gasto na inserção: 0.000312 s | ~ 0.312 ms | ~ 3.12
    µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
    | ~ 0.20ns
    ? Encontrou 500: Não
    < Menor profundidade: 7
    > Maior profundidade: 25
    ! Diferença entre menor e maior: 18
    ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000293 s | ~ 0.293 ms | ~ 2.93
    µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
    | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 20
    > Maior profundidade: 23
    ! Diferença entre menor e maior: 3
    ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000262 s | ~ 0.262 ms | ~ 2.62
    µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
    | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 19
    > Maior profundidade: 23
    ! Diferença entre menor e maior: 4
    ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000309 s | ~ 0.309 ms | ~ 3.09
    µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
    | ~ 0.20ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 17
    > Maior profundidade: 22
    ! Diferença entre menor e maior: 5
    ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000263 s | ~ 0.263 ms | ~ 2.63
    µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
    | ~ 0.20ns
    ? Encontrou 500: Não
    < Menor profundidade: 11
    > Maior profundidade: 20
    ! Diferença entre menor e maior: 9
```

```
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000249 s | ~ 0.249 ms | ~ 2.49
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 19
  > Maior profundidade: 19
  ! Diferença entre menor e maior: 0
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000277 s | ~ 0.277 ms | ~ 2.77
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 13
  > Maior profundidade: 24
  ! Diferença entre menor e maior: 11
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000250 s | ~ 0.250 ms | ~ 2.50
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 18
  > Maior profundidade: 20
  ! Diferença entre menor e maior: 2
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000242 s | ~ 0.242 ms | ~ 2.42
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 18
  > Maior profundidade: 18
  ! Diferença entre menor e maior: 0
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000247 s | ~ 0.247 ms | ~ 2.47
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 16
  > Maior profundidade: 21
```

```

! Diferença entre menor e maior: 5
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000323 s | ~ 0.323 ms | ~ 3.23
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 14
  > Maior profundidade: 25
! Diferença entre menor e maior: 11
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000265 s | ~ 0.265 ms | ~ 2.65
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 13
  > Maior profundidade: 23
! Diferença entre menor e maior: 10
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000248 s | ~ 0.248 ms | ~ 2.48
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 18
  > Maior profundidade: 19
! Diferença entre menor e maior: 1
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000263 s | ~ 0.263 ms | ~ 2.63
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 11
  > Maior profundidade: 21
! Diferença entre menor e maior: 10
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000249 s | ~ 0.249 ms | ~ 2.49
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 18

```

```

      > Maior profundidade: 20
    ! Diferença entre menor e maior: 2
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000247 s | ~ 0.247 ms | ~ 2.47
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Não
    < Menor profundidade: 17
    > Maior profundidade: 19
    ! Diferença entre menor e maior: 2
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000270 s | ~ 0.270 ms | ~ 2.70
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 11
    > Maior profundidade: 24
    ! Diferença entre menor e maior: 13
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000260 s | ~ 0.260 ms | ~ 2.60
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 14
    > Maior profundidade: 20
    ! Diferença entre menor e maior: 6
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000245 s | ~ 0.245 ms | ~ 2.45
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Não
    < Menor profundidade: 16
    > Maior profundidade: 22
    ! Diferença entre menor e maior: 6
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000240 s | ~ 0.240 ms | ~ 2.40
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
    ? Encontrou 500: Não

```



```
< Menor profundidade: 17
> Maior profundidade: 18
! Diferença entre menor e maior: 1
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000281 s | ~ 0.281 ms | ~ 2.81
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 17
  > Maior profundidade: 22
  ! Diferença entre menor e maior: 5
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000294 s | ~ 0.294 ms | ~ 2.94
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 17
  > Maior profundidade: 21
  ! Diferença entre menor e maior: 4
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000248 s | ~ 0.248 ms | ~ 2.48
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 18
  > Maior profundidade: 20
  ! Diferença entre menor e maior: 2
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000254 s | ~ 0.254 ms | ~ 2.54
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 18
  > Maior profundidade: 22
  ! Diferença entre menor e maior: 4
    # 0 repetiu 3
    # 4 repetiu 4
    # 11 repetiu 3
    # 3 repetiu 2
    # 2 repetiu 5
```

```
# 6 repetiu 3
# 18 repetiu 1
# 5 repetiu 3
# 9 repetiu 1
# 10 repetiu 2
# 1 repetiu 2
# 13 repetiu 1
```

Saída - Questão 2

```
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000682 s | ~ 0.682 ms | ~ 6.82
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 18
  > Maior profundidade: 20
  ! Diferença entre menor e maior: 2
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000594 s | ~ 0.594 ms | ~ 5.94
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 12
  > Maior profundidade: 21
  ! Diferença entre menor e maior: 9
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000605 s | ~ 0.605 ms | ~ 6.05
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 16
  > Maior profundidade: 21
  ! Diferença entre menor e maior: 5
  ### INFO DA ÁRVORE ###
```

```

+ Tempo gasto na inserção: 0.000563 s | ~ 0.563 ms | ~ 5.63
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 16
  > Maior profundidade: 18
  ! Diferença entre menor e maior: 2
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000643 s | ~ 0.643 ms | ~ 6.43
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 11
  > Maior profundidade: 22
  ! Diferença entre menor e maior: 11
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000530 s | ~ 0.530 ms | ~ 5.30
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 14
  > Maior profundidade: 18
  ! Diferença entre menor e maior: 4
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000544 s | ~ 0.544 ms | ~ 5.44
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 9
  > Maior profundidade: 19
  ! Diferença entre menor e maior: 10
  ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000576 s | ~ 0.576 ms | ~ 5.76
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 17
  > Maior profundidade: 18
  ! Diferença entre menor e maior: 1

```

```

      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000606 s | ~ 0.606 ms | ~ 6.06
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
      ? Encontrou 500: Não
      < Menor profundidade: 15
      > Maior profundidade: 23
      ! Diferença entre menor e maior: 8
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000583 s | ~ 0.583 ms | ~ 5.83
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
      ? Encontrou 500: Sim
      < Menor profundidade: 15
      > Maior profundidade: 23
      ! Diferença entre menor e maior: 8
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000574 s | ~ 0.574 ms | ~ 5.74
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
      ? Encontrou 500: Não
      < Menor profundidade: 18
      > Maior profundidade: 20
      ! Diferença entre menor e maior: 2
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000542 s | ~ 0.542 ms | ~ 5.42
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
      ? Encontrou 500: Sim
      < Menor profundidade: 17
      > Maior profundidade: 18
      ! Diferença entre menor e maior: 1
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000559 s | ~ 0.559 ms | ~ 5.59
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
      ? Encontrou 500: Sim
      < Menor profundidade: 18
      > Maior profundidade: 20

```

```
! Diferença entre menor e maior: 2
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000545 s | ~ 0.545 ms | ~ 5.45
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Sim
  < Menor profundidade: 16
  > Maior profundidade: 19
! Diferença entre menor e maior: 3
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000561 s | ~ 0.561 ms | ~ 5.61
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 11
  > Maior profundidade: 21
! Diferença entre menor e maior: 10
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000591 s | ~ 0.591 ms | ~ 5.91
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 18
  > Maior profundidade: 20
! Diferença entre menor e maior: 2
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000683 s | ~ 0.683 ms | ~ 6.83
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 11
  > Maior profundidade: 23
! Diferença entre menor e maior: 12
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000528 s | ~ 0.528 ms | ~ 5.28
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000002 | ~ 0.02 µs
  | ~ 0.20ns
  ? Encontrou 500: Não
  < Menor profundidade: 17
```

```

      > Maior profundidade: 18
    ! Diferença entre menor e maior: 1
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000538 s | ~ 0.538 ms | ~ 5.38
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Não
    < Menor profundidade: 16
    > Maior profundidade: 18
    ! Diferença entre menor e maior: 2
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000543 s | ~ 0.543 ms | ~ 5.43
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Não
    < Menor profundidade: 17
    > Maior profundidade: 18
    ! Diferença entre menor e maior: 1
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000590 s | ~ 0.590 ms | ~ 5.90
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 12
    > Maior profundidade: 22
    ! Diferença entre menor e maior: 10
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000569 s | ~ 0.569 ms | ~ 5.69
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Sim
    < Menor profundidade: 5
    > Maior profundidade: 21
    ! Diferença entre menor e maior: 16
      ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000513 s | ~ 0.513 ms | ~ 5.13
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
    ? Encontrou 500: Sim

```

```

        < Menor profundidade: 15
        > Maior profundidade: 17
        ! Diferença entre menor e maior: 2
        ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000544 s | ~ 0.544 ms | ~ 5.44
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
        ? Encontrou 500: Não
        < Menor profundidade: 15
        > Maior profundidade: 19
        ! Diferença entre menor e maior: 4
        ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000586 s | ~ 0.586 ms | ~ 5.86
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
        ? Encontrou 500: Sim
        < Menor profundidade: 13
        > Maior profundidade: 23
        ! Diferença entre menor e maior: 10
        ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000594 s | ~ 0.594 ms | ~ 5.94
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
        ? Encontrou 500: Não
        < Menor profundidade: 13
        > Maior profundidade: 22
        ! Diferença entre menor e maior: 9
        ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000610 s | ~ 0.610 ms | ~ 6.10
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
        ? Encontrou 500: Não
        < Menor profundidade: 15
        > Maior profundidade: 21
        ! Diferença entre menor e maior: 6
        ### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000617 s | ~ 0.617 ms | ~ 6.17
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns

```

```

? Encontrou 500: Não
< Menor profundidade: 18
> Maior profundidade: 23
! Diferença entre menor e maior: 5
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000544 s | ~ 0.544 ms | ~ 5.44
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
? Encontrou 500: Sim
< Menor profundidade: 17
> Maior profundidade: 18
! Diferença entre menor e maior: 1
### INFO DA ÁRVORE ###
+ Tempo gasto na inserção: 0.000548 s | ~ 0.548 ms | ~ 5.48
  µs
+ Tempo gasto na busca do número 500: 0.000001 | ~ 0.01 µs
  | ~ 0.10ns
? Encontrou 500: Sim
< Menor profundidade: 16
> Maior profundidade: 22
! Diferença entre menor e maior: 6
# 2 repetiu 7
# 9 repetiu 2
# 5 repetiu 2
# 11 repetiu 1
# 4 repetiu 2
# 10 repetiu 4
# 1 repetiu 5
# 8 repetiu 2
# 3 repetiu 1
# 12 repetiu 1
# 16 repetiu 1
# 6 repetiu 2

```

No exercício três e quatro é feito um programa de glossário Inglês-Português.

Entrada - arquivo	Saída
+ Tempo gasto na inserção: 0.000039 s ~ 0.039 ms ~ 0.39 µs	Palavra: tempo Equivalentes: time # TEMPO NA INSERÇÃO

~ 3.90ns	+ Tempo gasto na busca por tempo: 0.000003 s ~ 0.003 ms ~ 0.03 μ s ~ 0.30ns
----------	---

5. Notas

O tempo de inserção é bem superior ao de busca. Na árvore AVL a diferença é bem mais notória. A inserção na árvore binária é rápida, mas sua busca é lenta, se comparar com a inserção e busca da árvore AVL.

6. Conclusão

Como dito anteriormente, este trabalho tem como finalidade avaliar os conhecimentos para a primeira nota da disciplina de Estrutura de Dados 2. Com o aprendizado em aula, fóruns e diálogo com os colegas e professora conseguimos exercitar nossos novos conhecimentos ao resolver todos esses exercícios. Com o finalizar deste trabalho ficou clara e simples a forma de utilização e implementação de árvores binárias e AVLs na linguagem C.