UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

COMPONENTE CURRICULAR: LABORATÓRIO DE ALGORITMOS E ESTRUTURA DE DADOS II

DOCENTE: KENNEDY REURISON LOPES

DISCENTE(S): ISABEL DE PAIVA FREIRE - 2024010417

ATIVIDADE SOBRE ÁRVORES BINÁRIAS

PAU DOS FERROS

MAIO DE 2025

1. ESTRUTURA DE DADOS

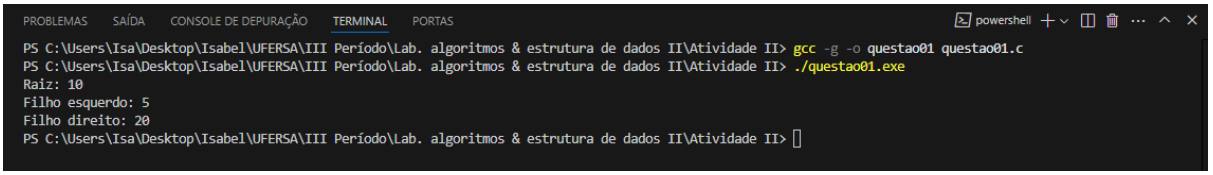
Construa uma estrutura de dados para representar uma árvore binária. A estrutura deve conter os seguintes campos:
• Ponteiro para o nó esquerdo
• Ponteiro para o nó direito
• Dado armazenado no nó

- Código:

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição do nó da árvore binária
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node *esquerda;
    struct Node *direita;
} Node;



//função para criar um novo nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo_no = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo_no == NULL) {
        printf("Erro na alocacao de memoria.\n");
        exit(1);
    }


    novo_no->valor = valor;
    novo_no->esquerda = NULL;
    novo_no->direita = NULL;
    return novo_no;
}



//função principal
int main() {
    // Cria a raiz
    Node *raiz = criar_no(10);
```

```c
    // Adiciona filho à direita
    raiz->direita = criar_no(20);

    // Adiciona filho à esquerda
    raiz->esquerda = criar_no(5);

    printf("Raiz: %d\n", raiz->valor);
    printf("Filho esquerdo: %d\n", raiz->esquerda->valor);
    printf("Filho direito: %d\n", raiz->direita->valor);

    // Libera a memória
    free(raiz->esquerda);
    free(raiz->direita);
    free(raiz);

    return 0;
}
```

- Saída do código:



2. CRIAÇÃO DE UMA ÁRVORE BINÁRIA

- Código:

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição do nó da árvore binária
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node *esquerda;
    struct Node *direita;
} Node;



//função para criar um novo nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo_no = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo_no == NULL) {
        printf("Erro ao alocar memoria.\n");
        exit(1);
    }
    novo_no->valor = valor;
    novo_no->esquerda = NULL;
    novo_no->direita = NULL;
    return novo_no;
}



//função para imprimir a árvore (em pré-ordem)
void imprimir(Node* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        printf("%d ", raiz->valor);
        imprimir(raiz->esquerda);
        imprimir(raiz->direita);
    }
}



//função para liberar a memória da árvore
```

```c
void liberar(Node* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        liberar(raiz->esquerda);
        liberar(raiz->direita);
        free(raiz);
    }
}


//função principal
int main() {
    //criação dos nós
    Node *raiz = criar_no(10);
    raiz->direita = criar_no(20);
    raiz->direita->esquerda = criar_no(15);

    //impressão da árvore
    printf("Percorrendo a arvore (pre-ordem): ");
    imprimir(raiz);
    printf("\n");

    //liberação da memória
    liberar(raiz);

    return 0;
}
```

- Saída do código:

```
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> ./questao02.exe
Percorrendo a arvore (pre-ordem): 10 20 15
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II>
```

3. REMOÇÃO DE UMA ÁRVORE BINÁRIA

- Código:

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

// definição do nó da árvore binária
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node *esquerda;
    struct Node *direita;
} Node;

// função para criar o nó
Node* criar_no(int valor){
    Node* novo = malloc(sizeof(Node));
    if(novo){
        novo->direita = NULL;
        novo->esquerda = NULL;
        novo->valor = valor;
    }
    return novo;
}

// função para remover o nó (com impressão)
void remover_arvore(Node* T) {
    if (T != NULL) {
        remover_arvore(T->esquerda);
        remover_arvore(T->direita);
        printf("Removendo no com valor: %d\n", T->valor);
        free(T);
    }
}

// função principal
int main(){
    Node *raiz = criar_no(10);
    raiz->direita = criar_no(20);
    raiz->direita->esquerda = criar_no(15);

    // libera memória e imprime os nós removidos
    remover_arvore(raiz);
```

```
    return 0;
}
```

- Saída do código:

```
PROBLEMAS  SAÍDA  CONSOLE DE DEPURAÇÃO  TERMINAL  PORTAS                                                    powershell

PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> gcc questao03.c -o questao03.exe
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> ./questao03.exe
Removendo no com valor: 15
Removendo no com valor: 20
Removendo no com valor: 10
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II>
```

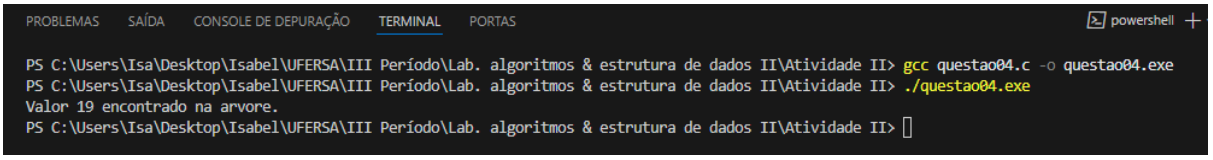
4. BUSCA EM UMA ÁRVORE BINÁRIA

- Código:

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição do nó da árvore binária
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node *esquerda;
    struct Node *direita;
} Node;

//criar um novo nó
Node* criar_no(int valor){
    Node* novo = malloc(sizeof(Node));
    if(novo){
        novo->direita = NULL;
        novo->esquerda = NULL;
        novo->valor = valor;
    }
    return novo;
}

//inserir um valor na árvore
Node* inserir(Node* raiz, int valor){
    if(raiz == NULL){
        return criar_no(valor);
    }
    if(valor < raiz->valor){
        raiz->esquerda = inserir(raiz->esquerda, valor);
    } else if (valor > raiz->valor){
        raiz->direita = inserir(raiz->direita, valor);
    }
    return raiz;
}

//função de busca
Node* buscar(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return NULL;
    }
    if (raiz->valor == valor) {
```

```
        return raiz;
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        return buscar(raiz->esquerda, valor);
    } else {
        return buscar(raiz->direita, valor);
    }
}

//função principal
int main(){
    Node *raiz = NULL;
    raiz = inserir(raiz, 20);
    raiz = inserir(raiz, 10);
    raiz = inserir(raiz, 18);
    raiz = inserir(raiz, 19);
    raiz = inserir(raiz, 17);
    raiz = inserir(raiz, 14);
    raiz = inserir(raiz, 41);
    raiz = inserir(raiz, 23);
    raiz = inserir(raiz, 15);
    raiz = inserir(raiz, 31);

    int chave = 19;
    Node* resultado = buscar(raiz, chave);

    if(resultado != NULL){
        printf("Valor %d encontrado na arvore.\n", resultado->valor);
    } else {
        printf("Valor %d não encontrado na arvore.\n", chave);
    }

    return 0;
}
```

- Saída:



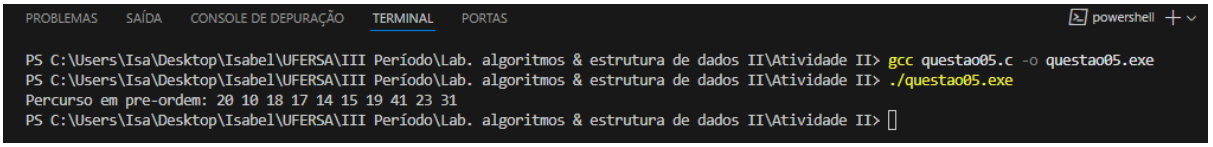
5. INSERÇÃO EM UMA ÁRVORE BINÁRIA

- Código:

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição do nó da árvore binária
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node *esquerda;
    struct Node *direita;
} Node;

// Função para criar um novo nó
Node* criar_no(int valor){
    Node* novo = malloc(sizeof(Node));
    if(novo){
        novo->direita = NULL;
        novo->esquerda = NULL;
        novo->valor = valor;
    }
    return novo;
}

//função para inserir na árvore binária
Node* inserir(Node* raiz, int valor){
    if(raiz == NULL){
        return criar_no(valor);
    }
    if(valor < raiz->valor){
        raiz->esquerda = inserir(raiz->esquerda, valor);
    }
    else if(valor > raiz->valor){
        raiz->direita = inserir(raiz->direita, valor);
    }
    //se o valor já existe, não faz nada
    return raiz;
}

//percurso em pré-ordem
void pre_ordem(Node* raiz){
    if(raiz != NULL){
        printf("%d ", raiz->valor);
        pre_ordem(raiz->esquerda);
```

```
        pre_ordem(raiz->direita);
    }
}


//função principal
int main(){
    Node *raiz = NULL;

    //inserindo nós
    raiz = inserir(raiz, 20);
    raiz = inserir(raiz, 10);
    raiz = inserir(raiz, 18);
    raiz = inserir(raiz, 19);
    raiz = inserir(raiz, 17);
    raiz = inserir(raiz, 14);
    raiz = inserir(raiz, 41);
    raiz = inserir(raiz, 23);
    raiz = inserir(raiz, 15);
    raiz = inserir(raiz, 31);

    //impressão em pré-ordem
    printf("Percurso em pre-ordem: ");
    pre_ordem(raiz);
    printf("\n");

    return 0;
}
```

- Saída:



6. EXERCÍCIOS

a) Implemente a estrutura de dados para a árvore binária de busca

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição da estrutura do nó da árvore binária de busca
typedef struct No {
    int dado;
    struct No* esquerdo;
    struct No* direito;
} No;
```

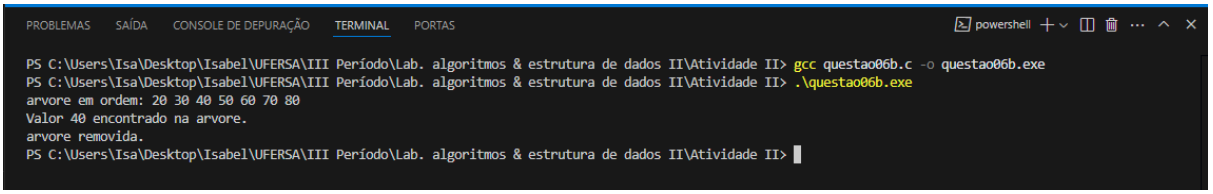
b) Implemente as funções de criação, remo, busca e inserção.

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição da estrutura do nó
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node* esquerdo;
    struct Node* direito;
} Node;

//função para criar um nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo) {
        novo->valor = valor;
        novo->esquerdo = NULL;
        novo->direito = NULL;
    }
    return novo;
}

//função para inserir na árvore
Node* inserir(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_no(valor);
    }
    if (valor < raiz->valor) {
```

```
        raiz->esquerdo = inserir(raiz->esquerdo, valor);
    } else if (valor > raiz->valor) {
        raiz->direito = inserir(raiz->direito, valor);
    }
    return raiz;
}

//função para buscar um valor na árvore
Node* buscar(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return NULL;
    }
    if (raiz->valor == valor) {
        return raiz;
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        return buscar(raiz->esquerdo, valor);
    } else {
        return buscar(raiz->direito, valor);
    }
}

//função para remover todos os nós
void remover_arvore(Node* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        remover_arvore(raiz->esquerdo);
        remover_arvore(raiz->direito);
        free(raiz);
    }
}

//função para exibir a árvore
void em_ordem(Node* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        em_ordem(raiz->esquerdo);
        printf("%d ", raiz->valor);
        em_ordem(raiz->direito);
    }
}

//função principal
int main() {
    Node* raiz = NULL;
```

```
    raiz = inserir(raiz, 50);
    raiz = inserir(raiz, 30);
    raiz = inserir(raiz, 70);
    raiz = inserir(raiz, 20);
    raiz = inserir(raiz, 40);
    raiz = inserir(raiz, 60);
    raiz = inserir(raiz, 80);

    printf("arvore em ordem: ");
    em_ordem(raiz);
    printf("\n");

    // busca
    int valor_buscado = 40;
    Node* resultado = buscar(raiz, valor_buscado);
    if (resultado != NULL) {
        printf("Valor %d encontrado na arvore.\n", valor_buscado);
    } else {
        printf("Valor %d nao encontrado na arvore.\n", valor_buscado);
    }

    //remoção de toda a árvore
    remover_arvore(raiz);
    printf("arvore removida.\n");

    return 0;
}
```

c) Teste as funções com diferentes casos de teste.



d) Crie um algoritmo para percorrer a árvore em ordem (in-ordem).

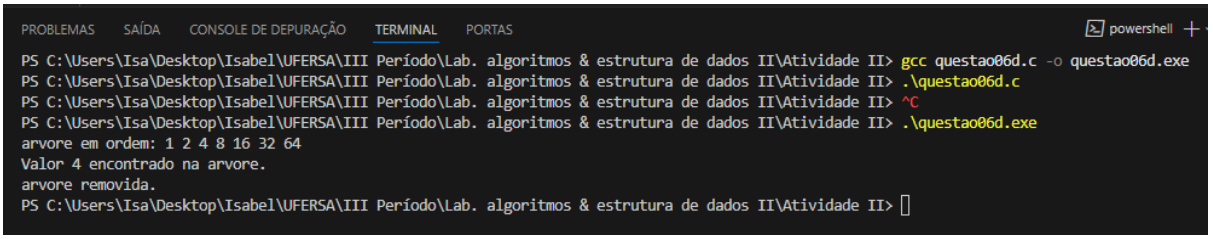
```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição da estrutura do nó
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node* esquerda;
```

```c
    struct Node* direita;
} Node;

//função para criar um nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo) {
        novo->valor = valor;
        novo->esquerda = NULL;
        novo->direita = NULL;
    }
    return novo;
}

//função para inserir na árvore
Node* inserir(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_no(valor);
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        raiz->esquerda = inserir(raiz->esquerda, valor);
    } else if (valor > raiz->valor) {
        raiz->direita = inserir(raiz->direita, valor);
    }
    return raiz;
}

//função para buscar um valor na árvore
Node* buscar(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return NULL;
    }
    if (raiz->valor == valor) {
        return raiz;
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        return buscar(raiz->esquerda, valor);
    } else {
        return buscar(raiz->direita, valor);
    }
}

//função para remover todos os nós
```

```c
void remover_arvore(Node* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        remover_arvore(raiz->esquerda);
        remover_arvore(raiz->direita);
        free(raiz);
    }
}

//função para exibir a árvore em ordem - in-ordem
void em_ordem(Node* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        em_ordem(raiz->esquerda);
        printf("%d ", raiz->valor);
        em_ordem(raiz->direita);
    }
}

//função principal
int main() {
    Node* raiz = NULL;

    //inserção de valores na árvore
    raiz = inserir(raiz, 1);
    raiz = inserir(raiz, 2);
    raiz = inserir(raiz, 4);
    raiz = inserir(raiz, 8);
    raiz = inserir(raiz, 16);
    raiz = inserir(raiz, 32);
    raiz = inserir(raiz, 64);

    //exibir a árvore em ordem
    printf("arvore em ordem: ");
    em_ordem(raiz);
    printf("\n");

    //buscar um valor na árvore
    int valor_buscado = 4;
    Node* resultado = buscar(raiz, valor_buscado);
    if (resultado != NULL) {
        printf("Valor %d encontrado na arvore.\n", valor_buscado);
    } else {
        printf("Valor %d nao encontrado na arvore.\n", valor_buscado);
    }
```

```
    //remover toda a árvore
    remover_arvore(raiz);
    printf("arvore removida.\n");

    return 0;
}
```

- Saída do código:



e) Crie um algoritmo para percorrer a árvore em pré-ordem (pré-ordem).

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição da estrutura do nó
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node* esquerda;
    struct Node* direita;
} Node;

//função para criar um nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo) {
        novo->valor = valor;
        novo->esquerda = NULL;
        novo->direita = NULL;
    }
    return novo;
}

//função para inserir na árvore
Node* inserir(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_no(valor);
```

```c
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        raiz->esquerda = inserir(raiz->esquerda, valor);
    } else if (valor > raiz->valor) {
        raiz->direita = inserir(raiz->direita, valor);
    }
    return raiz;
}

//função para exibir a árvore em pós-ordem
void pos_ordem(Node* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        pos_ordem(raiz->esquerda);
        pos_ordem(raiz->direita);
        printf("%d ", raiz->valor);
    }
}

int main() {
    Node* raiz = NULL;

    raiz = inserir(raiz, 50);
    raiz = inserir(raiz, 30);
    raiz = inserir(raiz, 70);
    raiz = inserir(raiz, 20);
    raiz = inserir(raiz, 40);
    raiz = inserir(raiz, 60);
    raiz = inserir(raiz, 80);

    printf("arvore em pos-ordem: ");
    pos_ordem(raiz);
    printf("\n");

    return 0;
}
```

- Saída do código:

```
PROBLEMAS  SAÍDA  CONSOLE DE DEPURAÇÃO  TERMINAL  PORTAS                                                    powershell

PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> gcc questao06e.c -o questao06e.exe
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> ./questao06e.exe
arvore em pos-ordem: 20 40 30 60 80 70 50
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II>
```

f) Crie um algoritmo para percorrer a árvore em pós-ordem (pós-ordem).

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição da estrutura do nó
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node* esquerdo;
    struct Node* direito;
} Node;

//função para criar um nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo) {
        novo->valor = valor;
        novo->esquerdo = NULL;
        novo->direito = NULL;
    }
    return novo;
}

//função para inserir na árvore
Node* inserir(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_no(valor);
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        raiz->esquerdo = inserir(raiz->esquerdo, valor);
    } else if (valor > raiz->valor) {
        raiz->direito = inserir(raiz->direito, valor);
    }
    return raiz;
}

//função para buscar um valor na árvore
Node* buscar(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return NULL;
    }
    if (raiz->valor == valor) {
        return raiz;
    }
```

```
    if (valor < raiz->valor) {
        return buscar(raiz->esquerdo, valor);
    } else {
        return buscar(raiz->direito, valor);
    }
}

//função para remover todos os nós
void remover_arvore(Node* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        remover_arvore(raiz->esquerdo);
        remover_arvore(raiz->direito);
        free(raiz);
    }
}

//função para exibir a árvore em pós-ordem
void pos_ordem(Node* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        pos_ordem(raiz->esquerdo);
        pos_ordem(raiz->direito);
        printf("%d ", raiz->valor);
    }
}

//função principal
int main() {
    Node* raiz = NULL;

    raiz = inserir(raiz, 50);
    raiz = inserir(raiz, 30);
    raiz = inserir(raiz, 70);
    raiz = inserir(raiz, 20);
    raiz = inserir(raiz, 40);
    raiz = inserir(raiz, 60);
    raiz = inserir(raiz, 80);

    printf("arvore em pos-ordem: ");
    pos_ordem(raiz);
    printf("\n");

    // busca
    int valor_buscado = 40;
```

```c
    Node* resultado = buscar(raiz, valor_buscado);
    if (resultado != NULL) {
        printf("Valor %d encontrado na arvore.\n", valor_buscado);
    } else {
        printf("Valor %d não encontrado na arvore.\n", valor_buscado);
    }

    //remoção de toda a árvore
    remover_arvore(raiz);
    printf("arvore removida.\n");

    return 0;
}
```

- Saída do código:

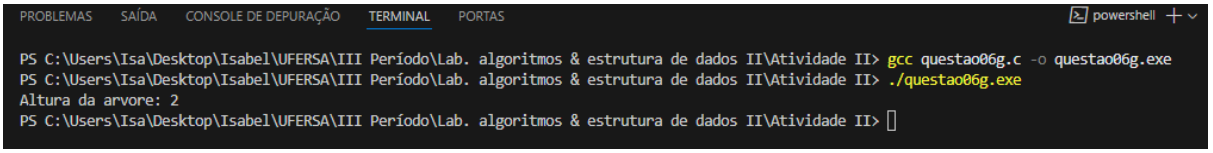
```
PROBLEMAS  SAÍDA  CONSOLE DE DEPURAÇÃO  TERMINAL  PORTAS                                                    powershell

PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> gcc questao06f.c -o questao06f.exe
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> ./questao06f.exe
arvore em pos-ordem: 20 40 30 60 80 70 50
Valor 40 encontrado na arvore.
arvore removida.
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II>
```

g) Crie um algoritmo para calcular a altura da árvore.

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node* esquerdo;
    struct Node* direito;
} Node;

int altura(Node* raiz) {
    if (raiz == NULL) return -1;
    int e = altura(raiz->esquerdo);
    int d = altura(raiz->direito);
    return (e > d ? e : d) + 1;
}

int main() {
    Node n1 = {20, NULL, NULL};
    Node n2 = {40, NULL, NULL};
    Node n3 = {30, &n1, &n2};
    Node n4 = {70, NULL, NULL};
```

```
    Node raiz = {50, &n3, &n4};

    printf("Altura da arvore: %d\n", altura(&raiz));

    return 0;
}
```

- Saída do código:



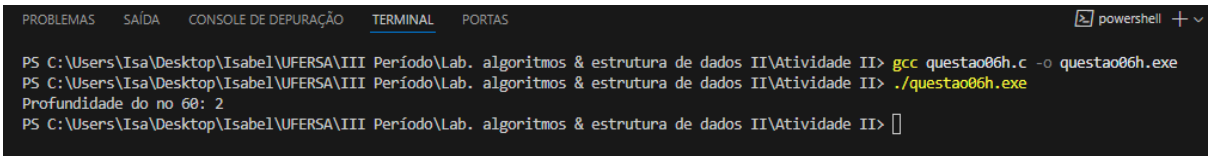
h) Crie um algoritmo para calcular a profundidade de um nó na árvore.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição da estrutura do nó
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node* esquerdo;
    struct Node* direito;
} Node;

//função para criar um nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo) {
        novo->valor = valor;
        novo->esquerdo = NULL;
        novo->direito = NULL;
    }
    return novo;
}

//função para inserir na árvore
Node* inserir(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_no(valor);
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        raiz->esquerdo = inserir(raiz->esquerdo, valor);
```

```
    } else if (valor > raiz->valor) {
        raiz->direito = inserir(raiz->direito, valor);
    }
    return raiz;
}

//função para calcular a profundidade de um nó
int profundidade(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return -1; // nó não encontrado
    }
    if (raiz->valor == valor) {
        return 0; // raiz do próprio nó
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        int prof = profundidade(raiz->esquerdo, valor);
        return (prof >= 0) ? prof + 1 : -1;
    } else {
        int prof = profundidade(raiz->direito, valor);
        return (prof >= 0) ? prof + 1 : -1;
    }
}

//função principal
int main() {
    Node* raiz = NULL;

    //inserindo valores na árvore
    raiz = inserir(raiz, 50);
    raiz = inserir(raiz, 30);
    raiz = inserir(raiz, 70);
    raiz = inserir(raiz, 20);
    raiz = inserir(raiz, 40);
    raiz = inserir(raiz, 60);
    raiz = inserir(raiz, 80);

    int valor = 60;
    int prof = profundidade(raiz, valor);

    if (prof != -1) {
        printf("Profundidade do no %d: %d\n", valor, prof);
    } else {
        printf("No %d não encontrado na arvore.\n", valor);
```

```
    }

    return 0;
}
```

- Saída do código:

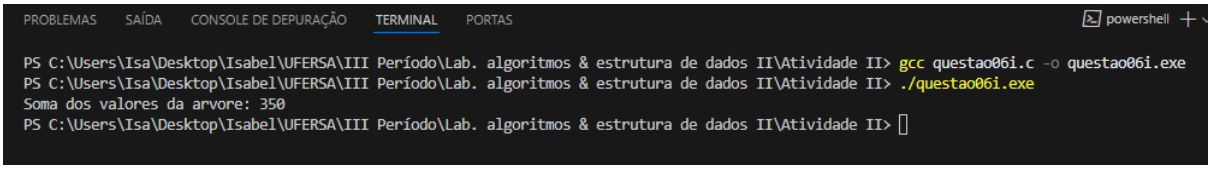


i) Crie um algoritmo para calcular a soma dos valores armazenados na árvore.

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição do nó da árvore
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node* esquerdo;
    struct Node* direito;
} Node;

//função para criar um nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo) {
        novo->valor = valor;
        novo->esquerdo = NULL;
        novo->direito = NULL;
    }
    return novo;
}

//função para inserir na árvore
Node* inserir(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_no(valor);
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        raiz->esquerdo = inserir(raiz->esquerdo, valor);
    } else if (valor > raiz->valor) {
        raiz->direito = inserir(raiz->direito, valor);
```

```
    }
    return raiz;
}

//função para calcular a soma dos valores da árvore
int soma(Node* raiz) {
    if (raiz == NULL) {
        return 0;
    }
    return raiz->valor + soma(raiz->esquerdo) + soma(raiz->direito);
}

//função principal
int main() {
    Node* raiz = NULL;

    //inserindo valores na árvore
    raiz = inserir(raiz, 50);
    raiz = inserir(raiz, 30);
    raiz = inserir(raiz, 70);
    raiz = inserir(raiz, 20);
    raiz = inserir(raiz, 40);
    raiz = inserir(raiz, 60);
    raiz = inserir(raiz, 80);

    //calculando a soma dos valores da árvore
    int resultado = soma(raiz);
    printf("Soma dos valores da arvore: %d\n", resultado);

    return 0;
}
```

- Saída do código:



j) Crie um algoritmo para calcular o nível de um nó na árvore.

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição do nó da árvore
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node* esquerdo;
    struct Node* direito;
} Node;

//função para criar um nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo) {
        novo->valor = valor;
        novo->esquerdo = NULL;
        novo->direito = NULL;
    }
    return novo;
}

//função para inserir na árvore
Node* inserir(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_no(valor);
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        raiz->esquerdo = inserir(raiz->esquerdo, valor);
    } else if (valor > raiz->valor) {
        raiz->direito = inserir(raiz->direito, valor);
    }
    return raiz;
}

//função para calcular o nível de um nó
int nivel(Node* raiz, int valor, int nivel_atual) {
    if (raiz == NULL) {
        return -1;  //valor não encontrado
    }

    if (raiz->valor == valor) {
        return nivel_atual;
```

```
    }

    if (valor < raiz->valor) {
        return nivel(raiz->esquerdo, valor, nivel_atual + 1);
    } else {
        return nivel(raiz->direito, valor, nivel_atual + 1);
    }
}

//função principal
int main() {
    Node* raiz = NULL;

    //inserindo valores na árvore
    raiz = inserir(raiz, 50);
    raiz = inserir(raiz, 30);
    raiz = inserir(raiz, 70);
    raiz = inserir(raiz, 20);
    raiz = inserir(raiz, 40);
    raiz = inserir(raiz, 60);
    raiz = inserir(raiz, 80);

    int valor_procurado = 60;
    int resultado = nivel(raiz, valor_procurado, 0);

    if (resultado != -1) {
                printf("O nivel do valor %d na arvore e: %d\n",
valor_procurado, resultado);
    } else {
                    printf("Valor %d nao encontrado na arvore.\n",
valor_procurado);
    }

    return 0;
}
```

- Saída do código:

```
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> gcc questao06j.c -o questao06j.exe
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> ./questao06j.exe
O nivel do valor 60 na arvore e: 2
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II>
```

k) Crie um algoritmo para calcular o número de nós na árvore.

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição do nó da árvore
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node* esquerdo;
    struct Node* direito;
} Node;

//função para criar um nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo) {
        novo->valor = valor;
        novo->esquerdo = NULL;
        novo->direito = NULL;
    }
    return novo;
}

//função para inserir na árvore
Node* inserir(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_no(valor);
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        raiz->esquerdo = inserir(raiz->esquerdo, valor);
    } else if (valor > raiz->valor) {
        raiz->direito = inserir(raiz->direito, valor);
    }
    return raiz;
}

//função para contar o número de nós
int contar_nos(Node* raiz) {
    if (raiz == NULL) {
        return 0;
    }
    return 1 + contar_nos(raiz->esquerdo) + contar_nos(raiz->direito);
}
```

```c
//função principal
int main() {
    Node* raiz = NULL;

    //inserindo valores na árvore
    raiz = inserir(raiz, 50);
    raiz = inserir(raiz, 30);
    raiz = inserir(raiz, 70);
    raiz = inserir(raiz, 20);
    raiz = inserir(raiz, 40);
    raiz = inserir(raiz, 60);
    raiz = inserir(raiz, 80);

    int total_nos = contar_nos(raiz);
    printf("O numero total de nos na arvore e: %d\n", total_nos);

    return 0;
}
```

- Saída do código:

```
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> gcc questao06k.c -o questao06k.exe
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> ./questao06k.exe
O numero total de nos na arvore e: 7
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II>
```

l) Crie um algoritmo para calcular o número de folhas na árvore.

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

//definição do nó da árvore
typedef struct Node {
    int valor;
    struct Node* esquerdo;
    struct Node* direito;
} Node;

//função para criar um nó
Node* criar_no(int valor) {
    Node* novo = (Node*) malloc(sizeof(Node));
    if (novo) {
        novo->valor = valor;
        novo->esquerdo = NULL;
        novo->direito = NULL;
    }
```

```
    return novo;
}

//função para inserir na árvore
Node* inserir(Node* raiz, int valor) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_no(valor);
    }
    if (valor < raiz->valor) {
        raiz->esquerdo = inserir(raiz->esquerdo, valor);
    } else if (valor > raiz->valor) {
        raiz->direito = inserir(raiz->direito, valor);
    }
    return raiz;
}

//função para contar o número de folhas
int contar_folhas(Node* raiz) {
    if (raiz == NULL) {
        return 0;
    }
    if (raiz->esquerdo == NULL && raiz->direito == NULL) {
        return 1;
    }
                        return      contar_folhas(raiz->esquerdo)      +
contar_folhas(raiz->direito);
}

//função principal
int main() {
    Node* raiz = NULL;

    //inserindo elementos na árvore
    raiz = inserir(raiz, 50);
    raiz = inserir(raiz, 30);
    raiz = inserir(raiz, 70);
    raiz = inserir(raiz, 20);
    raiz = inserir(raiz, 40);
    raiz = inserir(raiz, 60);
    raiz = inserir(raiz, 80);

    int folhas = contar_folhas(raiz);
    printf("O numero de folhas na arvore e: %d\n", folhas);
```

```
    return 0;
}
```

- Saída do código:

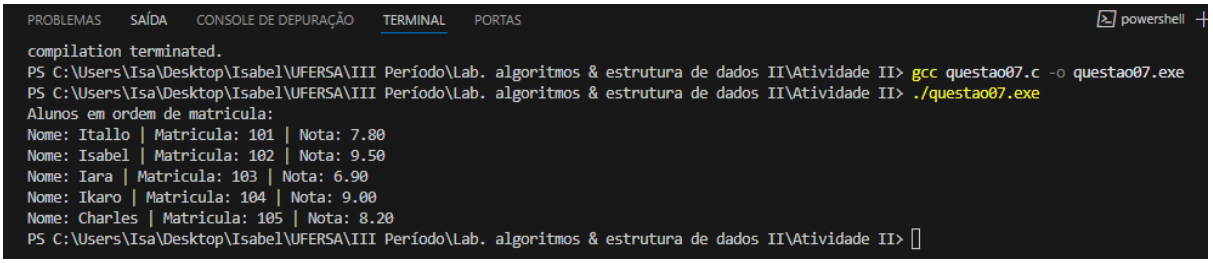
```
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> gcc questao06l.c -o questao06l.exe
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> ./questao06l.exe
O numero de folhas na arvore e: 4
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II>
```

Questão 02.

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

//definindo a estrutura do nó da árvore
typedef struct Aluno {
    char nome[50];
    int matricula;
    float nota;
    struct Aluno* esquerdo;
    struct Aluno* direito;
} Aluno;

//função para criar um novo aluno - nó
Aluno* criar_aluno(char nome[], int matricula, float nota) {
    Aluno* novo = (Aluno*) malloc(sizeof(Aluno));
    if (novo) {
        strcpy(novo->nome, nome);
        novo->matricula = matricula;
        novo->nota = nota;
        novo->esquerdo = NULL;
        novo->direito = NULL;
    }
    return novo;
}

//função para inserir um aluno na árvore
Aluno* inserir(Aluno* raiz, char nome[], int matricula, float nota) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_aluno(nome, matricula, nota);
    }
    if (matricula < raiz->matricula) {
```

```
            raiz->esquerdo = inserir(raiz->esquerdo, nome, matricula,
nota);
    } else if (matricula > raiz->matricula) {
        raiz->direito = inserir(raiz->direito, nome, matricula, nota);
    }
    return raiz;
}

//função para exibir os alunos em ordem (ordenado pela matrícula)
void ordem(Aluno* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        ordem(raiz->esquerdo);
         printf("Nome: %s | Matricula: %d | Nota: %.2f\n", raiz->nome,
raiz->matricula, raiz->nota);
        ordem(raiz->direito);
    }
}


//função principal
int main() {
    Aluno* raiz = NULL;

    //inserindo valores
    raiz = inserir(raiz, "Isabel", 102, 9.5);
    raiz = inserir(raiz, "Itallo", 101, 7.8);
    raiz = inserir(raiz, "Charles", 105, 8.2);
    raiz = inserir(raiz, "Iara", 103, 6.9);
    raiz = inserir(raiz, "Ikaro", 104, 9.0);

    //exibir os alunos em ordem crescente de matrícula
    printf("Alunos em ordem de matricula:\n");
    ordem(raiz);

    return 0;
}
```

- Saída do código:



Questão 03.

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

//definição da estrutura do nó
typedef struct Aluno {
    char nome[50];
    int matricula;
    float nota;
    struct Aluno* esquerdo;
    struct Aluno* direito;
} Aluno;

//criar um novo nó
Aluno* criar_aluno(char nome[], int matricula, float nota) {
    Aluno* novo = (Aluno*) malloc(sizeof(Aluno));
    if (novo) {
        strcpy(novo->nome, nome);
        novo->matricula = matricula;
        novo->nota = nota;
        novo->esquerdo = NULL;
        novo->direito = NULL;
    }
    return novo;
}

//inserir aluno na árvore (baseado na matrícula)
Aluno* inserir(Aluno* raiz, char nome[], int matricula, float nota) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_aluno(nome, matricula, nota);
    }
    if (matricula < raiz->matricula) {
            raiz->esquerdo = inserir(raiz->esquerdo, nome, matricula,
nota);
    } else if (matricula > raiz->matricula) {
```

```
        raiz->direito = inserir(raiz->direito, nome, matricula, nota);
    }
    return raiz;
}

//buscar aluno na árvore pela matrícula
Aluno* buscar(Aluno* raiz, int matricula) {
    if (raiz == NULL) {
        return NULL;
    }
    if (raiz->matricula == matricula) {
        return raiz;
    }
    if (matricula < raiz->matricula) {
        return buscar(raiz->esquerdo, matricula);
    } else {
        return buscar(raiz->direito, matricula);
    }
}

//exibir alunos em ordem de matrícula
void ordem(Aluno* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        ordem(raiz->esquerdo);
          printf("Nome: %s | Matricula: %d | Nota: %.2f\n", raiz->nome,
raiz->matricula, raiz->nota);
        ordem(raiz->direito);
    }
}

//função principal
int main() {
    Aluno* raiz = NULL;

    //inserindo valores
    raiz = inserir(raiz, "Isabel", 102, 9.5);
    raiz = inserir(raiz, "Itallo", 101, 7.8);
    raiz = inserir(raiz, "Iara", 105, 8.2);
    raiz = inserir(raiz, "Ikaro", 103, 6.9);
    raiz = inserir(raiz, "Charles", 104, 9.0);

    //exibir alunos em ordem
    printf("Alunos em ordem de matricula:\n");
```

```c
    ordem(raiz);

    // realizando uma busca
    int buscar_matricula;
    printf("\nDigite a matricula do aluno que deseja buscar: ");
    scanf("%d", &buscar_matricula);

    Aluno* resultado = buscar(raiz, buscar_matricula);
    if (resultado != NULL) {
        printf("Aluno encontrado:\n");
                printf("Nome:  %s  |  Matricula:  %d  |  Nota:  %.2f\n",
resultado->nome, resultado->matricula, resultado->nota);
    } else {
                printf("Aluno  com  matricula  %d  nao  encontrado.\n",
buscar_matricula);
    }

    return 0;
}
```

- Saída do código:

```
PROBLEMAS  SAÍDA  CONSOLE DE DEPURAÇÃO  TERMINAL  PORTAS                powershell

PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> gcc questao08.c -o questao08.exe
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II> ./questao08.exe
Alunos em ordem de matricula:
Nome: Itallo | Matricula: 101 | Nota: 7.80
Nome: Isabel | Matricula: 102 | Nota: 9.50
Nome: Ikaro | Matricula: 103 | Nota: 6.90
Nome: Charles | Matricula: 104 | Nota: 9.00
Nome: Iara | Matricula: 105 | Nota: 8.20

Digite a matricula do aluno que deseja buscar: 102
Aluno encontrado:
Nome: Isabel | Matricula: 102 | Nota: 9.50
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II>
```

Questão 04.

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

// definição da estrutura do nó
typedef struct Aluno {
    char nome[50];
    int matricula;
    float nota;
    struct Aluno* esquerdo;
    struct Aluno* direito;
} Aluno;
```

```c
// criar um novo nó
Aluno* criar_aluno(char nome[], int matricula, float nota) {
    Aluno* novo = (Aluno*) malloc(sizeof(Aluno));
    if (novo) {
        strcpy(novo->nome, nome);
        novo->matricula = matricula;
        novo->nota = nota;
        novo->esquerdo = NULL;
        novo->direito = NULL;
    }
    return novo;
}

// inserir aluno na árvore (baseado na matrícula)
Aluno* inserir(Aluno* raiz, char nome[], int matricula, float nota) {
    if (raiz == NULL) {
        return criar_aluno(nome, matricula, nota);
    }
    if (matricula < raiz->matricula) {
            raiz->esquerdo = inserir(raiz->esquerdo, nome, matricula,
nota);
    } else if (matricula > raiz->matricula) {
        raiz->direito = inserir(raiz->direito, nome, matricula, nota);
    }
    return raiz;
}

// buscar aluno na árvore pela matrícula
Aluno* buscar(Aluno* raiz, int matricula) {
    if (raiz == NULL) {
        return NULL;
    }
    if (raiz->matricula == matricula) {
        return raiz;
    }
    if (matricula < raiz->matricula) {
        return buscar(raiz->esquerdo, matricula);
    } else {
        return buscar(raiz->direito, matricula);
    }
}
```

```c
// exibir alunos em ordem de matrícula
void ordem(Aluno* raiz) {
    if (raiz != NULL) {
        ordem(raiz->esquerdo);
          printf("Nome: %s | Matricula: %d | Nota: %.2f\n", raiz->nome,
raiz->matricula, raiz->nota);
        ordem(raiz->direito);
    }
}

// função para calcular soma das notas e total de alunos
void calcular_soma(Aluno* raiz, float* soma, int* contador) {
    if (raiz != NULL) {
        *soma += raiz->nota;
        *contador += 1;
        calcular_soma(raiz->esquerdo, soma, contador);
        calcular_soma(raiz->direito, soma, contador);
    }
}

// função para calcular a média das notas
float calcular_media(Aluno* raiz) {
    float soma = 0;
    int contador = 0;
    calcular_soma(raiz, &soma, &contador);
    if (contador == 0) return 0; // evita divisão por zero
    return soma / contador;
}

// função principal
int main() {
    Aluno* raiz = NULL;

    // inserindo valores
    raiz = inserir(raiz, "Isabel", 102, 9.5);
    raiz = inserir(raiz, "Itallo", 101, 7.8);
    raiz = inserir(raiz, "Iara", 105, 8.2);
    raiz = inserir(raiz, "Ikaro", 103, 6.9);
    raiz = inserir(raiz, "Charles", 104, 9.0);

    // exibir alunos em ordem
    printf("Alunos em ordem de matricula:\n");
    ordem(raiz);
```

```c
    // buscando um aluno
    int buscar_matricula;
    printf("\nDigite a matricula do aluno que deseja buscar: ");
    scanf("%d", &buscar_matricula);

    Aluno* resultado = buscar(raiz, buscar_matricula);
    if (resultado != NULL) {
        printf("Aluno encontrado:\n");
                printf("Nome: %s | Matricula: %d | Nota: %.2f\n",
resultado->nome, resultado->matricula, resultado->nota);
    } else {
                printf("Aluno com matricula %d nao encontrado.\n",
buscar_matricula);
    }

    // calculando a média das notas
    float media = calcular_media(raiz);
    printf("\nMedia das notas dos alunos: %.2f\n", media);

    return 0;
}
```

- Saída do código:

```
PROBLEMAS  SAÍDA  CONSOLE DE DEPURAÇÃO  TERMINAL  PORTAS

Alunos em ordem de matricula:
Nome: Itallo | Matricula: 101 | Nota: 7.80
Nome: Isabel | Matricula: 102 | Nota: 9.50
Nome: Ikaro | Matricula: 103 | Nota: 6.90
Nome: Charles | Matricula: 104 | Nota: 9.00
Nome: Iara | Matricula: 105 | Nota: 8.20

Digite a matricula do aluno que deseja buscar: 102
Aluno encontrado:
Nome: Isabel | Matricula: 102 | Nota: 9.50

Media das notas dos alunos: 8.28
PS C:\Users\Isa\Desktop\Isabel\UFERSA\III Período\Lab. algoritmos & estrutura de dados II\Atividade II>
```