

# Linguagem C

Kayky Moreira Praxedes

Fevereiro 2026

## 1 Características da linguagem

Trata-se de uma linguagem **procedural** de médio nível extremamente rápida (devido à sua proximidade com o processador) com forte ênfase em **gerenciamento manual de memória** (por meio de estruturas encadeadas e utilização de ponteiros), **sistemas embarcados e programação de alto desempenho**.

Para a execução do código, o arquivo *.c* tem de ser **compilado** (o compilador mais utilizado é o *gcc*), gerando um arquivo executável. As **ações realizadas pelo programa** são definidas na função principal ***main***, sendo a única função obrigatória do programa [01].

Para princípios de programação, praticamente todo código irá conter a **biblioteca *stdio.h***, responsável pela **utilização de elementos de *input* e *output***, necessário para a esmagadora maioria dos programas.

### Formatação do código:

C não é uma linguagem de indentação necessária, ou seja, o **espaçamentos de qualquer tipo não definem o domínio de ação de estruturas de controle ou funções, nem alteram o funcionamento de instruções** ( $a + b = a + b$ ), tendo apenas a função de melhorar a legibilidade e organização do código.

Para delimitar corretamente a execução das **instruções**, utiliza-se o ponto e vírgula (;), que indica o término de uma instrução. Já para **funções** e **estruturas de controle** (como condicionais e loops), o domínio de ação é definido por meio de blocos delimitados por chaves ({} ) [02].

### Comentários:

São elementos com função explicativa (não possuem função ativa nem alteram o funcionamento do código). Os comentários em C são feitos **linha a linha** por meio de barras duplas (//) ou **dentro de um intervalo** delimitado por barras e asteriscos /\* \*/.

```
1 #include <stdio.h> // Biblioteca p/ Input e Output
2
3 /* Comentário com
4 mais de uma linha */
5 // Comentário com apenas uma linha
6 int main(){ // Função de execução do programa
7
8     // Resto do código
9     return 0; // Instrução de retorno, delimitado por ponto e vírgula ;
10 } // Domínio da função delimitado por chaves {}
```

## 2 Armazenamento de informações

O armazenamento das informações é feito através de **variáveis**. Essas são **nomes que referenciam endereços de espaços de memória** associados a tipos de dados (que definem o seu tratamento e o espaço reservado a elas).

Toda variável tem de ser **declarada** (criada) antes de sua utilização, o nome sendo escolhido a critério do programador (idealmente um nome explicativo, mas sucinto). Após ser declarada, pode ser **atribuído a ela um valor**,

sendo esse um **valor direto** (10, ‘c’, etc.), ou um **valor indireto** (resultado de retorno de uma função, o **valor de outra variável**, etc.) [03].

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(void){
4
5     int a;           // Declaração de variável
6     a = 10;         // Atribuição de valor
7     int b = 20;     // Declaração e atribuição direta
8     int c = 30, d = 40; // Declaração múltipla com atribuição
9     // Resto do código
10    return 0;
11 }
```

O valor atribuído deve ser **condizente com o tipo da variável**, caso contrário é gerado um erro.

## Variáveis x Constantes:

- **Variáveis:** Seu valor pode ser modificado. Quando essa é declarada dentro de um bloco, são chamadas de **variáveis locais** e só são reconhecidas **dentro dos blocos e sub-blocos onde foram criados**, sendo necessário a utilização de **ponteiros** para a sua alteração em blocos externos (como outras funções).

Se declaradas fora de blocos, são **variáveis globais**. Elas podem ser acessadas e modificadas por **qualquer função dentro do programa**.

- **Constantes:** Uma vez declarado, o seu valor é constante e inalterável. Se forem declaradas dentro de blocos, são **constantes locais**, fora, **constantes globais**, seguindo a mesma regra de validade das variáveis.

## Sombreamento de elementos:

Variáveis locais **não podem ter o mesmo nome no mesmo bloco**. Se um dado global e um local tiverem mesmo nome e forem chamados por uma função, o **dado local que será processado**.

```
1 #include <stdio.h>
2
3 const int constante_global = 10;
4 int variavel_global = 20;
5
6 int main(void){
7
8     const int constante_local = 30;
9     int variavel_local = 40;
10    int variavel_global = 50;      // Sombreamento da variável global
11    // Resto do código
12    return 0;
13 }
```

## 3 Tipos de dados

Em C, **todos os tipos básicos de dados são numéricos** essencialmente (todos os dados são *bits* que possuem um especificador de tipo que define como irá ser apresentado e como as operações às modificam) [04] [05].

- **char:** São caracteres dentro do código ASCII [06]. Normalmente elementos *char* possuem 1 *byte* (1 *byte* = 8 *bits*).
- **int:** Números inteiros. Normalmente elementos *int* possuem 2 a 4 *bytes* de espaço de memória reservados.
- **float:** Números racionais. Normalmente elementos *float* possuem 4 *bytes* de espaço reservado de memória.
- **double:** Também são números racionais, mas com o dobro de capacidade do *float* (8 *bytes*).

Algumas funções precisam **determinar o tipo de dados que serão trabalhados**, (como o *scanf*, *printf*, etc.). Para que a função possa identificar cada tipo, esses possuem um **formatador** associado a si (%c para *char*, %d para *int*, %f para *float*. %lf para *double*, etc.) [07].

## 4 Operações

As informações contidas nas variáveis podem ser manipuladas através de operações pré-definidas na linguagem, essas seguindo uma ordem de prioridade [08]. A grosso modo, a ordenação pode ser definida como:

1. Parênteses.
2. Operadores aritméticos, lógicos, comparativos, etc.
3. Operadores de atribuição.

É bom definir explicitamente a ordem das operações por parênteses para evitar *bugs* e comportamentos inesperados.

## 5 Elementos de tomada de decisão

Em C padrão **não existe um tipo dados booleano** (representa se um dado é verdadeiro ou falso) [09]. A linguagem, todavia, entende como verdadeiro qualquer valor diferentes de **0** (independentemente do tipo), caso contrário é falso.

### *if/else:*

Se a condição é verdadeira, realiza-se a ação do *if*. Se for falsa, passa-se para o próximo teste (*else if* ou *else*).

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(){
4     int valor;
5     scanf(" %d", &valor);
6     if(valor == 10){
7         // Ação 1
8     } else if(valor == 20 || valor == 30){
9         // Ação 2
10    } else {
11        // Ação 3
12    }
13    // Resto do código
14 }
```

### *Switch case:*

Estrutura que executa diferentes ações a depender do valor no escopo. Todos os *cases* necessitam obrigatoriamente um *break*, menos o *default* (facultativo), caso contrário todas as condições abaixo também são executadas (*fall-through*).

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(){
4     int valor;
5     scanf(" %d", &valor);
6     switch (valor){
7         case 10:           // valor == 10
8             // Ação 1
9             break;
10        case 20:          // valor == 20
11            // Ação 2
12            break;
13        case 30: case 40: // valor == 30 || valor == 40
14            // Ação 3
15            break;
16        default:
17            // Ação padrão
18            break;        // break facultativo
19    }
20    // Resto do código
21 }
```

## **goto:**

Permite o código ser redirecionado para um *label* (elemento que aponta para uma linha específica do código).

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(void){
4
5     goto LABEL;
6     // Código
7     LABEL:
8     // Resto do código
9     return 0;
10 }
```

O uso desse recurso em códigos é **desencorajado**, já que deixa o **programa desorganizado**, dificultando o *debugging* e a manutenção, além de poder **causar falhas lógicas** (como avançar para áreas do código que utilizam uma variável que devia ter sido declarada mas essa instrução foi pulada).

## **6 Elementos de repetição (*loops*)**

Realizam repetidamente uma ação até que uma **condição de parada** ou um **break** sejam alcançados.

### **while e do while:**

Realiza uma ação **enquanto a condição do seu escopo for “verdadeira”** (diferente de 0), **nem entrando no bloco se a condição for falsa**. A única diferença do *while* para o *do while* é que o segundo **realiza a ação antes de entrar no loop**, repetindo-a enquanto a condição for verdadeira (pelo menos uma vez irá executar a ação).

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(){
4     int valor;
5     scanf(" %d", &valor);
6     while(valor != 10){ // Se valor == 0 nem entra
7         scanf(" %d", &valor);
8     }
9     do{
10         valor++; // Realiza a ação pelo menos uma vez
11     } while (valor < 20); // mesmo se valor >= 20 antes do bloco
12     // Resto do código
13 }
```

### **for:**

No seu escopo define-se uma variável (que definirá sua condição) e seu valor de início [10], sua condição de parada e a operação a ser realizada na variável, tudo separado por pontos e vírgulas (;).

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(void){
4
5     for (int i = 0; i < 10; i++){
6         // Ação
7     }
8     // Resto do código
9     return 0;
10 }
```

### **break e continue:**

O **break** sai do bloco de execução instantaneamente (válido para *loops* e *switch*). O **continue** ignora o resto das instruções do *loop* a partir dele, começando a próxima repetição (apenas para *loops*).

## 7 Funções

Para se declarar uma nova função em C, ela é tem de ser escrita **acima da função *main*** (caso contrário gera um erro de compilação), definir seu **tipo de retorno** (*void* caso não retorne nada) e seu **nome**. Uma função **pode admitir argumentos** (variáveis locais que são declaradas no escopo que receberão valores na chamada da função [11]).

### Protótipos:

Ferramenta que **identifica erros pré-compilando as funções** (seu uso é facultativo e permitem o posicionamento de funções em outros lugares, como abaixo do *main*). Em seu escopo é necessário declarar apenas o tipo das variáveis.

### Bibliotecas:

As bibliotecas são códigos que possuem **conjuntos de ferramentas e funções prontas**, disponibilizadas pela própria linguagem em arquivos *.h* (*header*). Podem ser adicionadas por meio do comando `#include <nome da biblioteca.h>`.

A utilização dessas é extremamente vantajosa, visto que evita a **redundância de programação** (pois evita a programação de funções que já existem, economizando tempo) e **bugs** (as funções das bibliotecas já foram testadas e otimizadas, sendo mais eficientes e com o comportamento mais previsível).

As funções básicas mais importantes da biblioteca *stdio.h* são o ***scanf*** (recebe uma *string* no *input* (terminal), converte a *string* em dados e grava esse valor no endereço de uma variável) [12] e o ***printf*** (recebe informações de vários tipos, converte elas em *string* e imprime tudo no *output* (terminal)).

```
1 #include <stdio.h> // Biblioteca p/ Input e Output
2
3 void funcaoSemPrototipo(int valor){
4     printf("%d\n", valor * 2);
5 }
6 int funcaoComPrototipo(); // Protótipo
7 int main(){
8     int a; double b;
9     // Funções da biblioteca stdio.h
10    scanf(" %d %lf", &a, &b);
11    printf("2*a = %d, b/2 = %.2lf\n", a*2, b/2);
12    // Funções próprias
13    funcaoSemPrototipo(funcaoComPrototipo());
14    return 0;
15 }
16 int funcaoComPrototipo(){ // void implícito no argumento
17     return 25;
18 }
```

### Recursão:

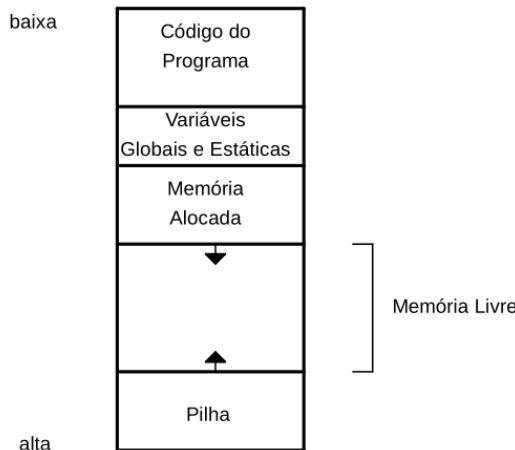
Trata-se de um tipo especial de operação onde uma função realiza uma **chamada de si mesma**, gerando algo semelhante à um *loop*. Quando a condição de parada é atingida, é encerrado o processo recursivo, permitindo que as chamadas retornem seus resultados gradualmente [13].

```
1 #include <stdio.h>
2
3 void fibonacci_recursivo(int antecessor, int atual){
4     printf("%d, ", antecessor);
5     if(atual + antecessor) <= 20 // Chamada recursiva dos termos até 20
6         fibonacci_recursivo(atual, antecessor + atual);
7     else printf("%d\n", atual); // Fim da chamada
8 }
9
10 int main(void){
11     fibonacci_recursivo(1,1);
12     return 0;
13 }
```

## 8 Estrutura da memória (*stack/heap*)

Todo o programa necessita de utilizar a memória para a sua execução (seja para armazenar as instruções, as variáveis, as funções e todos os demais elementos que compõe o programa).

Comummente, a memória é dividida em, da região de memória mais baixa (endereço menor) para a mais alta, área reservada ao **código do programa** (fixo), área reservada à **variáveis globais e estáticas**, a **área dinâmica (*heap*)**, a **memória livre** e a **pilha (*stack*)**, sendo as duas primeiras fixas (definidas desde o início do código, utilizando a mesma quantidade de memória antes e depois sua execução) e as demais variáveis.



- **Stack:** Responsável pelas **informações temporárias das funções** (parâmetros, variáveis locais, endereço de retorno das funções, etc.). O armazenamento de novos dados geralmente é feito colocando um novo bloco de informações (*frame*) no “**topo**” da **pilha** (endereço menor). Ela é **gerenciada automaticamente pelo sistema** (os blocos são adicionados quando necessário e são removidos ao fim de sua execução, liberando a memória).
- **Heap:** Região de **controle manual** da memória por parte do programador, cabendo a ele **controlar a alocação e liberação de memória diretamente**. Ao armazenar um novo dado, geralmente ele é salvo na base do *heap* (passa para um endereço maior).
- **Memória livre:** Região em comum onde *stack* e *heap* armazenam seus dados a depender da necessidade.

## 9 Ponteiros

As variáveis são armazenadas em um **endereço de memória**, o qual pode ser encontrado colocando o prefixo & em seu nome. Ponteiros são elementos especiais que **armazenam em si o endereço de outras variáveis e redirecionam o programa para esse endereço**.

Para criar um ponteiro, basta colocar um asterisco (\*) ao lado do tipo após declarar a variável. Podem ser criados ponteiros para quaisquer tipos, até **ponteiros de um ponteiro**, através de um duplo asterisco (\*\*). E assim por diante.

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(void){
4
5     int a = 10;
6     int* b;           // b é um ponteiro para int
7     b = &a;          // b recebe o endereço de a
8     int* c = &a;      // Atribuição direta do endereço de a para c
9     int** d;         // d é um ponteiro para ponteiro de int
10    d = &b;          // d recebe o endereço de b => *d = b = &a => **d = a
11    // Resto do código
12    return 0;
13 }
```

Qualquer alteração feita em *\*b* é armazenada diretamente no endereço de memória de *a*.

## Passagem por valor x Passagem por referência:

No escopo de uma função são geradas variáveis locais (válidas apenas naquele bloco e em seus sub-blocos).

Se é passado uma variável na sua chamada **o valor dessa variável é copiado para a variável local**, (não interage diretamente com a variável original). Esse processo recebe o nome de **passagem por valor**.

Quando é passado o endereço de uma variável, **o endereço é copiado para o ponteiro local da função** (passando a interagir diretamente com a variável original). Esse processo recebe o nome de **passagem por referência**.

```
1 #include <stdio.h>
2
3 void divisao(int, int*); // Cria um objeto int (recebe int) e um ponteiro de int (recebe endereço int)
4
5 int main(void){
6
7     int a = 10, b = 10;
8     divisao(a, &b); // Envia o valor de a e o endereço de b
9     // a continua 10, b vira 5
10    // Resto do código
11    return 0;
12 }
13
14 void divisao(int valor, int* referencia){
15     valor /= 2;           // Copia local de a
16     *referencia /= 2;    // Ponteiro com o endereço de b
17 }
```

## 10 Arrays

*Arrays* ou vetores são conjuntos de tamanho pré determinado fixo de variáveis de mesmo tipo. Para um *array* de tamanho  $n$  seu primeiro elemento está localizado na posição 0, e seu último na posição  $n - 1$ .

### Arrays e ponteiros:

Um *array* pode funcionar como **um ponteiro para o endereço do seu primeiro elemento** (decai para um ponteiro), de modo que a sua utilização como um ponteiro ou o contrário é aceita pela linguagem.

```
1 #include <stdio.h>
2
3 void funcao_com_array(int arr[]){ // Array no escopo
4     // Código da função
5 }
6 void funcao_com_ponteiro(int *ptr){ // Ponteiro no escopo
7     // Código da função
8 }
9
10 int main(void){
11
12     int a;
13     scanf("%d", &a);
14     int array_vazio[5]; // Tamanho não definido e lixo de memória
15     int array_limpo[5] = {0}; // Tamanho definido com os elementos zerados
16     int array1[5] = {1, 2, 3}; // {1, 2, 3, 0, 0}
17     int array2[] = {4, 5, 6}; // Tamanho inferido (3 elementos)
18     int* ptr = array1; // Aponta para o primeiro elemento do array
19     // ptr[n] == array1[n] = *(ptr + n) == *(array1 + n)
20     funcao_com_array(array1);
21     funcao_com_array(ptr);
22     funcao_com_ponteiro(ptr);
23     funcao_com_ponteiro(array2); // Todas as chamadas são válidas
24 }
```

Em geral, múltiplos elementos de um *array* só podem ser inicializados simultaneamente durante sua **declaração**, sendo necessário posteriormente uma **modificação ou atribuição individual** em cada espaço do conjunto (processo feito através de *loops*).

## Matrizes:

Tratam-se de conjuntos de *arrays*. Além das propriedades, em sua declaração é **obrigatório definir o tamanho de todos todas as dimensões de uma vez** (menos no escopo de funções, onde o primeiro colchete ([ ]) pode ser deixado vazio). O mesmo é válido para matrizes de  $n$  dimensões.

```
1 #include <stdio.h>
2
3 void funcao_com_matriz(int matriz[][][10]){} // Matriz no escopo
4 void funcao_ponteiro_array(int* array[]){} // Ponteiro de array no escopo
5 void funcao_ponteiro_duplo(int** pont{}) // Ponteiro duplo no escopo
6
7 int main(void){
8
9     int matriz_1[3][10]; // Lixo de memória
10    int matriz_2[3][3] = {0}; // Todos os valores zerados
11    int matriz_3[3][3] = {1, 2, 3}; // Demais valores zerados
12    int matriz_4[2][5] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10};
13    int matriz_5[2][5] = {{1, 2, 3, 4, 5}, {6, 7, 8, 9, 10}};
14
15    // Ponteiro de array
16    int* ptr_array_1[3] = {matriz_3[0], matriz_3[1], matriz_3[2]};
17    int* ptr_array_2[3] = matriz_3;
18    int* ptr_array_3[3] = {{1, 2, 3}, {4, 5, 6}, {7, 8, 9}};
19    // Ponteiro duplo
20    int** ptr_duplo_1 = ptr_array_1;
21    int** ptr_duplo_2 = matriz_3;
22    funcao_com_matriz(ptr_duplo_1);
23    funcao_ponteiro_array(ptr_array_1);
24    funcao_ponteiro_duplo(matriz_1); // Todas as chamadas são válidas
25
26    // Resto do código
27    return 0;
28 }
```

## String:

São *arrays* de *char*. Também possuem tamanho pré-definido, todavia, seu fim é definido por um sinal ('\0') que pode ser colocado em outras posições, podendo **aumentar ou diminuir o tamanho da string**.

## 11 Alocação dinâmica

Ao se declarar uma variável, esta passa a ocupar um espaço de memória na pilha e é gerenciada automaticamente pelo sistema. Esse processo é chamado de **alocação estática**. Já a **alocação dinâmica** é realizada e gerenciada diretamente pelo programador em cada parte do processo, desde alocar (reservar) o espaço de memória no *heap* [14], até adicionar e/ou modificar os dados na memória e desalocar (liberar) a o espaço depois da sua utilização [15]. As funções de alocação dinâmica estão definidas na biblioteca *stdlib.h* [16].

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int main(void){
5
6     int a = 10, b;
7     // Aloc a memória para int (com lixo de memória)
8     int* ptr = (int *)malloc(sizeof(int));
9     *ptr = 10;
10    // Desaloca a memória alocada antes de reutilizar o ponteiro
11    free(ptr);
12    ptr = &a;
13    scanf("%d", &b);
14    // Array de tamanho variado com lixo de memória
15    int* array1 = (int*)malloc(b * sizeof(int));
16    // Array de tamanho fixo com todos os elementos zerados
17    int* array2 = (int*)calloc(10, sizeof(int));
18    free(array1);
19    free(array2);
20
21    // Resto do código
22    return 0;
23 }
```

## 12 Structs

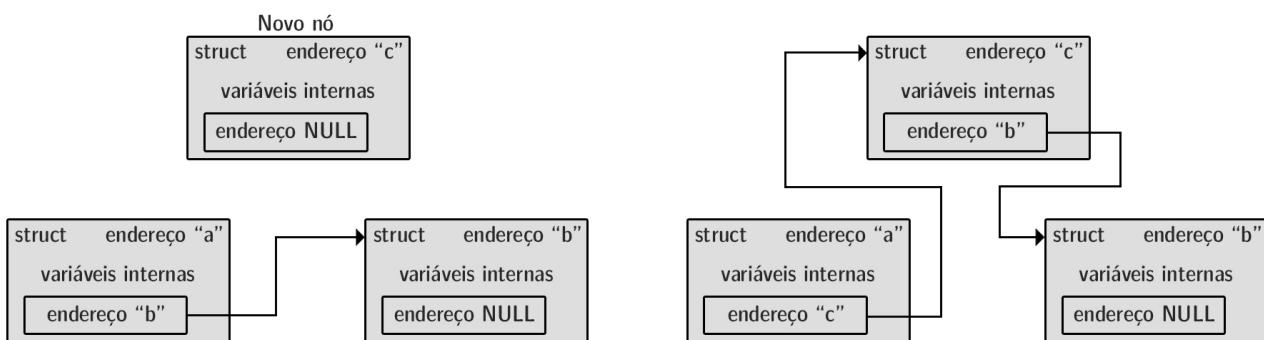
Trata-se de um tipo derivado que pode ser definido como um **grupo de variáveis relacionados entre si**. Simula algo como um “**objeto**” linguagens que suportam *POO*, possuindo atributos [17], mas infinitamente mais primitivos, não suportando funções internas, nem capacidade de realizarem abstrações, encapsulamento e/ou polimorfismo.

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3
4  // Definição da "struct carta"
5  struct carta{
6      char *naipe, *face;
7      int valor;
8  };
9  // Define-se um nome fácil de declarar ao invés de declar "struct carta"
10 typedef struct carta carta;
11 typedef struct carta CartaDeBaralho;
12
13 int main(void){
14     // Declaração de uma variável do tipo "struct carta" sem inicialização
15     struct carta carta_generica;
16     // Declaração e inicialização ordenada dos elementos
17     struct carta a = {"Ouros", "Rei", 10};
18     // Declaração e inicialização nomeada (livre)
19     struct carta b = {.face = "As", .valor = 11, .naipe = "Copas"};
20     // Modificação dos campos
21     a.naipe = "Paus";
22     a.valor = 9;
23     a.face = "Nove";
24     // Declarações usando os nomes do typedef
25     carta c = {"Copas", "Dois", 2};
26     CartaDeBaralho d = {"Espadas", "Valete", 10};
27
28 }
```

## 13 Elementos encadeados

Elementos encadeados combinam a utilização de ponteiros, alocação dinâmica e *structs* para criar **conjuntos mais flexíveis, organizados e seguros** (em alguns aspectos) **do que arrays** (esses com a organização envolvendo reescrita, a adição e remoção de elementos trabalhosa e possuindo tamanho invariável após declaração).

Dentro da *struct* existe um **ponteiro para uma *struct* do mesmo tipo que irá apontar para o próximo elemento da sequência**. Dessa maneira, ao adicionar um novo nó à lista, basta “encaixá-lo” entre dois elementos, o endereço do antecessor apontando para ele e ele apontando para o sucessor.



Esse método permite **flexibilidade de disposição dos espaços de memória** (os dados não precisam ser alocados sequencialmente), **tamanho variável das listas** e **nenhuma reescrita** (sem risco de perda de todos os dados em casos de *bugs* na realocação).

```

1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 // Definição da "struct" diretamente com o typedef
4 typedef struct lista {
5     int elemento;
6     struct lista* proximo;      // Ponteiro para o próximo nó
7 } Lista;
8 // Facilitador de sintaxe para ponteiros (vai usar bastante)
9 typedef Lista* ListaPtr;
10
11 int main(void){
12     // Uso de um ponteiro pois será usada alocação dinâmica
13     ListaPtr minha_lista = NULL;
14     int valor;
15     scanf("%d", &valor);
16     while (valor != 0){
17         ListaPtr novo_no = (ListaPtr)malloc(sizeof(Lista));
18         if (novo_no == NULL) return 1; // Falha na alocação
19         // Exemplo de pilha (elemento adicionado no início da lista)
20         novo_no->elemento = valor;
21         novo_no->proximo = minha_lista;
22         minha_lista = novo_no;
23         scanf("%d", &valor);
24     } // Cada nó tem de ser liberado individualmente
25     while(minha_lista != NULL){
26         ListaPtr temp = minha_lista; // Guarda nó atual para liberar depois
27         minha_lista = minha_lista->proximo; // Avança para o próximo nó
28         free(temp); // Liberar a memória do nó atual
29     }
30     return 0;
31 }
```

O encadeamento permite inúmeros tipos de disposições dos dados, a depender da necessidade do programador. Pode-se, por exemplo, criar uma função para organizar automaticamente os novos elementos adicionados em ordem crescente.

```

11 int add_crescente(ListaPtr* lista, int valor) {
12     ListaPtr novo_no = (ListaPtr)malloc(sizeof(Lista));
13     if (novo_no == NULL) return -1;
14     novo_no->elemento = valor;
15     // Lista está vazia ou o novo valor é menor que o primeiro elemento
16     if (*lista == NULL || (*lista)->elemento >= valor) {
17         novo_no->proximo = *lista;
18         *lista = novo_no;
19     } else { // Inserção no meio ou no final
20         // Uso de um ponteiro temporário para percorrer a lista
21         ListaPtr tmp = *lista;
22         while ((tmp->proximo != NULL && (tmp->proximo)->elemento < valor) {
23             tmp = tmp->proximo;
24         }
25         // tmp → novo_no → tmp->proximo (o último existindo ou sendo NULL)
26         novo_no->proximo = tmp->proximo;
27         tmp->proximo = novo_no;
28     }
29     return 0;
30 }
31 int main(void){
32     ListaPtr minha_lista = NULL;      // NULL
33     add_crescente(&minha_lista, 20); // [20]
34     add_crescente(&minha_lista, 10); // [10, 20]
35     add_crescente(&minha_lista, 15); // [10, 15, 20]
36     return 0;
37 }
```

Vale explicitar que quando dois ponteiros referenciam o mesmo endereço de memória, a **alteração feita por um também é vista pelo outro**.

No escopo da função é passado um **ponteiro com o endereço de início da lista**, que só deve ser alterado se for adicionado um novo primeiro item (caso do *if*). Por isso que no *else* foi usado um **ponteiro local** para se deslocar entre os elementos na lista, e não diretamente pelo comando *(\*lista)=(\*lista)->proximo* (preservando assim o endereço de início, que **seria alterado com o uso do comando**, e sendo possível manipular as informações dos endereços ligados à frente).

## Estruturas de dados:

A partir do encadeamento de elementos é possível construir algoritmos mais complexos e funcionais para a organização dos dados. As principais estruturas de dados são:

- **Filas:** Estruturas **sequenciais** com adição de **novos nós ao final** (dados recentes são mais difíceis de acessar, enquanto dados antigos mais fáceis).
- **Pilhas:** Estruturas **sequenciais** com adição de **novos nós no início** (dados recentes estão mais próximos, enquanto dados antigos mais distantes).
- **Árvores:** Estruturas **não sequenciais** de dados, que permite **ramificações a partir de uma base**. A depender do tipo da árvore, novos dados podem ser adicionados em posições intermediárias ou apenas nas “folhas” (fim das ramificações).

Pode-se pensar em algo semelhante à estrutura de um computador, onde uma pasta pode conter várias subpastas, permitindo uma organização por categorias, não sendo necessário passar por uma enormidade de arquivos anteriores para acessar o desejado).

## 14 Arquivos externos

A linguagem C possui um conjunto de ferramentas que permite a **leitura e escrita** em arquivos de maneira **persistente** em arquivos externos.

A partir da criação de um ponteiro para arquivos (*FILE\**), é possível a **navegação dentro de um arquivo** através da atribuição *ponteiro = fopen("nome do arquivo.tipo", "tipo de acesso")* [18]. Posteriormente, para **encerrar o uso do arquivo** (garantir o salvamento dos dados), usa-se o comando *fclose(ponteiro)*.

Os arquivos podem ser gravados e lidos em dois tipos diferentes:

- **Texto:** Todo conteúdo é *string*, necessitando de uma **conversão para o formato de dado desejado** para operação. Necessita de muita organização na gravação dos dados para evitar que ocorram *bugs* de leitura por conversões inválidas.

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(void) {
4     int conta[100] = {0};
5     double saldo[100] = {0};
6     FILE* filePointer;
7     // Tenta abrir o arquivo para a leitura de texto (.txt, .dat, etc.)
8     if((filePointer = fopen("dados.dat", "r")) == NULL)
9         return -1; // Erro ao abrir o arquivo
10    for(int i = 0; !feof(filePointer); i++){ // Lê até o final (EOF)
11        // Os dados estão organizados: int double int double ...
12        // São separados por um caractere de espaço ou de nova linha.
13        // Leitor de texto (lê e avança o ponteiro para a próxima sequencia)
14        fscanf(filePointer, "%d %lf", &conta[i], &saldo[i]);
15        // Espaço antes do %d para a limpeza do buffer
16    }
17    fclose(filePointer); // Encerra o processo (garante salvamento dos dados)
18    // Tenta abrir o arquivo para a escrita de texto
19    if((filePointer = fopen("novo.txt", "w")) == NULL) return -1;
20    for(int j = 0; conta[j] != 0 ; j++)
21        // Escritor de texto (escreve e passa para o proximo espaço/linha)
22        fprintf(filePointer, "%d - %.1lf\n", conta[j], saldo[j]);
23    // Os dados ficam organizados: int - double int - double ...
24    fclose(filePointer);
25    // Tenta abrir o arquivo para a leitura e append de texto
26    if((filePointer = fopen("novo.txt", "a+")) == NULL) return -1;
27    // Lê o conteúdo (cuidado com a formatação) e anexa os dados no final
28    fscanf(filePointer, "%d - %lf", &conta[20], &saldo[20]);
29    fprintf(filePointer, "%d - %.3lf\n", conta[20], saldo[20]);
30    fclose(filePointer);
31    return 0;
32 }
```

- **Binário:** A informação é **armazenada numericamente**, operando em blocos de memória (os valores permanecendo os mesmos, não sendo convertidos em *strings*), permitindo inclusive o armazenamento e leitura de *structs* (deixando os dados mais organizados e blindados contra erros e *bugs*). Tende a ser mais eficiente que o texto para processamento.

```

1  #include <stdio.h>
2
3  typedef struct {
4      int conta;
5      double saldo;
6  } Dados;
7
8  int main(void) {
9      Dados dados[4] = {{1001, 1000.50}, {1002, -505.10}, {1010, 27}, {0, 0}};
10     Dados lidos[4] = {{0, 0}};
11     FILE* filePointer;
12     // Tenta abrir o arquivo para a escrita de binário
13     if((filePointer = fopen("dados.bin", "wb")) == NULL) return -1;
14     for(int i = 0; dados[i].conta != 0; i++)
15         /* fwrite(endereço do dado, tamanho de cada objeto, quantos dados
16            escrever de uma vez, ponteiro do arquivo) */
17         fwrite(&dados[i], sizeof(Dados), 1, filePointer);
18     /* Mesmo que: fwrite(dados, sizeof(Dados), 3, filePointer);
19        que pegaria dados[0], dados[1] e dados[2]*/
20     fclose(filePointer);
21     // Tenta abrir o arquivo para a leitura de binário
22     if((filePointer = fopen("dados.bin", "rb")) == NULL) return -1;
23     for(int i = 0; !feof(filePointer); i++)
24         fread(&lidos[i], sizeof(Dados), 1, filePointer);
25     fclose(filePointer);
26     return 0;
27 }
```

Existem mais funções disponíveis para propósitos variados, como o *fputs*, que permite adicionar uma *string* direto, *fgets* que lê uma linha inteira de uma vez, *rewind*, que recoloca o ponteiro no início do arquivo, etc.

## 15 Pré-processamento

A linguagem permite a **realização de algumas ações antes de o programa ser compilado** por meio de comando *#ação*. As aplicações vão desde a **inclusão de outros arquivos** até a **definição de constantes simbólicas** (globais), **compilação condicional**, etc. [19]

```

1  /* #include:
2   Inclui arquivos para a execução do programa */
3  #include <stdio.h>      // Biblioteca padrão
4  #include "mylib.h"       // Biblioteca autoral
5
6  /* #define e #undef:
7   O primeiro define e copia macros (constantes e funções pré-processadas)
8   e o segundo os apaga (esse funciona para diretivas locais e externas)*/
9  #define DEZ 10           // Diferentes tipos
10 #define NOME_PROGRAMA "Calculadora Financeira"
11 #define PROGRAMA NOME_PROGRAMA // Dois macros com o mesmo valor
12 #define AREA_CIRCULO(raio) (PI * (raio) * (raio))
13 //double area_circulo(double raio){ return PI * (raio) * (raio); }
14 #undef DEZ              // Definido em mylib.h (biblioteca externa).
15
16 // #if: Verifica a condição de uma diretiva
17 #ifndef PI              // if (!defined(NOME)), também tem if defined(NOME)
18     #warning "PI não definido" // Mensagem de warning no terminal
19     #define PI 3.14159265
20 #else
21     #if (DEZ > 20)        // Só suporta comparações int
22         #undef DEZ        // Definido localmente.
23     #elif (DEZ <= 2)       // (DEZ <= 2.0) ou (PI <= 2) daria erro
24         #define PI 3.14
25     #endif                // Delimita a atuação do condicional
26 #endif                  // Colocado após o último #if, #elif, #else
```

## Compilação de múltiplos arquivos:

Par a compilação de múltiplos códigos interligados em C, é necessário a criação de **um arquivo fonte** (arquivo *.c* contém a implementação das funções) **arquivo cabeçalho/biblioteca** (arquivo *.h* que conterá o protótipo das funções, estruturas e variáveis **públicas** [20]). Para incluir a biblioteca, o comando é `#include "caminho/do/arquivo.h"` (caso estejam na mesma pasta, basta colocar o nome do arquivo).

```
1  /* mylib.h */
2  #ifndef MYLIB_H
3  #define MYLIB_H
4
5  double media(double*, int); // Protótipo de funções
6  #define DEZ 10 // Constantes públicas
7  typedef struct { // Estruturas públicas
8      int x;
9      int y;
10 } Ponto;
11 #endif

1  /* mylib.c */
2  #include "mylib.h"
3
4  double media(double* valores, int quantidade){ // Declaração da função
5      double total = 0;
6      for(int i = 0; i < quantidade; i++) {
7          total += valores[i];
8      }
9      return total / quantidade;
10 }

1  /* Arquivo.c */
2  #include <stdio.h> // Biblioteca padrão
3  #include "mylib.h" // Biblioteca autoral
4
5  int main(void){
6      double* valores = {DEZ, 20, 25, 30}; // Macro de mylib.h
7      media(valores, 4); // Função de mylib.h
8      Ponto ponto = {10, 20}; // Estrutura de mylib.h
9      return 0;
10 }
```

## 16 Programa pelo terminal

O **fluxo padrão de I/O** (*input* e *output*) em C é o **terminal**, mas, utilizando ferramentas na **linha de comando** (varia em sintaxe a depender do sistema operacional), é possível **redirecionar esse fluxo para arquivos** (*.txt* por exemplo) e/ou até outros programas.

- **Redirecionamento de entrada:** *executável < entrada.tipo*. Todos os elementos de *input* do código, que seriam obtidas pelo terminal, são passados em um arquivo [21].
- **Redirecionamento de saída:** *executável > saída.tipo*. Todos os elementos de *output* do código, que seriam impressos no terminal, são passados em um arquivo.
- **Piping:** *executável\_output | executável\_input*. Todos os elementos de *output* do código primeiro código servem como *input* para o segundo programa.

Além de redirecionamento, podem ser adicionados **parâmetros no escopo do main** para a **passagem de parâmetros pelo terminal**.

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main(int argc, char* argv[]){
4
5      // Resto do código
6      return 0;
7 }
```

Se o programa for executado pelo terminal com esse escopo, os elementos, separados por espaço após ele são salvos no *array de strings argv*, e a quantidade de elementos é salva em *argc* [22].

# Apêndice A

## Características da linguagem

[01] - Por padrão, o tipo adotado no *main* é **int**, por conta da padronização de uso do **valor de retorno 0 como indicativo que a execução ocorreu de maneira bem sucedida**.

[02] - A delimitação por chaves é obrigatória **apenas para funções**. Estruturas de controle sem chaves **executam apenas a instrução imediatamente subsequente**. Boas práticas de programação recomendam **sempre o uso de chaves**, a fim de evitar comportamentos inesperados.

## Armazenamento de informações

[03] - Enquanto nenhum valor for atribuído à variável após ela ser declarada, ela não estará vazia, mas sim conterá **lixo de memória** (dados soltos que se encontravam no endereço da variável). Desse modo, **é necessário atribuir, mesmo que um valor nulo, um valor à variável** antes de utilizá-la.

## Tipos de dados

[04] - Os dados são essencialmente numéricos, mas o **seu tratamento não é o mesmo pelas as funções**, possuindo suas peculiaridades. O elemento nulo que cada um aceita, por exemplo, é diferente, sendo 0 para elementos numéricos, '\0' para *char* e *strings*, *NULL* para ponteiros, etc.

[05] - Existem métodos para converter certos tipos de dados em outros.

- **Conversão implícita:** Automática pelo compilador. Normalmente usado para **converter um tipo menor para um tipo maior** (*float* para *double*, por exemplo).
- **Conversão explícita:** Adição do prefixo (*novo tipo*) na frente da variável pelo programador. Normalmente usado para **converter um tipo maior para um tipo menor** (*double* para *int*, por exemplo).

É uma boa prática de programação **sempre realizar a conversão explicitamente** (torna o código mais claro e evita *bugs*).

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(){
4     // Casos de conversão:
5     double pi = 3.1415926535;
6     int i_pi = (int) pi;      // i_pi = 3
7     int* intPtr;
8     char* charPtr = (char*) intPtr;
9     unsigned int u = 5;
10    int s = -5;
11    if(s < (int) u){ /*Realiza uma ação*/}
12    /* Sem a conversão, ambos seriam tratados como unsigned. Assim, em
13    binário: -5 = (1) 1111111 11111111 11111111 11111011 =
14    4.294.967.291 (unsigned) > 10*/
15    // Casos onde ocorre a conversão implícita:
16    char a = 'A';           // char (65 na tabela ASCII)
17    int b = a;              // char → int implícito ((int) a == 65)
18    float c = b;            // int → float implícito ((float) b == 65.0)
19    double d = c;           // float → double implícito ((double) c == 65.0)
20    int e = d;              // double → int implícito ((int)d == 65)
21    double op1 = b/10;       // op1 = (double)(65/10) = (double) 6 = 6.0
22    double op2 = b/10.0;     // op2 = ((double)65)/10.0 = 65.0/10.0 = 6.5
23
24 }
```

O prefixo *unsigned* converte o *bit* de sinal de uma variável em um *bit* de valor. No exemplo da imagem,  $-5$  em binário é  $(1) \ 1111111 \ 11111111 \ 11111111 \ 11111011$  (primeiro bit de sinal), o seu valor *unsigned* seria  $4.294.967.291$ .

[06] - Como a tabela ASCII associa códigos numéricos aos caracteres, **operações aritméticas como adição**

e subtração podem ser realizadas com os elementos *char* (especialmente útil para a formatação de caracteres e para cifragem).

[07] - Os tipos de dados, como comentado anteriormente, também delimitam o espaço de memória máximo a ser alocado na variável. Por vezes, para tipos numéricos, esse **espaço de memória não é suficiente**, de modo que algumas operações levam à um *overflow* ou *underflow* (resultado aritmético incorreto pois não havia memória o suficiente para armazenar o valor completo).

Para sanar esse problema, um recurso é adicionar o prefixo *long* ao tipo das variáveis (permitindo a utilização de um **espaço de memória maior** pelas variáveis). O código da variável passa a ter um *l* após à porcentagem (%) (*long int* → *%ld*, por exemplo).

## Operações

[08] - Tabela completa da ordem de operações:

1. **Parênteses** ( ).
2. **Elementos que acessam valores** (acesso a arrays ([ ]) e chamadas de função).
3. **Operadores unários** (inversor de sinal (-), *NOT* lógico (!), *NOT bit a bit* (^), incremento (++) , decremento (--), operador de endereço (&), desreferenciação de ponteiros (\*), operador *sizeof* e mudança de tipo (também chamado de *casting*) ((*new\_type*))). São avaliados da direita para a esquerda
4. **Operadores aritméticos** (multiplicação (\*), divisão (/) e resto da divisão (%)) possuem prioridade maior que adição (+) e subtração (-)).
5. **Deslocamento de bits** (esquerda (<<) e à direita (>>)).
6. **Operadores relacionais** (maior (>), maior ou igual (>=)), menor (<), menor ou igual (<=), igual (==) e diferente (! =)).
7. **Operadores bit a bit** (*AND bit a bit* (&), *XOR bit a bit* (^), *OR bit a bit* (||)).
8. **Operadores lógicos** (*AND* lógico (&&) e *OR* lógico (||)).
9. **Operador condicional** (?:). Esse funciona da seguinte maneira:  
**(condição) ? (valor se verdadeiro) : (valor se falso)**.
10. **Operadores de atribuição** (simples (=)) e compostas (+ =, - =, \* =, / =, % =, & =, | =, ^ =, <<=, >>=). Esses operadores são avaliados da direita para a esquerda.

Os operadores unários de incremento e decremento, quando à esquerda da variável, **realizam a operação e depois retornam o valor**. Quando à direita, **primeiro retornam o valor depois realizam a operação**.

## Elementos de tomada de decisão

[09] - Existe uma biblioteca (*stdbool.h*) que permite a utilização de elementos do tipo booleano (podendo assumir os valores “true” ou “false”), o que permite um código mais simples no quesito de entendimento humano.

## Elementos de repetição (*loops*)

[10] - A variável não tem de ser declarada no escopo, podendo ser declarada antes. Caso seja criada no escopo, ela será uma variável local no *for* (só existirá dentro dele).

## Funções

[11] - A quantidade de variáveis presente no escopo normalmente é pré-definido, todavia, existe uma biblioteca (*stdarg.h*) que permite a utilização de uma quantidade variável de parâmetros na função.

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdarg.h>
3
4 // É preciso PELO MENOS UM argumento fixo
5 double media(double total, int i, ...){
6     // Declara um "ponteiro" para a lista de argumentos variáveis
7     va_list pointer;
8     // Coloca o ponteiro no último argumento fixo (nesse caso o i)
9     va_start(pointer, i);
10    // Passa por cada argumento a partir de i até o final da lista
11    for (int j = 0; j < i; j++)
12        // Acessa o próximo argumento da lista (tamanho de um double)
13        total += va_arg(pointer, double);
14    va_end(pointer);    // Zera o ponteiro (evita erros de acesso à memória)
15    return(total / i);
16 }
17
18 int main(void){
19     double w = 38.5, x = 22.5, y = 1.7, z = 10.2;
20     media( 0, 2, w, x );
21     media( 0, 3, w, x, y );
22     media( 0, 4, w, x, y, z );
23     return 0;
24 }
```

[12] - Principalmente ao se mexer com *strings*, o *scanf* pode acabar funcionando de maneira incorreta por conta do **buffer estar cheio antes de sua execução** (esse sendo a área de memória usada para guardar dados provisoriamente, enquanto eles estão sendo processados). Para contornar esse problema, dentro as aspas basta **colocar um espaço antes do identificador do tipo** a ser lido. Também pode ser usadas outras funções como um *getchar* vazio ou um *fgets* para o mesmo propósito.

[13] - Apesar de chamadas recursivas conseguirem facilitar consideravelmente algumas operações em códigos, seu uso deve ser cuidadoso, visto que o processo deixa **variáveis alocadas e ativas dentro de cada recursão**. Para uma função com  $n$  variáveis, cada chamada recursiva adiciona um novo *frame* à *stack* (criando mais  $n$  variáveis). O uso prolongado gera **perda de eficiência no código**. Se a memória for limitada, pode ocorrer um *stack-overflow* (memória completamente cheia).

## Alocação dinâmica

[14] - Em casos reais, é importante criar testes para **verificar se a alocação ocorreu corretamente**. Para isso, basta verificar se o ponteiro é diferente de *NULL* (caso contrário contém o endereço).

[15] - Caso a memória não seja liberada, ela **permanece alocada** (marcada como se estivesse ocupada), se tornando inacessível e não podendo ser utilizada novamente. Esse fenômeno recebe o nome de **vazamento de memória**.

[16] - As funções de alocação (*malloc* e *calloc*) por padrão retornam um ponteiro do tipo (*void\**), mas a **conversão é feita automaticamente**. Dessa maneira a explicitação do tipo de ponteiro é facultativo em C (em C++ é obrigatório), e seu uso é até desencorajado, pois pode causar comportamentos inesperados e *bugs* (como quando se tenta usar as funções sem importar a biblioteca *stdlib.h*).

## Structs

[17] - **Não é possível pré-definir valores de variáveis da structs em sua definição**. Essas só podem ser especificadas durante ou após declaração de uma variável do tipo da *struct*.

## Arquivos externos

[18] - Os modos de acesso são para **arquivos de texto** são:

- **r**: Abre o arquivo e permite **apenas a sua leitura**.
- **w**: Cria ou sobrescreve um arquivo, permitindo **apenas a escrita**.
- **a**: Abre ou cria (se não existir) um arquivo **apenas para anexar um conteúdo ao seu final**.
- **r+**: Abre um arquivo, permitindo **leitura e/ou escrita** em seu interior.
- **w+**: Cria ou sobrescreve um arquivo, **permitindo leitura e/ou escrita**.
- **a+**: Abre ou cria (se não existir) um arquivo para sua **leitura e/ou anexar um conteúdo ao seu final**.

Os equivalentes para **arquivos binários** são, respectivamente: rb, wb, ab, rb+, wb+, ab+.

## Pré-processamento

[19] - Existem *macros* pré-definidos na linguagem C, os mais usados sendo:

- **\_LINE\_**: *int* que contém o número da linha atual do código.
- **\_FILE\_**: *string* que contém o nome do arquivo.
- **\_DATE\_**: *string* que contém a data atual no modelo *Mmm dd aaaa* (Feb 7 2026).
- **\_TIME\_**: *string* que contém a hora atual no modelo *hh:mm:ss* (13:22:56).

[20] - Variáveis e constantes de um arquivo podem ser declaradas como *auto*, *static* e *extern*.

- **auto**: O tipo padrão implícito quando uma variável é declarada em uma função. O **seu valor só está salvo na memória durante a execução de sua função**.
- **static**: Define que uma variável terá o seu **espaço de memória alocado durante toda a execução do programa**. Também **impede que a variável seja acessada por códigos externos** (válido também para elementos *auto*).
- **extern**: Define que **uma variáveis e constantes podem ser utilizadas por em todo o programa** (códigos locais e externos). É o tipo implícito para elementos globais e **não pode ser usado dentro de funções**.

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int contExtern = 0;           // extern int contExtern = 0;
4
5 void inicializacao() {
6     static int contStatic = 0;
7     int contAuto = 0;          // auto int contAuto = 0;
8     contExtern++, contStatic++, contAuto++;
9     printf("%d, %d, %d\n", contExtern, contStatic, contAuto);
10 }
11
12 int main() {
13     inicializacao(); // 1, 1, 1
14     inicializacao(); // 2, 2, 1
15     inicializacao(); // 3, 3, 1
16     return 0;
17 }
```

## Programa pelo terminal

[21] - Tendo um *.txt* com o conteúdo (“10 20 30 0 10”) que será redirecionado como entrada para o seguinte código:

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(void) {
4     int a = 1, total = 0;
5     while (a != 0){
6         scanf(" %d", &a);
7         total += a;
8     }
9     printf("O total da soma é: %d\n", total);
10    printf("Mais um valor para a soma: ");
11    scanf(" %d", &a);
12    printf("O total da soma é: %d\n", total + a);
13
14 }
```

Considerando o conteúdo do *.txt* que será redirecionado como entrada para o código:

- “10 20 30 0 10”: Será executado o *scanf* do *loop* (até o 0), o primeiro *printf* e a próxima instrução receberá o valor 10, imprimindo o segundo *printf*.
- “10 20 30 0”: o segundo *scanf* receberia o valor de **EOF** (*End Of the File*). Seria gerado um erro no *scanf* (ele não alteraria o valor da variável). Isso pode ocorrer tanto no **redirecionamento de entrada** quanto no **piping**.
- “10 20 30”: Ocorreria o mesmo problema no *scanf* do caso anterior. Todavia, como o valor de *a* não é alterado, seria gerado um **loop infinito**.

[22] - Se não houver nenhum elemento após o nome do executável no terminal, *argc* = 1 e *argv[0]* está vazio (armazena o quebra linha ‘\n’ ao executar).

## Apêndice B

### stdio.h

Biblioteca que permite **utilização e manipulação do input e output** de um programa, com isso podendo fazer receber e enviar dados de/para diversas fontes, etc.

```
1 #include <stdio.h>
2 int main(){
3     int a; double g; char b, c[100], d[100], f;
4     // Recebe um valor do input (terminal) e armazena no endereço de a
5     scanf(" %d %c", &a, &b);
6     // Imprime no output (terminal) uma mensagem formatada com dados
7     printf("a = %d, pi = %.2lf, Nome: %s\n", a, 3.141592, "Maria");
8     // "a = 10, pi = 3.14, Nome = Maria"
9     // Ao invés de imprimir como no printf, armazena em um array de char
10    sprintf(c, "b = %c, num = %.4lf, Nome: %s\n", b, 2.15, "Joao");
11    printf("sprintf: %s", c); // "b = a, num = 2.1500, Nome = Joao\n"
12    /* Os valores para input podem ser enviados de uma vez, sendo
13       armazenados em fila no buffer (memória temporária), mas sua utilização
14       ser gradual. O getchar pega o proximo caracter da fila do buffer */
15    /* Se no scanf, na parte do %c for mandado mais do que um caracter
16       (como "abc"), ou espaços ("a b") ele é pego pelo getchar */
17    b = getchar(); // Muito usado p/ limpar o buffer ao se mexer com strings
18    // Imprime o caracter armazenado em uma variável
19    putchar(b); // "b" ou " " (pega o espaço ' ' ou '/n')
20    b = getchar();
21    printf("\nb = %c\n", b); // "b = c" no 1º caso ou "b = b" no 2º
22    /* Recebe uma string de tamanho <= 100 de um local (stdin = terminal)
23       e armazena em um array de char */
24    fgets(d, 100, stdin);
25    // Semelhante ao scanf, mas recebe os dados de uma string
26    sscanf(c, "b = %c, num = %lf", &f, &g);
27    /* A formatação para pegar elementos em posições específicas de uma
28       string pode ser feita do mesmo jeito no scanf que foi sscanf, mas pode
29       gerar mais bugs caso uma casa esteja errada*/
30 }
```

```
1 #include <stdio.h>
2
3 typedef struct {
4     int inteiro;
5     float racional;
6 } grupo;
7 int main() {
8     int a[] = {10,20,30,40,50}, b[10] = {0};
9     grupo c[] = {{1,6},{2,5},{3,4},{4,3},{5,2},{6,1}},d[30] = {{0,0}};
10    FILE* filePtr; // Cria um ponteiro para arquivos
11    // Tenta abrir um arquivo de texto para leitura e escrita
12    if((filePtr = fopen("texto.txt", "w+")) == NULL) return -1;
13    for(int i = 0; i < (sizeof(a)/sizeof(a[0])); i++)
14        // Salva dados no .txt no formato especificado
15        fprintf(filePtr, "%d - %d\n", i, a[i]);
16    rewind(filePtr); // Volta o ponteiro pro início do arquivo
17    for(int i = 0, tmp = 0; !feof(filePtr); i++)
18        fscanf(filePtr, "%d - %d", &tmp, &b[i]); // Salva os dados num array
19    fclose(filePtr); // Fecha e salva o arquivo
20    // Tenta abrir um arquivo binário para leitura e/ou anexação de dados
21    if((filePtr = fopen("binario.bin", "ab")) == NULL) return -1;
22    for(int i = 0; i < (sizeof(c)/(sizeof(c[0]))); i += 3) // Ajuste "+= 3"
23        // Passa 3 elementos pro arquivo binário de cada vez.
24        fwrite(&c[i], sizeof(grupo), 3, filePtr);
25        // {c[0], c[1], c[2]}, {c[3], c[4], c[5]}
26    fclose(filePtr); // Modos a e ab não permitem rewind
27    if((filePtr = fopen("binario.bin", "rb")) == NULL) return -1;
28    for(int i = 0; !feof(filePtr); i++)
29        // Lê um elemento do arquivo binário de cada vez
30        fread(&d[i], sizeof(grupo), 1, filePtr);
31    fclose(filePtr);
32 }
```

## *stdlib.h*

Biblioteca com ferramentas mais gerais. Possui funções para **alocação manual de memória, conversão de tipos, ordenação e busca**, etc.

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int main() {
5     int* a = (int*)malloc(sizeof(int));    // Aloca memória (com lixo)
6     int* b = (int*)calloc(10, sizeof(int)); // Aloca e ZERA a memória
7     b = (int*)realloc(b, 20 * sizeof(int)); // Redimensiona memória alocada
8     free(a); free(b);                   // Libera memória
9 }
```

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 int main(){
4     char* cPtr1,* cPtr2;
5     /* Converte string com APENAS CARACTERES NUMÉRICOS para int. Existem
6      funções semelhantes para outros tipos (atof: string → float,
7      atol: string → long, etc.) */
8     int a = atoi("99");
9     /* Mesma ação do atol, mas com detecção de erro. Caso venham elementos
10    não numéricos após o número (é obrigatório ter o número na frente),
11    o resto é convertido em string e armazenado em um ponteiro de char
12    (char cArray[n] daria erro) ou eliminado se for colocado NULL */
13    double b = strtold("51.2% foram admitidos", &cPtr1); // b = 51.2
14    /* O valor no final determina a base (decimal, hexadecimal, binária,
15     etc.). Base = 0 converte automaticamente a depender do tipo lido */
16    long bin = strtol("100101abc", &cPtr2, 2); // bin = 37, cPtr = abc
17    long hex = strtol("0x123", NULL, 0); // hex = 291 (123 em hexadecimal)
18    printf("b = %.2lf, bin = %ld e %b, hex = %ld e %hx\n", b, bin, \
19           (int) bin, hex, (int) hex);
20    // "b = 51.20, bin = 37 e 100101, hex = 291 e 123"
21    int c = abs(-25); // c = 25 = |-25|
22    div_t resultado = div(70, 30); // Divisão inteira com quociente/resto
23    // resultado.quot = 2, resultado.rem = 10
24    return 0;
25 }
```

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 /* É preciso de utilizar uma função para definir o método de organização
4  do qsort e para o bsort. Para uma organização crescente, por exemplo, ele
5  retorna (*(int*) a - *(int*) b), e troca as casas quando o resultado for > 0.
6  Caso quisesse a ordenação decrescente: return (*(int*) a - *(int*) b) */
7 int crescente(const void* a, const void* b) {
8     return (*(int*) a - *(int*) b);
9 }
10 int main() {
11     int numeros[] = {42, 13, 7, 99, 1, 25};
12     int n = sizeof(numeros) / sizeof(numeros[0]);
13     /* Organiza os elementos de uma lista seguindo uma ordem definida pela
14      função na última posição */
15     qsort(numeros, n, sizeof(int), crescente);
16     // numeros = {1, 7, 13, 25, 42, 99}
17     int chave = 25;
18     /* Faz uma busca binária em uma lista de organização variada e retorna
19      o valor da chave se acha-la*/
20     int *resultado = bsearch(&chave, numeros, n, sizeof(int), crescente);
21     if (resultado != NULL) printf("Encontrado: %d\n", *resultado);
22     return 0;
23 }
```

## *ctype.h* e *string.h*

Bibliotecas para a manipulação de elementos do tipo *char* e *string*, respectivamente (muito usados em conjunto).

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <ctype.h>
3 int main() {
4     /* Funções de comparação. Retornam 1 se o char tiver as propriedades,
5      caso contrário, retornam 0 */
6     // Número (base 10)
7     printf("\'8\' %sé!\n", isdigit('8') ? "" : "não "); // 1
8     printf("\'.' %sé!\n", isdigit('.') ? "" : "não "); // 0
9     // Letra do alfabeto
10    printf("\'b\' %sé!\n", isalpha('b') ? "" : "não "); // 1
11    printf("\'4\' %sé!\n", isalpha('4') ? "" : "não "); // 0
12    // Letra maiúscula
13    printf("\'c\' %sé!\n", isupper('c') ? "" : "não "); // 0
14    printf("\'F\' %sé!\n", isupper('F') ? "" : "não "); // 1
15    // Letra minúscula
16    printf("\'k\' %sé!\n", islower('k') ? "" : "não "); // 1
17    // Letra do alfabeto ou número
18    printf("\'A\' %sé!\n", isalnum('A') ? "" : "não "); // 1
19    printf("\'7\' %sé!\n", isalnum('7') ? "" : "não "); // 1
20    printf("\'&\' %sé!\n", isalnum('&') ? "" : "não "); // 0
21    // Espaço
22    printf("\'\\n\' %sé!\n", isspace('\n')?"": "não "); // 1
23    printf("\' \' %sé!\n", isspace(' ') ? "" : "não "); // 1
24    printf("\'_\' %sé!\n", isspace('_') ? "" : "não "); // 0
25    /* Funções de modificação. Caso sejam possa ser aletrada, é retornado
26     o novo caracter, caso contrário, é retornado o mesmo */
27    printf("\'u\' toupper é \'%c\'\n", toupper('u'));// 'U'
28    printf("\'7\' toupper é \'%c\'\n", toupper('7'));// '7'
29    printf("\'W\' tolower é \'%c\'\n", tolower('W'));// 'w'
30    printf("\'m\' tolower é \'%c\'\n", tolower('m'));// 'm'
31
32 }
```

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <string.h>
3 int main() {
4     char* str1 = "Feliz aniversário", str2[20], str3[20], str4[20];
5     // Retorna a quantidade de caracteres da string (contando o '\0')
6     strlen(str1); // == 18
7     // Copia a string do segundo vetor para o primeiro
8     strcpy(str2, str1); // str2 = "Feliz aniversário'\0'"
9     // Copia os n primeiros caracteres (se n > tamanho da str, copia tudo)
10    strncpy(str3, str2, 5); str3[5] = '\0'; // == "Feliz'\0"
11    strncpy(str4, str2, 20); // str4 = "Feliz aniversário'\0"
12    char* str5 = "Feliz ano novo", str6[20];
13    // Anexa a string do segundo vetor ao final do primeiro
14    strcat(str6, str5); // str6 = "Feliz ano novo'\0"
15    str6[strlen(str6)] = ' '; // == "Feliz ano novo "
16    // Anexa os n primeiros caracteres (se n > tamanho da str, anexa tudo)
17    strncat(str6, str5, 5); // str6 = "Feliz ano novo Feliz"
18    str6[strlen(str6) + 1] = '\0'; // == "Feliz ano novo Feliz'\0"
19    // Compara as strings e retorna 0 se são iguais
20    printf("São %s\n", !strcmp("Abc", "Abc")?"iguais":"diferentes"); // 0
21    printf("São %s\n", !strcmp("Abc", "Abd")?"iguais":"diferentes"); // 1
22    // Compara as strings até até n caracteres e retorna 0 se são iguais
23    printf("São %s\n", !strncmp("Abc", "Abd", 2)? "iguais": "diferentes"); // 0
24    /*Acha a posição da primeira ocorrência do caracter e retorna a string a
25     partir dela (Retorna NULL se não achar)*/
26    char* ptr7 = strchr("Uma maquina voadora", 'q');// == "quina voadora'\0"
27    char* ptr8 = strchr("Uma maquina voadora", 'z');// == NULL
28    // A mesma ação do strchr, mas para achar uma string
29    char* ptr9 = strstr("O bebê saiu dai", "iu"); // == "iu dai'\0"
30    printf("%s\n", ptr9);
31
32 }
```

## *math.h*

Biblioteca com funções de operações e conversões matemáticas.

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <math.h>
3
4 int main() {
5     printf("10.8 arredondado p/ baixo é: %.4lf\n", floor(10.8)); // 10.0000
6     printf("98.0001 arredondado p/cima é: %.2lf\n", ceil(98.0001)); // 99.00
7     printf("10.00 arredondado p/ baixo e p/ cima é: %.4lf, %.4lf\n",
8            floor(10.00), ceil(10.00)); // 10.0000, 10.0000
9     printf("A raiz quadrada de 8 é: %.4lf\n", sqrt(8)); // 2.8284
10    printf("A raiz cúbica de 27 é: %.4lf\n", pow(27, 1.0/3)); // 3.0000
11    printf("(2.3)^{7.5} é: %.4lf\n", pow(2.3, 7.5)); // 516.3673
12    printf("sin(pi/2) é: %.4lf\n", sin(3.141592/2) /* 90° */); // 1.0000
13    printf("cos(pi/3) é: %.4lf\n", cos(3.141592/3) /* 60° */); // 0.5000
14    printf("tan(pi/4) é: %.4lf\n", tan(3.141592/4) /* 45° */); // 1.0000
15    printf("ln(e) é: %.4lf\n", log(2.71828)); // 1.0000
16    printf("log10(1000) é: %.4lf\n", log10(1000)); // 3.0000
17
18 }
```

## *stdarg.h*

Biblioteca para trabalhar com funções de número variado de argumentos.

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdarg.h>
3
4 int soma(int qtd, ...){ // Argumentos fixos, argumentos variaveis
5     va_list args; // Declara um ponteiro para os argumentos do escopo
6     va_start(args, qtd); // Ponteiro p/ a posição do último elemento fixo
7     int total = 0;
8     for (int i = 0; i < qtd; i++)
9         // Coloca o ponteiro na PRÓXIMA posição e copia elemento apontado
10        total += va_arg(args, int);
11    va_end(args); // Zera o ponteiro
12    return total;
13 }
14 int main(){
15     printf("%d\n", soma(4, 10, 20, 30, 40));
16     return 0;
17 }
```

## Fontes

1. DEITEL, Harvey M.; DEITEL, Paul J. Como programar em C. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.
2. ZIVIANI, Nivio. Projeto de algoritmos com implementações em Pascal e C. 4. ed. São Paulo: Pioneira, 1999.
3. BATISTA, Natália Cosse. Ponteiros e alocação dinâmica de memória. 2022. 40 f. slides (PDF) da disciplina Algoritmos e estruturas de dados. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), 2025.
4. PEIXOTO, Daniela Cristina Cascini. Disciplina: Lógica de programação. Curso de graduação em Engenharia de Computação – CEFET-MG, 2024.
5. CAMPOS, Luciana Maria de Assis. Disciplina: Programação orientada a objetos. Curso de graduação em Engenharia de Computação – CEFET-MG, 2024.
6. BATISTA, Natália Cosse. Disciplina: Algoritmos e estruturas de dados. Curso de graduação em Engenharia de Computação – CEFET-MG, 2025.