

Linguagem C

Kayky Moreira Praxedes

Fevereiro 2026

1 Características da linguagem

C é uma linguagem procedural de médio nível (possui abstrações, mas possui muitos recursos de gestão manual do hardware) extremamente rápida (devido à proximidade com a *CPU*), com muita presença em sistemas operacionais e 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.

A função principal do programa é o *main*, responsável por definir as ações realizadas pelo programa (função ativa) [01], as demais funções servindo como ferramentas (função passiva).

A biblioteca *stdio.h* é utilizada em muitas aplicações de C, pois possui funções para a utilização *input* e *output* (necessário para a esmagadora maioria dos programas).

Formatação do código:

Espaçamentos e comentários não alteram diretamente funcionamento do código (apenas melhoram a legibilidade e organização do programa). Instruções são delimitadas com um ponto e vírgula (;), e funções e estruturas de controle (blocos como condicionais e loops) tem o seu conteúdo delimitados por chaves ({}) [02].

```
#include <stdio.h> // Biblioteca para o uso de elementos de input e output

/* Comentário com
mais de uma linha */
// Comentário com apenas uma linha
int main(void){ // Função de execução do programa com retorno int e sem argumentos
    printf("Hello, World!\n"); // Instrução do stdio.h que imprime uma mensagem no terminal: Hello, World!
    return 0; // Delimitação de uma instrução (retorno) por ponto e vírgula (;) ao seu final
} // Domínio da função delimitado por chaves ({} )
```

O \n é um quebra linha (redireciona o terminal para a linha de baixo).

2 Tipos de dados

O tipo de dado indica as propriedades de uma variável, restringindo algumas operações [03] [04] e indicando o espaço de memória reservado (variando a depender da arquitetura). Em C, todos os dados são essencialmente numéricos (números binários), variando o especificador de tipo. Essa propriedade facilita operações de tipos diferentes, bem como sua conversão [05].

- **char:** Caracteres (dentro da tabela ASCII) [06]. Normalmente a memória reservada é de 1 byte (8 bits).
- **int:** Números inteiros. Normalmente a memória reservada é de 2 a 4 bytes.
- **float:** Números racionais. Normalmente a memória reservada é de 4 bytes.
- **double:** Também são números racionais, mas com o dobro de capacidade do float (nesse caso, 8 bytes).

Cada tipo possui um formatador associado a si (%c para *char*, %d para *int*, %f para *float*. %lf para *double*, etc.), esse servindo para definir explicitamente o tipo de dado na extração e inserção um em/para uma *string* (evitar erros na conversão).

3 Armazenamento de informações

O armazenamento das informações voláteis é feito através de variáveis (em C são rótulos para endereços de espaços de memória associados a tipos). Primeiro declara-se a variável (aloca seu espaço de memória), depois atribui-se um valor a ela (condizente com o tipo da variável), podendo ser um valor direto (explícito), ou indireto (resultado de retorno de uma função, valor de outra variável, etc.) [07].

```
#include <stdio.h>

int main(){ // void implícito nos argumentos
    int a; // Declaração de uma variável
    a = 10; // Atribuição de um valor direto a variável
    int b = 20; // Declaração com atribuição diretamente
    int c = 30, d = 40 + 20; // Declaração múltipla com atribuição direta e expressão
    printf("a = %c, b = %d, c = %d, d = %d\n", a, b, c, d); // output: a = c, b = 10, c = 20, d = 70
    return 0; // 0 \n é utilizado para redirecionar o terminal para a linha de baixo
}
```

Constantes:

Elementos cujo valor após sua declaração não pode ser modificado, sendo esse o único momento onde é possível atribuir um valor à ela.

Elementos locais e globais:

Se um elemento (variável ou constante) é declarado dentro de um bloco, trata-se de um elemento local (a memória dessa variável só fica reservada apenas durante a execução do bloco, e essa é acessível diretamente apenas pelo bloco onde foi declarada e seus sub-blocos), se não, trata-se de um elemento global (seu endereço de memória fica alocado durante toda a execução do código e esse pode ser acessado por qualquer função).

Sombreamento de elementos:

Elementos pertencentes aos mesmos blocos e sub-blocos não podem ter o mesmo nome, mas podem ter elementos com nomes iguais em blocos diferentes. Nesse caso, se um dado global e um local tiver mesmo nome e houver uma chamada dele, o dado local que será processado.

```
#include <stdio.h>

const int constante_global = 10;
int variavel_global = 20;

int main(){
    const int constante_local = 30;
    int variavel_local = 40;
    int variavel_global = 50; // Sombreamento da variável global
    printf("constante_global = %d\nvariavel_global = %d\n", constante_global, variavel_global);
    /* output: constante_global = 10
       variavel_global = 50 */
    for(int i = 0; i < 10; i++){
        // Operação qualquer
    }
    int i = 5; // Como a variável i só existia no for, seu nome pode ser reaproveitado agora
    return 0;
}
```

4 Operações

As informações contidas nas variáveis podem ser manipuladas através de operações predefinidas na linguagem, essas seguindo uma ordem de prioridade que, a grosso modo, seguem a hierarquia: [08]

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

Elementos que tomam uma decisão a depender da validade de sua condição. Em C padrão não existe um tipo dados booleano (representa se um dado é verdadeiro ou falso) [09]. Todavia, a linguagem entende o elemento 0 como falso e qualquer outro valor de qualquer outro tipo verdadeiro.

if/else:

Estrutura de escolha binária (apenas duas opções, verdadeiro ou falso). Uma condição é definida no *if* que, se verdadeira, realiza a ação do bloco, mas se for falsa, passa-se para o próximo teste (*else if* ou *else*).

```
#include <stdio.h>

int main(){
    int valor;
    scanf(" %d", &valor); // Recebe um valor no input e o envia para o endereço da variável
    if(valor == 10){
        printf("Eh 10!\n");
        return 10;
    } else if(valor == 20 || valor == 30) return 30; // valor != 10
    else { // valor != 10 && valor != 20 && valor != 30
        if('b') // Como o valor no escopo ('b') é diferente de 0, será executado sempre
            printf("Acao alcançada!\n");
        else
            return 1; // Condição nunca alcançada
    }
    return 0;
}
```

Switch case:

Estrutura que executa diferentes ações a depender do valor no escopo. Todos os *cases* necessitam obrigatoriamente um *break* (menos o *default*), se não, todos os cases abaixo também são executados (*fall-through*).

```
#include <stdio.h>

int main(){
    int valor;
    scanf(" %d", &valor);
    switch (valor){
        case 10: // valor == 10
            // Ação 1
            break;
        case 30: case 40: // valor == 30 || valor == 40
            // Ação 3
            break;
        default: // valor != 10 && valor != 30 && valor != 40
            // Ação padrão
            break; // break facultativo
    }
    return 0;
}
```

goto:

Redireciona a execução do código para uma outra linha, essa definida por um *label*.

```
#include <stdio.h>

int main(){
    int a = 10;
    goto LABEL;
    a *= 2; // a ficaria igual a 20, mas a instrução é pulada pelo goto
LABEL:
    printf("%d\n", a); // output: 10
    return 0;
}
```

Seu uso é desencorajado, visto que deixa o programa desorganizado (difículta o *debugging* e a manutenção) e pode 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 as ações de seu bloco até que uma condição de parada (ou um *break*) seja alcançada.

while:

Realiza uma ação enquanto a condição do seu escopo *for* “verdadeira” (diferente de 0), nem entrando no bloco se ela já for verdadeira. Existe uma variação dessa instrução, *do while*, que executa o bloco antes de entrar no *loop*, repetindo-a enquanto a condição for verdadeira (pelo menos uma vez irá executar a ação).

```
#include <stdio.h>

int main(){
    int valor;
    scanf(" %d", &valor);
    while(valor != 10){ // Se valor == 10 nem entra
        printf("Valor diferente de 10\n");
        scanf(" %d", &valor);
    }
    do{
        printf("%d\n", ++valor); // output: 11
    } while (valor <= 10); // Realiza a ação pelo menos uma vez, mesmo se valor >= 20 antes do bloco
    return 0;
}
```

for:

Duração do *loop* delimitada no seu escopo. Nesse é definida uma variável e seu valor de início [10], sua condição de parada e uma operação, tudo separado por pontos e vírgulas (;).

```
#include <stdio.h>

int main(){
    int u = 0;
    for (int i = 0; u < 20; i++){ // Incrementa interna do for (i) de 1 em 1
        u += 2;
        printf("%d ", u);
    } printf("\n"); // output: 2 4 8 10 12 14 16 18 20
    for(u; u >= 10; u -= 3) // Decrementa variável externa ao for (u) de 3 em 3
        printf("%d ", u);
    printf("\n"); // output: 20 17 14 11
    return 0;
}
```

Ferramentas para alterar o fluxo de *loops*:

O *break* sai do bloco de execução instantaneamente (válido para *loops* e *switch*). O *continue* ignora o resto das instruções abaixo dele no *loop*, começando a próxima repetição (funciona apenas em *loops*).

7 Funções

Funções são conjuntos de instruções montadas pelo programador para realizarem uma ação ao serem chamadas no código. Elas tem de ser escritas acima das funções que as utilizam (o *main*, portanto, sendo a última), ter seu tipo de retorno definido (*void* caso não retorne nada) e podem admitir argumentos (variáveis locais que são declaradas no escopo que copiam os dados passados na chamada da função [11]).

Protótipos:

Ferramenta que pré-compilam as funções, permitindo seu posicionamento livre no código. É semelhante ao processo de declarar uma variável e definir seu valor depois, sendo necessário declarar em seu escopo apenas o tipo das variáveis. Os protótipos ainda devem ser declarados acima de funções que chamam sua função diretamente.

Bibliotecas:

As bibliotecas são códigos que possuem conjuntos de ferramentas e funções prontas. São disponibilizadas pela própria linguagem e podem ser adicionadas por meio do comando `#include <nome da biblioteca.h>` (verificar apêndice B). **Seu uso evita redundância de programação** (não há necessidade de criar funções do zero, economizando tempo) e **bugs** (as funções já foram testadas e otimizadas, sendo mais eficientes e previsíveis) [12].

```
#include <stdio.h> // Biblioteca p/ input e output

int dobro(int); // Protótipo que tem que ser posicionado acima, pois é chamado em funcaoSemPrototipo
void funcaoSemPrototipo(int valor){
    printf("%d\n", dobro(valor));
}
int funcaoComPrototipo(); // Protótipo que pode ser posicionado abaixo
int main(){
    int a; double b;
    // Funções da biblioteca stdio.h
    scanf("%d %lf", &a, &b); // Assumindo um input: 10 25
    printf("2*a = %d, b/2 = %.2lf\n", a*=2, b/=2); // output: 2*a = 20, b/2 = 12.50
    // Funções próprias
    funcaoSemPrototipo(funcaoComPrototipo()); // Mesmo que: funcaoSemPrototipo(25);
    return 0; // output: 50
}
int dobro(int valor){
    return (valor * 2);
}
int funcaoComPrototipo(){ // void implícito no argumento
    return 25;
}
```

Recursão:

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

```
#include <stdio.h>

void fibonacci_recursivo(int antecessor, int atual, int termo){
    printf("%d, ", antecessor);
    if(termo > 0) // Chamada recursiva dos n primeiros termos da sequência
        fibonacci_recursivo(atual, antecessor + atual, --termo);
    else printf("%d\n", atual); // Fim da chamada
}
```

```

int main(){
    fibonacci_recursivo(1,1,15);
    return 0;
}

```

8 Ponteiros

Ponteiros são elementos especiais que armazenam em si o endereço de outras variáveis, podendo alterá-las, mesmo sem uma chamada direta da mesma. Para criar um ponteiro, basta colocar um asterisco (*) ao lado do tipo de dado durante a declaração. **Podem ser criados ponteiros para quaisquer tipos, até ponteiros de um ponteiro**, através de um duplo asterisco (**) e assim por diante. O endereço de memória das variáveis pode ser acessado pelo prefixo &.

```

#include <stdio.h>

int main(){
    int a = 10;
    int* b; // Declaração de um ponteiro de int
    b = &a; // b recebe o endereço de a (*b = a)
    (*b)++; // Mesmo que a++;
    printf("%d\n", a); // output: 11
    int* c = &a; // Declaração e atribuição de um ponteiro (c = &a, logo: *c = a)
    // Para declarar múltiplos ponteiros, cada um deve ter a quantidade respectiva de asteriscos
    int** d, * e; // d é um ponteiro para ponteiro de int, e é um ponteiro de int
    d = &b; // d = &b: *d = b = &a: **d = a
    return 0;
}

```

Passagem por valor x Passagem por referência:

Como já foi dito, no escopo de uma função são geradas variáveis locais (válidas apenas naquele bloco e em seus sub-blocos) que copiam o valor passado na sua chamada.

Se for passado um valor, ele será copiado, não interagindo nem alterando diretamente a variável original, sendo esse processo chamado de passagem por valor. Todavia, se for passado um endereço de uma variável, ele é copiado para o ponteiro local da função, passando a interagir diretamente com o valor original, esse processo sendo a passagem por referência.

```

#include <stdio.h>

void divisao(int valor, int* referencia){ // Recebe um elemento int e um endereço de int
    valor /= 2; // Copia local de a
    *referencia /= 2; // Ponteiro com o endereço de b
}
int main(){
    int a = 10, b = 10;
    divisao(a, &b); // Envia o valor de a e o endereço de b
    printf("a = %d, b = %d\n", a, b); // output: a = 10, b = 5
    return 0;
}

```

9 Arrays

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

strings:

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

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.

```
#include <stdio.h>

void funcao_com_array(int arr[]) { // Array no escopo
    for(int i = 0; i < 3; i++)
        printf("%d ", arr[i]);
    printf("\n");
}
void funcao_com_ponteiro(int *ptr) { // Ponteiro no escopo
    for(int i = 0; i < 3; i++)
        printf("%d ", ptr[i]); // Poderia ser *(ptr + i)
    printf("\n");
}
int main(){
    int a;
    scanf("%d", &a);
    int array_vazio[a]; // Declaração de array com tamanho não definido e com lixo de memória
    int array1[5] = {0}, array2[5] = {1, 2, 3}; // array1 = {0, 0, 0, 0, 0}, array2 = {1, 2, 3, 0, 0}
    int array3[] = {4, 5, 6}; // Tamanho inferido (3 elementos)
    int* ptr = array2; // Ponteiro para o primeiro elemento do array
    // (ptr[n] == array2[n] == *(ptr + n) == *(array2 + n))
    funcao_com_array(array2); // output: 1 2 3
    funcao_com_array(ptr); // output: 1 2 3
    funcao_com_ponteiro(ptr); // output: 1 2 3
    funcao_com_ponteiro(array3); // output: 4 5 6
    return 0; // Todas as chamadas são válidas
}
```

Em geral, **múltiplos** elementos de um **array** só podem ser inicializados simultaneamente durante sua **declaração**, depois a modificação sendo individual (processo normalmente feito através de *loops*).

Matrizes:

Sendo um vetor uma matriz de dimensão 1, **matrizes de n dimensões são conjuntos de matrizes de dimensão $n - 1$** . Em sua declaração é obrigatório definir o tamanho de todas as dimensões de uma vez. **Outra forma de representar matrizes é através de ponteiros múltiplos, mas esses não se misturam.**

```
#include <stdio.h>

void funcao_com_matriz(int matriz[][5]){ // Necessidade de indicar o tamanho de cada array do conjunto
    printf("{");
    for(int i = 0; i < 10; i++) printf("%d%s", (*matriz + i), i == 9 ? "" : " ");
    printf("}\n");
} // Aceita apenas matrizes (memória sequencial)
void funcao_ponteiro(int** ptr){ // Ponteiro no escopo (poderia ser int* array[])
    for(int i = 0; i < 3; i++){
        printf("{");
        for(int j = 0; j < 3; j++)
            printf("%d%s", ptr[i][j], j == 2 ? "" : " ");
        printf("}{%c ", i == 2 ? '\0' : ',');
    } printf("\n");
} // Aceita apenas ponteiros (memória não necessariamente sequencial)
int main(){
    int matriz_1[3][10]; // Lixo de memória
    int matriz_2[3][3] = {0}; // {{0, 0, 0}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}} ou {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    int matriz_3[3][3] = {1, 2, 3}; // {{1, 2, 3}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}}
    int matriz_4[3][3] = {9, 8, 7}, {6, 5, 4}; // {{9, 8, 7}, {6, 5, 4}, {0, 0, 0}}
    int matriz_5[2][5] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}; // {{1, 2, 3, 4, 5}, {6, 7, 8, 9, 10}}
    int* ptr_array[3] = {matriz_4[0], matriz_4[1], matriz_4[2]}; // {{9, 8, 7}, {6, 5, 4}, {0, 0, 0}}
    int** ptr_duplo = ptr_array; // Diferente de {9, 8, 7, 6, 5, 4, 0, 0, 0}
    funcao_com_matriz(matriz_5); // output:{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}
    funcao_ponteiro(ptr_duplo); // output: {9, 8, 7}, {6, 5, 4}, {0, 0, 0}
    funcao_ponteiro(ptr_array); // output: {9, 8, 7}, {6, 5, 4}, {0, 0, 0}
    return 0;
}
```

```

/* Erros de declaração:
int* ptr_array[3] = matriz_3;
int* ptr_array_1[3] = {{1, 2, 3}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}};
int** ptr_duplo = matriz_3;
int** ptr_duplo = {matriz_5[1], matriz_5[2], matriz_3[3]};
int** ptr_duplo = {{1, 2, 3}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}};
Cada array deve ser passada individualmente, ou então passadas múltiplas arrays já declaradas */
}

```

10 Alocação dinâmica

Existem diferentes tipos de alocação ((verificar apêndice C)). **A alocação estática é a gerenciada pelo sistema**, ocorrendo em situações como declaração de variáveis, chamadas de função, etc. **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) o espaço depois da sua utilização [15]. As funções para realizar a alocação dinâmica estão definidas na biblioteca *stdlib.h* [16].

```

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

int main(){
    int a = 10, b;
    int* ptr = (int *)malloc(sizeof(int)); // Aloca memória para int (com lixo de memória)
    *ptr = 10;
    free(ptr); // Desaloca a memória reservada antes de reutilizar o ponteiro
    ptr = &a;
    scanf("%d", &b);
    int* array1 = (int*)malloc(b * sizeof(int)); // Array de tamanho não definido com lixo de memória
    int* array2 = (int*)calloc(10, sizeof(int)); // Array de tamanho fixo com todos os elementos zerados
    free(array1);
    free(array2);
    return 0;
}

```

11 Structs

Uma *struct* é um tipo derivado de dados que pode ser definido como um grupo de variáveis de múltiplos tipos relacionados entre si [17]. Simula algo como um “objeto” de linguagens que utilizam *POO*, mas mais primitivos (não suporta funções internas, abstrações, encapsulamento e/ou polimorfismo).

```

#include <stdio.h>

// Definição da "struct carta"
struct carta{
    char *naipe, *face;
    int valor;
};

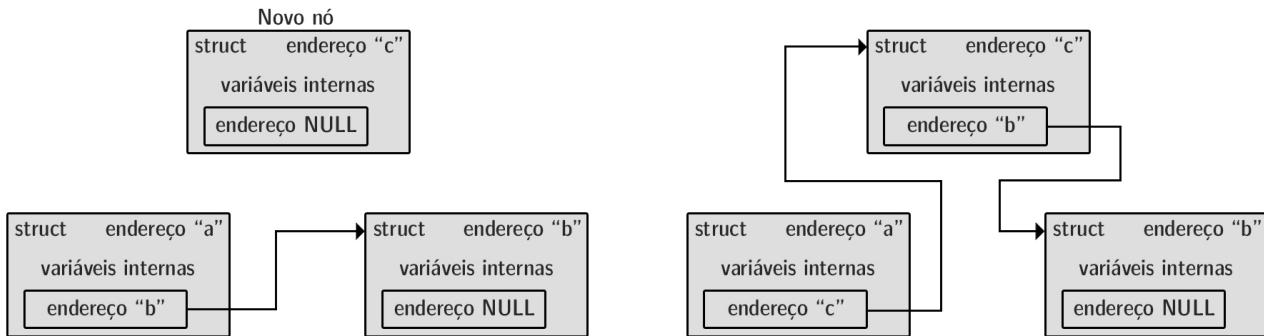
// Pode-se definir um nome menor para declarar ao invés de "struct carta"
typedef struct carta carta;
typedef struct carta CartaDeBaralho;
int main(){
    struct carta a; // Declaração de uma variável do tipo "struct carta"
    a.naipe = "Paus"; a.valor = 9; a.face = "Nove";
    // Declarações usando os nomes do type def
    carta b = {"Ouros", "Rei", 10}; // Declaração e inicialização ordenada dos elementos
    CartaDeBaralho c = {.face = "As", .valor = 11, .naipe = "Copas"}; // Declaração nomeada (ordem livre)
    return 0;
}

```

12 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, ele é “encaixado” entre elementos, o antecessor apontando para ele e ele passando a apontar 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).

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
typedef struct lista { // Definição da "struct" diretamente com o typedef
    int elemento;
    struct lista* proximo; // Ponteiro para o próximo nó
} Lista;
typedef Lista* ListaPtr; // Facilitador de sintaxe para ponteiros (vai usar bastante)
int main(){
    ListaPtr minha_lista = NULL; // Uso de um ponteiro pois será usada alocação dinâmica
    int valor;
    scanf("%d", &valor);
    while (valor != 0){
        ListaPtr novo_no = (ListaPtr)malloc(sizeof(Lista));
        if (novo_no == NULL) return 1; // Falha na alocação
        // Exemplo de pilha (elemento adicionado no início da lista)
        novo_no->elemento = valor; // Equivalente à (*novo_no).elemento = valor;
        novo_no->proximo = minha_lista;
        minha_lista = novo_no;
        scanf("%d", &valor);
    } // loop para desalocar a memória
    while(minha_lista != NULL){ // Cada nó tem de ser liberado individualmente
        ListaPtr temp = minha_lista; // Guarda nó atual para liberar depois
        minha_lista = minha_lista->proximo; // Avança para o próximo nó
        free(temp); // Liberar a memória do nó atual
    }
}
```

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

```
int add_crescente(ListaPtr* lista, int valor) {
    ListaPtr novo_no = calloc(1, sizeof(Lista)), atual = *lista, prev = NULL;
    if (!novo_no) return -1;
    novo_no->elemento = valor;
    // Procura a posição até o final da lista ou até o valor ser maior do que o novo
    while (atual != NULL && atual->elemento < valor) {
        prev = atual;
```

```

        atual = atual->proximo;
    } novo_no->proximo = atual; // atual->elemento >= valor ou atual == null (último elemento)
    if (prev == NULL) *lista = novo_no; // Inserção no primeiro elemento
    else prev->proximo = novo_no; // Inserção depois do prev
    return 0; // Antes: [..., prev, atual, atual->proximo, ...]
} // Depois : [..., prev, novo_no, atual, atual->proximo, ...]

```

Vale explicitar que o que é alterado é o endereço que o elemento aponta. Por isso quando a alteração é feita por um ponteiro local, a lista ainda sim é alterada.

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).

13 Arquivos externos

A linguagem C possui ferramentas que permite a leitura e escrita persistente (permanece salvo após a execução do programa) em arquivos externos. Cria-se um ponteiro para arquivos (*FILE**), para a navegação e manipulação do arquivo, a depender do tipo de acesso [18]. Posteriormente, desaloca-se o ponteiro (encerra-se o uso do arquivo garantindo o salvamento). Os arquivos podem ser gravados e lidos em dois tipos diferentes:

- **Texto:** Todo conteúdo é uma *string*, necessitando de uma conversão para o formato de dado desejado.

```

#include <stdio.h>

int main() {
    int conta[100] = {0}; double saldo[100] = {0};
    FILE* filePointer;
    // Tenta abrir o arquivo para a leitura de texto (.txt, .dat, etc.)
    if((filePointer = fopen("dados.dat", "r")) == NULL) return -1; // Erro ao abrir o arquivo
    for(int i = 0; !feof(filePointer); i++) // Lê até o final do arquivo (EOF)
        // Os dados estão dispostos 'int''espaço''double''espaço''int''espaço''double'...
        // Leitor de texto (lê, armazena os dados e avança o ponteiro para a próxima sequencia)
        fscanf(filePointer, "%d %lf", &conta[i], &saldo[i]); // Espaço antes do %d para a limpeza do buffer
    fclose(filePointer); // Desaloca o ponteiro e fecha o arquivo (salvamento)
    // Tenta criar ou sobrescrever arquivo para a escrita de texto
    if((filePointer = fopen("novo.txt", "w")) == NULL) return -1;
    for(int j = 0; conta[j] != 0; j++)
        fprintf(filePointer, "%d - %.1lf\n", conta[j], saldo[j]); // Escritor de texto
    // A string fica: "int - double"\n"int - double"\n"int - double"\n"...
    fclose(filePointer);
    // Tenta abrir ou criar arquivo para a leitura e append de texto
    if((filePointer = fopen("novo.txt", "a+")) == NULL) return -1;
    fscanf(filePointer, "%d - %lf", &conta[20], &saldo[20]); // Lê o conteúdo (cuidado com a formatação)
    fprintf(filePointer, "%d - %.3lf\n", conta[20], saldo[20]); // Anexa os dados no final
    fclose(filePointer);
    return 0;
}

```

- **Binário:** A informação é armazenada numericamente, operando em blocos de memória (os valores permanecendo os mesmos, não sendo convertidos em *strings*).

```

#include <stdio.h>

typedef struct {
    int conta;
    double saldo;
} Dados;
int main() {
    Dados dados[4] = {{1001, 1000.50}, {1002, -505.10}, {1010, 27}, {0, 0}}, lidos[4] = {{0, 0}};
    FILE* filePointer;
    // Tenta criar ou sobrescrever arquivo para a escrita de binário
    if((filePointer = fopen("dados.bin", "wb")) == NULL) return -1;
    for(int i = 0; dados[i].conta != 0; i++)
        // fwrite(endereço, tamanho de cada objeto, quantos dados escrever de uma vez, ponteiro)
        fwrite(&dados[i], sizeof(Dados), 1, filePointer);
    // fwrite(dados, sizeof(Dados), 3, filePointer); sem o loop pegaria os dados[0 - 2] de uma vez
    fclose(filePointer);
    // Tenta abrir arquivo para a leitura de binário
    if((filePointer = fopen("dados.bin", "rb")) == NULL) return -1;
    for(int i = 0; !feof(filePointer); i++)
        fread(&lidos[i], sizeof(Dados), 1, filePointer);
    fclose(filePointer);
    for(int i = 0; lidos[i].conta != 0; i++) printf("%d - %.2lf\n", lidos[i].conta, lidos[i].saldo);
    // output: "1001 - 1000.50"\n"1002 - -505.10"\n"1010 - 27.00"\n"
    return 0;
}

```

14 Pré-processamento

É possível realizar ações e definir elementos antes de o programa ser compilado, por meio de comando # “diretiva”. As aplicações vão desde a inclusão de arquivos externos até a definição de constantes simbólicas (globais), compilação condicional, etc. [19]

```

// #include:
/* Inclui arquivos para a execução do programa */
#include <stdio.h>      // Biblioteca padrão
#include "mylib.h"        // Biblioteca autoral
// #define e #undef:
/* O primeiro define e copia macros (constantes e funções) e o segundo os apaga (diretivas locais e externas)*/
#define PI 3.14
#define NOME_PROGRAMA "Calculadora Financeira"
#define PROGRAMA NOME_PROGRAMA // Dois macros com o mesmo valor
#define AREA_CIRCULO(raio) (PI * (raio) * (raio))
// Seria o mesmo que fazer: double area_circulo(double raio){ return PI * (raio) * (raio);}
#undef DEZ // Definido em mylib.h (biblioteca externa)
// #if, #elif e #else:
/* Verifica a condição de uma diretiva */
#ifndef DEZ // if (!defined(NOME)), também tem if defined(NOME)
    #warning "DEZ não definido!"
    #define DEZ 15 // Lança uma mensagem no terminal
#endif
#if (DEZ > 20)
    #undef DEZ
    #define DEZ 25
#elif (DEZ < 15) // else if de diretivas
    #undef DEZ
    #define DEZ 5
#else
    #undef DEZ
    #define DEZ 10
#endif

```

Compilação de múltiplos arquivos:

Para compilar múltiplos códigos interligados em C, é necessário a criação de um arquivo fonte (arquivo .c contém a implementação das funções), um arquivo cabeçalho/biblioteca (arquivo .h que contém

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).

```
/* mylib.h */
#ifndef MYLIB_H
#define MYLIB_H
#define DEZ 10 // Constantes públicas
typedef struct { // Estruturas públicas
    int x;
    int y;
} Ponto;
#endif
double media(double* , int); // Protótipo de funções

/* mylib.c */
#include "mylib.h"

double media(double* valores, int quantidade){ // Declaração da função
    double total = 0;
    for(int i = 0; i < quantidade; i++) total += valores[i];
    return total / quantidade;
}

/* main */
#include <stdio.h>
#include "mylib.h"

int main(){
    double* valores = {DEZ, 20, 25, 30}; // Uso de variável global da biblioteca externa
    printf("Média = %.2lf\n", media(valores, 4)); // Uso de função da biblioteca externa
    Ponto ponto = {10, 20}; // Declaração de struct da biblioteca externa
    return 0;
}
```

15 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**.

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char* argv[]){
    printf("A última mensagem enviada pela execução do programa pelo terminal é: %s\n", argc == 1 ? "Não foi"
        " enviado nada" : argv[argc - 1]);
    return 0;
}
```

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] - Estruturas de controle podem ser usadas sem chaves, executando apenas a instrução imediatamente subsequente. É recomendado sempre o uso de chaves, a fim de evitar comportamentos inesperados.

Tipos de dados

[03] - Cada tipo possui uma maneira de representar ausência de valor (elemento nulo), por exemplo, para elementos numéricos, o elemento nulo é o 0, para **char** é o '\0', para ponteiros, **arrays** e **strings** é **NULL**, etc.

[04] - Por vezes o espaço de memória padrão para tipos numéricos 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, é possível aumentar o tamanho de memória para esses dados, através da adição do prefixo **long** ao na declaração variáveis. O formatador da variável passa a ter um **l** após a porcentagem (%) (**long int** → **%ld**, por exemplo).

[05] - Os métodos de conversão de tipos de dados são:

- **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).
- **Conversão implícita:** Automática pelo compilador. Normalmente usado para converter um tipo menor para um tipo maior (**float** para **double**, por exemplo).

É melhor sempre realizar a conversão explicitamente (torna o código mais claro e evita *bugs*).

```
#include <stdio.h>

int main(){
    // Casos de conversão:
    double pi = 3.1415926535;
    int i_pi = (int) pi; // i_pi = 3
    int* intPtr;
    char* charPtr = (char*) intPtr;
    unsigned int u = 5;
    int s = -5;
    if(s < (int) u){ /*Realiza uma ação*/}
    /* Sem a conversão, ambos seriam tratados como unsigned. Assim, em binário:
     * -5 = (1) 111111 11111111 11111111 11111011 = 4.294.967.291 (unsigned) > 10 */
    // Casos onde ocorre a conversão implícita:
    char a = 'A';           // char (65 na tabela ASCII)
    int b = a;              // char -> int implícito ((int) a == 65)
    float c = b;            // int -> float implícito ((float) b == 65.0)
    double d = c;           // float -> double implícito ((double) c == 65.0)
    int e = d;              // double -> int implícito ((int) d == 65)
    double op1 = b/10;      // op1 = (double)(65/10) = (double)6 = 6.0
    double op2 = b/10.0;    // op2 = ((double)65)/10.0 = 65.0/10.0 = 6.5
    return 0;
}
```

[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).

Armazenamento de informações

[07] - 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.

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] - Atualmente existe uma biblioteca que permite a utilização de elementos do tipo booleano (*stdbool.h*), variáveis desse tipo podendo assumir os valores “*true*” ou “*false*”.

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] - Em C padrão, a quantidade de variáveis presente no escopo é predefinida e fixa, todavia, existe uma biblioteca que permite a utilização de uma quantidade variável de parâmetros na função (*stdarg.h*).

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

double media(double total, int i, ...){ // É preciso PELO MENOS UM argumento fixo
    va_list pointer; // Declara um "ponteiro" para a lista de argumentos variáveis
    va_start(pointer, i); // Coloca o ponteiro no último argumento fixo (nesse caso o i)
    for (int j = 0; j < i; j++) // Passa por cada argumento a partir de i até o final da lista
        total += va_arg(pointer, double); // Acessa o próximo argumento da lista (tamanho de um double)
    va_end(pointer); // Zera o ponteiro (evita erros de acesso à memória)
    return(total / i);
}
int main(){
    double w = 38.5, x = 22.5, y = 1.7, z = 10.2;
    printf("%.3lf\n", media(0, 2, w, x)); // output: 30.500
    printf("%.3lf\n", media(0, 3, w, x, y)); // output: 20.900
    printf("%.3lf\n", media(0, 4, w, x, y, z)); // output: 18.225
    return 0;
}
```

[12] - As funções mais importantes da biblioteca `stdio.h` são o `scanf` (recebe uma *string* no *input* (terminal), converte os dados da *string*, organizados da maneira definida no escopo do `scanf`, nos tipos definidos pelo formatador e grava os valores no endereço de variáveis) e o `printf` (recebe informações de vários tipos, converte elas em *string*, através do formatador, e imprime tudo no *output* padrão (terminal)).

O `scanf` pode acabar funcionando de maneira incorreta por conta do **buffer** (área da memória usada para guardar dados de *input* provisoriamente, enquanto eles estão sendo processados) estar cheio antes de sua execução. Para contornar esse problema, basta colocar dentro as aspas um espaço antes do primeiro formata dor. 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 feito com cuidado, 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. 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 para o tipo de ponteiro desejado é feita automaticamente. Dessa maneira a explicitação do tipo de ponteiro é facultativo em C (em C++ é obrigatório).

Structs

[17] - Não é possível predefinir 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* predefinidos 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* ou *extern*.

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

```
#include <stdio.h>

int contExtern = 0; // extern int contExtern = 0;
void inicializacao() {
    static int contStatic = 0;
    int contAuto = 0; // auto int contAuto = 0;
    contExtern++, contStatic++, contAuto++;
    printf("%d, %d, %d\n", contExtern, contStatic, contAuto);
}
int main() {
    inicializacao(); // output: 1, 1, 1
    inicializacao(); // output: 2, 2, 1
    inicializacao(); // output: 3, 3, 1
    return 0;
}
```

Programa pelo terminal

[21] - Para o seguinte código, tendo um *.txt* que será redirecionado como entrada com o seguinte conteúdo:

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int a = 1, total = 0;
    while (a != 0){
        scanf(" %d", &a);
        total += a;
    }
    printf("O total da soma é: %d\n", total);
    printf("Mais um valor para a soma: ");
    scanf(" %d", &a);
    printf("O total da soma é: %d\n", total + a);
    return 0;
}
```

- “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*, gerando um erro (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, permitindo o código receber e enviar dados de/para diversas fontes.

```
#include <stdio.h>

typedef struct {
    int inteiro;
    float racional;
} grupo;
int main(){
    /* Ferramentas para input e output padrão (terminal) */
    int int_a; char char_b, vet_d[100], vet_e[100]; double double_f;
    scanf(" %d %c", &int_a, &char_b); // Recebe valores input e armazena nos endereços (input assumido: 10 abc)
    printf("int_a = %d, pi = %.2lf, Nome: %s\n", int_a, 3.141592, "Maria"); // Imprime uma string no terminal
    // output: int_a = 10, pi = 3.14, Nome = Maria
    sprintf(vet_e, "char_b = %c, num = %.4lf, Nome: %s\n", char_b, 2.15, "Joao"); // printf para array de char
    printf("vet_e: %s", vet_e); // output: vet_e: char_b = a, num = 2.1500, Nome: Joao
    /* Ao enviar múltiplos inputs, eles ficam armazenados em fila no buffer. Para o input assumido, ainda estão
     * no buffer os caracteres 'b', 'c' e '\n' */
    char_b = getchar(); // Pega o proximo caracter da fila do buffer ('b').
    putchar(char_b); // Imprime um char
    char linha[100];
    fgets(linha, 100, stdin); // Limpa o buffer (100 caracteres pra ter certeza).
    // fgets e getchar são muito usados para limpeza de buffer (principalmente ao se mexer com strings).
    puts(linha); // Imprime uma string colocando um '\n' ao final (output: bc'\n'\n')
    // Recebe uma string de tamanho <= 100 de um local (stdin = terminal) e armazena em um array de char
    fgets(vet_d, 50, stdin); // O '\n' também é pego no input (supondo input: Maranhao)
    sscanf(vet_e, "char_b = %c, num = %lf", &char_b, &double_f); // scanf de string
    printf("vet_d = %schar_b = %c e double_f = %.2lf\n", vet_d, char_b, double_f);
    // output: vet_d = Maranhao'\n' char_b = a e double_f = 2.15

    /* Ferramentas para arquivos como input e output */
    // Arquivos de texto
    int vet_a[] = {10,20,30,40,50}, vet_b[10] = {0};
    FILE* filePtr; // Cria um ponteiro para arquivos
    if((filePtr = fopen("texto.txt", "w+")) == NULL) return -1; // Tenta abrir um arquivo de texto para leitura
    // e escrita
    for(int i = 0; i < (sizeof(vet_a)/sizeof(vet_a[0])); i++)
        fprintf(filePtr, "%d - %d\n", i, vet_a[i]); // Salva dados no .txt no formato especificado
    rewind(filePtr); // Volta o ponteiro pro início do arquivo
    for(int i = 0, tmp = 0; !feof(filePtr); i++)
        fscanf(filePtr, "%d - %d", &tmp, &vet_b[i]); // Salva os dados num array
    fclose(filePtr); // Fecha e salva o arquivo
    for(int i = 0; vet_b[i] != 0; i++)
        printf("%d %s", vet_b[i], vet_b[i + 1] == 0 ? "" : "- ");
    putchar('\n'); // output: 10 - 20 - 30 - 40 - 50

    // Arquivos binário
    grupo vet_struc_c[] = {{1,6},{2,5},{3,4},{4,3},{5,2},{6,1}}, vet_struc_d[30] = {{0,0}};
    if((filePtr = fopen("binario.bin", "ab")) == NULL) return -1; // Tenta abrir ou criar um arquivo binário
    // para anexação de dados
    for(int i = 0; i < (sizeof(vet_struc_c)/(sizeof(vet_struc_c[0]))); i += 3)
        fwrite(&vet_struc_c[i], sizeof(grupo), 3, filePtr); // Passa 3 elementos pro arquivo binário de cada vez
    // {c[0], c[1], c[2]}, {c[3], c[4], c[5]}
    fclose(filePtr); // Modos a e ab não permitem rewind
    if((filePtr = fopen("binario.bin", "rb")) == NULL) return -1;
    for(int i = 0; !feof(filePtr); i++)
        fread(&vet_struc_d[i], sizeof(grupo), 1, filePtr); // Lê um elemento do arquivo binário de cada vez
    fclose(filePtr);
    for(int i = 0; vet_struc_d[i].inteiro != 0; i++)
        printf("%d %.2lf %s", vet_struc_d[i].inteiro, vet_struc_d[i].racional, vet_struc_d[i + 1].inteiro == 0
        // ? "" : "- ");
    putchar('\n'); // output: 1 6.00 - 2 5.00 - 3 4.00 - 4 3.00 - 5 2.00 - 6 1.00
    return 0; // Cada execução, o último output se repete (por conta do append)
}
```

stdlib.h

Biblioteca com ferramentas mais gerais (alocação manual de memória, conversão de tipos, ordenação e busca, etc.).

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

/* É preciso uma função para definir o método de organização do qsort e para o bsort. Para uma organização crescente, por exemplo, ele retorna (*(int*) a - *(int*) b), e troca as casa quando o resultado for > 0 */
int crescente(const void* a, const void* b) {
    return (*(int*) a - *(int*) b);
} // Caso quisesse a organização decrescente: return (*(int*) a - *(int*) b)

int main(){
    /* Funções para alocação dinâmica */
    int* intptr = (int*)malloc(sizeof(int)); // Aloca memória (com lixo)
    int* intarr = (int*)calloc(10, sizeof(int)); // Aloca e ZERA a memória alocada
    intarr = (int*)realloc(intarr, 20 * sizeof(int)); // Redimensiona memória alocada
    free(intptr);
    free(intarr);

    /* Funções para conversão de tipos */
    char* cPtr1,* cPtr2;
    int a = atoi("99"); // Converte string com APENAS CARACTERES NUMÉRICOS para int.
    // Existem funções semelhantes para outros tipos (atof: string → float, atol: string → long, etc.)
    double b = strtod("51.2% foram admitidos", &cPtr1); //atol com detecção de erro (b = 51.2)
    /* Caso haja elementos não numéricos após o número (obrigatório o número na frente), o resto é convertido em string e armazenado em um ponteiro de char (array daria erro) ou eliminado se colocado NULL */
    // O número determina a base (decimal, hexadecimal, binária, etc.). Base = 0 converte automaticamente
    long bin = strtol("100101abc", &cPtr2, 2); // bin = 37 em decimal, cPtr = abc
    long hex = strtol("0x123", NULL, 0); // hex = 291 em decimal
    printf("b = %.2lf, bin = %ld e %b, hex = %ld e %x\n", b, bin, (int) bin, hex, (int) hex);
    // "b = 51.20, bin = 37 e 100101, hex = 291 e 123"
    int c = abs(-25); // c = 25 | |-25|
    div_t res = div(70, 30); // Divisão inteira com quociente e resto (res.quot = 2, res.rem = 10)

    /* Funções para ordenação e busca */
    int numeros[] = {42, 13, 7, 99, 1, 25};
    int n = sizeof(numeros) / sizeof(numeros[0]);
    // Organiza os elementos de uma lista seguindo uma ordem definida pela função na última posição
    qsort(numeros, n, sizeof(int), crescente); // numeros = {1, 7, 13, 25, 42, 99}
    for(int i = 0; i < n; i++) printf("%d ", numeros[i]);
    putchar('\n'); // output: 1 7 13 25 42 99
    int chave = 25;
    // Faz uma busca binária em uma lista de organização variada e retorna o valor da chave se achá-la
    int* resultado = bsearch(&chave, numeros, n, sizeof(int), crescente);
    if (resultado != NULL) printf("Encontrado: %d\n", *resultado); // output: Encontrado: 25
    return 0;
}
```

math.h

Biblioteca com funções de operações e conversões matemáticas.

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

int main() {
    printf("98.0001: %.2lf, 10.8: %.2lf\n", ceil(98.0001), floor(10.8)); // output: 98.0001: 99.00, 10.8: 10.00
    printf("10.00: %.2lf, %.2lf\n", floor(10.00), ceil(10.00)); // output: 10.00: 10.00, 10.00
    printf("A raiz quadrada de 8 é: %.4lf\n", sqrt(8)); // output: A raiz quadrada de 8 é: 2.8284
    printf("A raiz cúbica de 27 é: %.4lf\n", pow(27, 1.0/3)); // output: A raiz cúbica de 27 é: 3.0000
    printf("(2.3)^(7.5) é: %.4lf\n", pow(2.3, 7.5)); // output: (2.3)^(7.5) é: 516.3673
    printf("%.3lf, %.3lf, %.3lf\n", sin(3.1416/2), cos(3.1416/3), tan(3.1416/4)); // output: 1.000, 0.500, 1.000
    printf("ln(e) é: %.4lf\n", log(2.71828)); // output: ln(e) é: 1.0000
    printf("log10(1000) é: %.4lf\n", log10(1000)); // output: log10(1000) é: 3.0000
    return 0;
}
```

ctype.h e *string.h*

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

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
#include <string.h>

int main() {
    /* Funções do ctype.h */
    // Funções de comparação. Retornam 1 se o char tiver as propriedades, caso contrário, retornam 0
    // Número decimal
    printf("'8': %s\n", isdigit('8') ? "" : "não "); // 1
    printf('.': %s\n", isdigit('.') ? "" : "não "); // 0
    // Letra do alfabeto
    printf("'b': %s\n", isalpha('b') ? "" : "não "); // 1
    printf("'4': %s\n", isalpha('4') ? "" : "não "); // 0
    // Letra maiúscula
    printf("'c': %s\n", isupper('c') ? "" : "não "); // 0
    printf("'F': %s\n", isupper('F') ? "" : "não "); // 1
    // Letra minúscula
    printf("'k': %s\n", islower('c') ? "" : "não "); // 1
    // Letra do alfabeto ou número
    printf("'A': %s\n", isalnum('A') ? "" : "não "); // 1
    printf("'7': %s\n", isalnum('7') ? "" : "não "); // 1
    printf("'&': %s\n", isalnum('&') ? "" : "não "); // 0
    // Espaço
    printf("\\n': %s\n", isspace('\n') ? "" : "não "); // 1
    printf(' ': %s\n", isspace(' ') ? "" : "não "); // 1
    printf('_': %s\n", isspace('_') ? "" : "não "); // 0
    // Funções de modificação. Caso sejam não seja possível modificar, é retornado o mesmo caractér
    printf("u' toupper é '%c'\n", toupper('u'));
    printf("7' toupper é '%c'\n", toupper('7'));
    printf("W' tolower é '%c'\n", tolower('W'));
    printf("m' tolower é '%c'\n", tolower('m'));

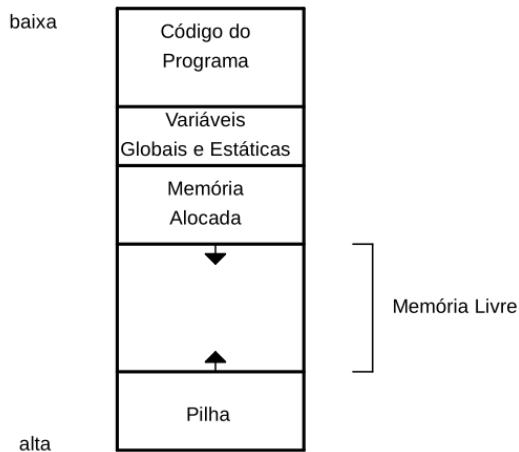
    /* Funções do string.h */
    char* str1 = "Feliz aniversário", str2[20], str3[20], str4[20];
    // Retorna a quantidade de caracteres da string (contando o '\0')
    printf("%ld\n", strlen(str1)); // output: 18
    // Copia a string do segundo vetor para o primeiro
    strcpy(str2, str1); // str2 = "Feliz aniversário\0"
    printf("str2 = %s\n", str2); // output: str2 = Feliz aniversário
    // Copia os n primeiros caracteres (se n > tamanho da str, copia tudo)
    strncpy(str3, str2, 5); str3[5] = '\0'; // == "Feliz\0"
    strncpy(str4, str2, 20); // str4 = "Feliz aniversário\0"
    printf("str 3 = %s - str4 = %s\n", str3, str4);
    // output: str 3 = Feliz - str4 = Feliz aniversário
    char* str5 = "Feliz ano novo", str6[20] = "";
    // Anexa a string do segundo vetor ao final do primeiro
    strcat(str6, str5); // str6 = "Feliz ano novo\0"
    str6[strlen(str6)] = ' '; // == "Feliz ano novo "
    // Anexa os n primeiros caracteres
    strncat(str6, str5, 5); // str6 = "Feliz ano novo Feliz"
    str6[strlen(str6) + 1] = '\0'; // == "Feliz ano novo Feliz\0"
    printf("str6 = %s\n", str6); // output: str6 = Feliz ano novo Feliz
    // Compara as strings e retorna 0 se são iguais
    printf("São %s\n", !strcmp("Abc", "Abc") ? "iguais" : "diferentes"); // 0
    printf("São %s\n", !strcmp("Abc", "Abd") ? "iguais" : "diferentes"); // 1
    // Compara os n primeiros caracteres de duas strings
    printf("São %s\n", !strncmp("Abc", "Abd", 2) ? "iguais" : "diferentes"); // 0
    // Retorna a a string a partir da primeira ocorrência do caractér (retorna NULL se não achar)
    char* ptr7 = strchr("Uma maquina voadora", 'q'); // == "quina voadora\0"
    char* ptr8 = strrchr("Uma maquina voadora", 'z'); // == NULL
    // A mesma ação do strchr, mas para achar uma string
    char* ptr9 = strstr("O bebê saiu dai", "iu"); // == "iu dai\0"
    printf("%s\n", ptr9);
    return 0;
}
```

Apêndice C

Estrutura da memória (*stack/heap*):

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

A arquitetura mais comuns organizam a memória começando no armazenamento do código do programa e das variáveis globais e estáticas (elementos fixos) na região mais baixa (endereço de memória menor), a região mais acima sendo a área dinâmica (*heap*), a memória livre e mais acima a pilha (*stack*) (os últimos 3 variando sua região alocada e as informações de seus endereços).



- **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 (novas informações em um 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**, cabendo ao programador 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.

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.